

Министерство образования Российской Федерации  
Тамбовский государственный технический университет

**П.С. Беляев, А.С. Клинков,  
В.Г. Однолько, Н.А. Чайников**

**ДИПЛОМНОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
(СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ)**

*Утверждено Ученым советом университета  
в качестве учебного пособия*

Тамбов  
• Издательство ТГТУ •  
2003

УДК 678.059

ББК

Д

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор  
*В.В. Леденев,*

Кандидат технических наук,  
заместитель директора ОАО НИИРТМАШ  
*В.Н. Шашков*

**Клишков А.С., Однолько В.Г., Чайников Н.А.**

Д

Дипломное проектирование (строительная часть): Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003.  
00 с.  
ISBN 5-8265-0215-0

В учебном пособии представлено типовое содержание раздела дипломного проекта, в котором рассмотрено проектирование цехов и производственных участков по переработке полимерных материалов.

Даны определения основных терминов, применяемых в проектном деле и рекомендации по проектированию строительного раздела дипломного проекта. Приведены примеры основных конструктивных элементов производственных зданий.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 170500 – Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов (специализаций 170505 и 170507).

УДК 678.059  
ББК

**ISBN 5-8265-0230-4**

© Беляев П.С., Клишков А.С., Однолько В.Г., Чайников Н.А, 2003,  
© Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2003

**П.С. Беляев, А.С. Клишков,  
В.Г. Однолько, Н.А. Чайников**

**ДИПЛОМНОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
(СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ)**

• Издательство ТГТУ •

Учебное издание

**БЕЛЯЕВ Павел Серафимович,  
КЛИНКОВ А.С.,  
ОДНОЛЬКО Валерий Григорьевич,  
ЧАЙНИКОВ Н.А.**

**ДИПЛОМНОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
(СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ)**

Учебное пособие

Редактор Т.М. Глинкина

Компьютерное макетирование И.В. Евсеевой

Подписано к печати 00.12.2003  
Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная  
Печать офсетная. Объем: усл. печ. л.; уч.-изд. л.  
Тираж 00 экз. С.

Издательско-полиграфический центр ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Производство и потребление полимерных материалов обусловлено высокой эффективностью их применения, выгодным сочетанием технологических и рабочих свойств, эксплуатационной надежностью и взаимозаменяемостью изделий из традиционных материалов.

Все технологические процессы, применяемые в производствах по переработке полимерных материалов в изделия, можно разделить на пять основных стадий:

- Подготовка сырья и материалов. На этой стадии происходит измельчение материалов, классификация измельченных материалов и гранул, сушка, хранение материалов и полуфабрикатов;
- Изготовление композиций и смесей требуемой консистенции с применением соответствующего смесительного оборудования;
- Изготовление полуфабрикатов путем измельчения, гранулирования, таблетирования, шприцевания и др.;
- Собственно получение конкретного изделия одним из методов переработки полимерных материалов (прессование, экструзия, литье под давлением, пневмоформование и др.);
- Обработка готовых изделий на токарных, шлифовальных, фрезерных и др. станках, а при необходимости их сварка, склейка, окраска.

Все указанные выше технологические процессы осуществляются на разнообразном оборудовании, которое группируется по типам, видам и размещается в одном или нескольких производственных помещениях (цехе или участке).

Подготовка инженера-механика в области создания и эксплуатации оборудования для переработки пластических масс и резиновых смесей по специальности 170500 предусматривает приобретение студентами значительного объема теоретических и практических знаний, позволяющих решать широкий круг инженерных и прикладных задач.

На заключительном этапе учебного процесса при выполнении дипломных проектов студенты должны показать не только степень усвоения теоретических и прикладных дисциплин, но и умение самостоятельно решать конкретные инженерно-технические или научные задачи.

Целью настоящего учебного пособия является систематизация студентами знаний, полученных при изучении курса «Проектирование предприятий по переработке пластмасс», и применение их в процессе дипломного проектирования при выполнении строительного раздела.

Основанием для выполнения дипломного проекта является задание на проектирование цеха конкретной производительности или участка цеха в составе производства, а также специальное задание на разработку конструкции машины, аппарата или экспериментальной установки.

Необходимые для расчетов материалы (план цеха с размещением оборудования, его тип, производительность и др.) студенты собирают во время прохождения технологической и преддипломной практик.

## 1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

Проектирование цеха по переработке полимерных материалов является определяющим разделом в полном объеме дипломного проекта. В нем рассматривают установленное в цехе оборудование, степень механизации и автоматизации технологического процесса в целом, списочный состав работающих на данном производстве, что в итоге предопределяет эффективность (рентабельность) производства. Этот раздел тесно взаимосвязан с экономическим разделом дипломного проекта.

Перед тем как приступить к работе над текстовыми документами проекта разрабатываемого цеха и основного оборудования необходимо обосновать потребность и назначение данного производства, выбор климатического района и пункта строительства, место проектируемого цеха (участка) в составе предприятия, оценить наличие сырьевой базы, возможность обеспечения трудовыми ресурсами и места сбыта выпускаемой продукции.

Раздел состоит из графической и расчетно-пояснительной частей.

Графическая часть выполняется на листах формата А1 (ГОСТ 2301–69) и включает в себя фасады, разрезы и планы здания цеха с указанием размещения основного технологического и вспомогательного оборудования и экспликации помещений (общим объемом не более 2 листов).

В случае проектирования многоэтажного здания необходимо представить планы всех этажей.

На видах, разрезах и планах должны быть показаны основные конструктивные элементы производственного здания, к которым относятся: фундаменты, стены, колонны, пролетные конструкции, элементы перекрытия и покрытия, подкрановые конструкции. При этом необходимо строго руководствоваться требованиями действующих строительных норм и правил (СНиП) на соответствующие здания, например: «Производственные здания промышленных предприятий» или «Складские здания и помещения общего назначения».

В текстовой части раздела необходимо отметить, что цех – это подразделение промышленного предприятия, обособленное в административно-хозяйственном отношении, действующее на началах внутризаводского хозяйственного расчета и выполняющее в основном производстве определенные функции либо по изготовлению продукции, либо функцию технического или хозяйственного обслуживания основного производства.

В состав цеха входят: производственные отделения или участки; вспомогательные участки; административно-бытовые помещения.

Производственные отделения и участки предназначены для непосредственного осуществления в них технологического процесса. На производственных площадях цеха размещается основное технологическое оборудование, к которому относят все рабочие машины, станки, аппараты, занятые непосредственно выполнением операций основного технологического процесса. В производственном оборудовании осуществляется изменение формы, состояния или свойств сырья, материалов, заготовок и полуфабрикатов.

Вспомогательные участки (ремонтные, складские) предназначены для ремонта и оснащения оборудования, обслуживания производства, хранения и выдачи основных и вспомогательных материалов, полуфабрикатов, инструмента, приспособлений, запасных частей к оборудованию и т.п.

На вспомогательных площадях цеха размещают оборудование, не участвующее непосредственно в технологическом процессе изготовления готовой продукции. На этом оборудовании выполняются работы по обслуживанию нужд основного производства, например: ремонт и оснащение основного оборудования, инструментов, приспособлений. К вспомогательному оборудованию можно отнести санитарно-техническое оборудование (отопительные агрегаты, кондиционеры, вентиляторы, насосы и т.п.).

Здания цехов, как правило, оснащаются подъемно-транспортным оборудованием, предназначенным для механизации трудоемких подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ.

К грузоподъемному оборудованию цехов относят:

– мостовые и поворотные краны; кран-балки; подъемники; домкраты; полиспасты; лебедки; тали; монорельсовые тележки; пневматические подъемники;

– транспортирующие машины и установки наземного безрельсового и рельсового транспорта, установки для непрерывного транспорта (конвейеры с тяговым органом и без него, рольганги, установки пневмотранспорта и гидротранспорта);

– автопогрузчики, передвижные транспортеры, механические погрузчики, штабелеры, укладчики, автокраны.

### 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В расчетно-пояснительной записке дипломного проекта типовые разделы должны быть оформлены в соответствии с требованиями [1].

В задании на дипломный проект указываются наименование и материал изделия, его масса, годовой выпуск изделий (тыс. шт.) или годовая программа по перерабатываемому материалу ( $t$ ), продолжительность рабочей смены и их число. Задание на проектирование выдается под получение конкретного изделия или материала, поэтому необходимо проектировать полностью или частично автоматизированное производство. Следует иметь в виду, что автоматизированными помимо самого процесса формования должны быть все вспомогательные операции, начиная от приема сырья и заканчивая упаковкой готовой продукции и переработкой отходов производства.

Технологические схемы изготовления изделий из различных полимерных материалов имеют много общего и включают следующие операции:

- завоз сырья на склад и его хранение;
- входной контроль сырья;
- подготовка сырья к переработке и транспортировка его на участок формования;
- формование, механическая обработка и контроль качества изделий;
- упаковка готовых изделий, транспортировка их на склад и хранение;
- переработка отходов производства.

В зависимости от типа производства, вида перерабатываемого материала, конструктивной сложности изделий некоторые из перечисленных технологических операций могут отсутствовать, быть совмещенными друг с другом или их количество увеличено.

Рассмотрим некоторые из перечисленных технологических операций.

*Завоз сырья на завод.* В соответствии с условиями договора поставки между изготовителями сырья и перерабатывающим предприятием полимерные материалы могут поставляться в контейнерах, мешках, цистернах, емкостях, ящиках и другой таре.

Контейнеры при помощи подъемных устройств разгружаются с полувагонов или платформ и транспортируются на специальную контейнерную площадку заводского склада.

Сырье в мешках транспортируется из вагонов транспортерами, укладывается партиями на поддоны и межцеховым транспортом перевозится на заводской склад.

Из цистерн сырье пневмотранспортом подается в силосы (сосуды).

*Хранение сырья.* Заводской склад необходимо проектировать из расчета 10-15 суточного запаса сырья для выполнения производственной программы. Крупнотоннажные партии сырья, поступающие в цистернах или контейнерах, рекомендуется хранить в силосах (емкостях) объемом не менее  $100 \text{ м}^3$ .

Сырье, поступившее в мешках, хранится партиями в заводском складе. Оптимальным является стеллажный способ хранения сырья на поддонах. Для улучшения использования высоты помещений, установки и выемки пакетированного сырья применяются штабелеры с местным или дистанционным управлением.

При автоматизированных производствах рекомендуется применять и автоматизированные склады хранения сырья, представляющие собой систему силосов, оборудованных указателями уровней. Сырье из силосов подается к месту переработки при помощи пневмотранспорта, включающегося автоматически по вызову при понижении уровня сырья в бункере перерабатывающей машины.

*Растваривание сырья.* Контейнеры с сырьем с заводского склада подвозятся в отделение растаривания. При помощи грузозахватных устройств контейнер устанавливается на растарочную установку и

сырье перетаривается в технологические контейнеры. Аналогичным образом растаривается сырье, поступающее в мешках.

*Входной контроль сырья.* Сырье, поступающее от предприятий-поставщиков, сопровождается соответствующей документацией, где указываются его технические характеристики. Входной контроль проводится для определения свойств сырья и соответствия этих показателей величинам, указанным в сопроводительном документе. Эти испытания проводятся в заводских лабораториях.

*Подготовка сырья.* Подготовка полимерных материалов выполняется в зависимости от технических условий по их переработке, требований к качеству готовой продукции, поверхности изделий и их окраске. В отделении подготовки могут выполняться операции сушки сырья и смешения его с концентратами красителей.

Применяют обычно цилиндрические сушилки или устройства для нагрева и подсушки гранул производительностью 100 – 450 кг/ч. Для материалов типа полиамидов и поликарбонатов рекомендуется использовать вакуумные цилиндрические сушилки.

Для смешения исходного сырья с добавками рекомендуется применять скоростные смесители СС-100 или смесители центробежные СЦ-300. Смешение сырья с красителями производится при помощи устройств, устанавливаемых над загрузочными бункерами.

*Формование изделий.* В зависимости от вида полимеров формование изделий осуществляется методами прессования, литья под давлением, экструзии, пневмовакуумным формованием и т.д. Листовые полимерные материалы формуются с помощью вальцов и каландров.

*Переработка отходов.* При изготовлении изделий литьем под давлением, прессованием, вакуумным формованием и др. образуются возвратные и безвозвратные отходы производства.

Безвозвратные отходы представляют собой потери в виде газообразных выделений (продукты деструкции полимеров), потери при механической обработке изделий.

К возвратным отходам относят некондиционную продукцию, полученную в наладочном режиме, литники, облой, изделия, подвергающиеся испытанию (техническому контролю). После переработки (дробление, грануляция) возвратные отходы используются в качестве добавок (10 – 15 %) к исходному сырью, если это разрешено техническими условиями, а если нет, то для изготовления неотчетливых деталей.

Переработку отходов (при использовании их для изготовления тех же изделий) целесообразно организовывать непосредственно у формирующей машины. При централизованной переработке отходов рекомендуется дробить их на роторных измельчителях типа ИПР-150 и ИПР-300 и затем гранулировать.

В целом по цеху безвозвратные отходы составляют 4 – 5 %, а доля возвратных отходов – до 10 % выпуска готовой продукции и зависит от перерабатываемого сырья и требований к готовым изделиям.

В рассмотренном разделе студентами может быть использована технологическая схема производства изделий, разработанная ими в курсовой работе по дисциплине «Технология отрасли», если тема дипломного проекта совпадает с темой курсовой работы.

При разработке технологической схемы переработки полимерного сырья в изделия излагается сущность операций и их последовательность, дается описание работы основного и вспомогательного технологического оборудования, транспортных средств и грузоподъемных механизмов.

В качестве примера можно рекомендовать подробное описание технологической схемы производства изделий из полиэтилена методом литья под давлением [2].

### **3 ВЫБОР И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Все виды оборудования, находящиеся на промышленном предприятии по назначению подразделяются на четыре группы:

- *производственное;*
- *вспомогательное;*

- *подъемно-транспортное;*
- *энергетическое.*

К производственному оборудованию относятся все рабочие машины, станки, аппараты, занятые непосредственно выполнением операций основного технологического процесса. В этом оборудовании происходит изменение формы, изменение состояния или свойств сырья, материалов, заготовок и полуфабрикатов.

Вспомогательное – это оборудование, не участвующее непосредственно в изготовлении готовой продукции, но выполняющее работы по обслуживанию нужд основного производства предприятия.

К вспомогательному оборудованию цеха относятся:

- оборудование для ремонта и оснащения основного производственного оборудования, инструментов и приспособлений;
- оборудование заводских лабораторий и для учебных целей;
- санитарно-техническое оборудование (отопительные агрегаты, кондиционеры, вентиляторы, насосы и т.д.).

**Подъемно-транспортное оборудование промышленных предприятий подразделяется на общезаводское (внутризаводское), межцеховое и внутрицеховое. Основное его назначение – механизация трудоемких подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в производственном процессе предприятия.**

**К общезаводскому и межцеховому транспорту относят:**

- **железнодорожный транспорт – заводские локомотивы, вагоны, платформы, цистерны, контейнеры;**
- **водный транспорт – заводские баржи, баркасы, катера, паромы;**
- **безрельсовый автотранспорт – заводские автомобили, тракторы, тягачи, прицепы, электрокары, автокары, автопогрузчики;**
- **подъемно-транспортные средства – краны железнодорожные, автомобильные (на колесном и гусеничном ходу);**
- **средства непрерывного транспорта: конвейеры, материалопроводы (пневматический и гидравлический транспорт).**

**К средствам внутрицехового транспорта относятся:**

- **грузоподъемные машины и устройства – домкраты, полиспасты, лебедки, тали с ручным и электрическим приводом, краны поворотные, мостовые кран-балки (мостовые краны с электро-талью), подъемники;**
- **транспортирующие машины и установки наземного рельсового и безрельсового транспорта, рельсовые подвесные дороги, устройства для перемещения массовых грузов или обслуживания технологического процесса средствами непрерывного транспорта (конвейеры с тяговым органом и без него, рольганги, материалопроводы).**
- **вспомогательные устройства – бункеры, бункерные затворы, питатели, универсальная и специальная оборотная счетная и мерная тара.**

**К энергетическому оборудованию относят: паросиловые и электросиловые установки; оборудование электрических подстанций, котельных, тепловых пунктов, бойлерных, компрессорных и т.п.**

**При выборе (из альтернативных вариантов) технологического оборудования необходимо руководствоваться его эффективностью, которая выражается в форме критерия эффективности, учитывающего его особенности и характеристики оборудования [3].**

**В качестве критериев эффективности используют экономические критерии в виде различных технико-экономических показателей (средняя прибыль, приведенные затраты и т.д.) и технологические критерии (качественные и количественные показатели выпускаемой продукции, энергетические параметры и т.д.). При этом необходимо умело использовать как экономические, так и технологические критерии эффективности (в зависимости от поставленной задачи).**

**Практика оптимального выбора технологического оборудования показывает, что использование технологических критериев эффективности позволяет исключить уже на первом этапе проектирования существенную часть альтернативных вариантов оборудования как весьма далеких от оптимальных.**

**Значения критериев эффективности зависят не только от типа выбираемого оборудования, его конструктивных параметров и режимов функционирования, но и от технологических свойств машины или аппарата (чувствительности, надежности, управляемости и сложности). Существуют методы расчета количественных оценок перечисленных свойств.**

**Чувствительность технологического оборудования – это свойство объекта изменять характеристики своего функционирования под влиянием малых изменений режимных и технологических параметров сырья, а также внешних возмущающих воздействий. При проектировании предприятий и цехов по переработке полимерных материалов следует выбирать технологическое оборудование, малочувствительное к изменению собственных параметров и внешних возмущающих воздействий.**

**Надежность технологического оборудования – это свойство объекта сохранять качество своего функционирования при выполнении заданных условий эксплуатации и ремонта. Понятие надежности тесно связано со способностью оборудования в течение определенного времени сохранять работоспособность (безотказность); приспосабливаться к обнаружению и устранению причин, вызывающих отказы (ремонтпригодность) и к длительной эксплуатации (долговечность). Расчет показателей надежности оборудования (наработка на отказ, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы за определенное время и др.) дает возможность разработать мероприятия по обеспечению его требуемой надежности.**

**Управляемость технологического оборудования – это свойство объекта достигать определенных техником заданием целей (производительности, качества продукции и т.д.) при ограниченных ресурсах управления в реальных условиях эксплуатации. При проектировании технологического оборудования возникает задача выбора и соответствующей системы автоматического управления его режимами работы.**

Выбор основного и вспомогательного оборудования следует осуществлять в соответствии с технологической схемой производства изделий конкретно на каждой операции.

К основному технологическому оборудованию цехов по переработке полимерных материалов относятся:

- прессовое оборудование, которое используется для прессования изделий из реактопластов или резиновых смесей;
- литьевое оборудование – для литья под давлением изделий из термопластов, реактопластов и резиновых смесей;
- экструзионное оборудование – для изготовления длинномерных изделий (листов, труб, профилей, пленок и т.д.);
- вальцовое и каландровое – для получения листовых материалов;
- смесительное оборудование – для смешения и диспергирования материалов.

Оборудование подбирают по действующим номенклатурным каталогам для освоенного и серийно выпускаемого отечественной промышленностью оборудования или по соответствующим ГОСТам [4 – 12].

Исходными данными для расчетов количества основного технологического оборудования (машин, аппаратов) служит годовая производственная программа по объему и ассортименту изделий, которая дается в задании на проектирование.

Расчетное количество единиц (шт.) основного производственного оборудования определяется по следующей зависимости

$$E_{\text{расч}} = \frac{T}{0,93\Phi_{\text{д}}}, \quad (1)$$

где  $T$  – годовой фонд времени работы оборудования, расходуемый на выполнение годовой программы, машино-ч;  $\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч; 0,93 – коэффициент, учитывающий потери времени на обслуживание рабочего места и оборудования, подготовительно-заключительное время, отдых и личные надобности персонала.

Годовой фонд времени работы оборудования находится по формуле

$$T = \frac{Qt}{3600}, \quad (2)$$

где  $Q$  – годовая программа выпуска изделий (производственная мощность цеха) тыс. шт.;  $t$  – время, на изготовление одного изделия, с.

Если годовая программа выражается в объемных или массовых единицах ( $\text{м}^3$ , т), то время на ее выполнение определяется как:

$$T = \frac{Q}{P}, \quad (3)$$

где  $P$  – производительность машины,  $\text{м}^3/\text{ч}$  или т/ч.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле

$$\Phi_{\text{д}} = 0,92(1 - K_{\text{р}}K_{\text{т}})\Phi_{\text{н}}, \quad (4)$$

где 0,92 – коэффициент использования оборудования, учитывающий возможные простои машин из-за отсутствия сырья, электроэнергии, внезапных остановок;

$K_{\text{р}} = 0,05$  – коэффициент потерь времени на ремонт оборудования;

$K_{\text{т}} = 0,025$  – коэффициент, учитывающий технологические простои оборудования;

$\Phi_{\text{н}}$  – номинальный годовой фонд времени, ч.

С учетом двух выходных дней в неделю номинальный годовой фонд времени определяется по формуле

$$\Phi_{\text{н}} = 8[(5N + 1) - n]K, \quad (5)$$

где  $N = 52$  – число недель в году;

$n$  – число праздничных дней в году;

$K$  – количество рабочих смен в сутках;

8 – продолжительность рабочей смены, ч.

При выполнении дипломного проекта расчет количества единиц вспомогательного оборудования не производится.

Технологическое оборудование по степени унификации подразделяется на стандартное и нестандартное [3].

Стандартное технологическое оборудование выпускается предприятиями химического машиностроения, а нестандартное может изготавливаться на самом предприятии (в инструментальных или цехах нестандартного оборудования).

Нестандартное оборудование проектируется для конкретного технологического процесса на заданную производительность. Методика его расчета аналогична методике расчета стандартного оборудования.

Выбор типа нестандартного оборудования и разработку задания на его проектирование осуществляют технологическая служба (отдел главного технолога) с привлечением специалистов других профилей (механиков, электриков и др.).

Задание на проектирование должно содержать:

- эскиз оборудования с указанием его технологического назначения;
- краткое описание принципа действия оборудования;
- перечень требований к техническим характеристикам сырья (плотность, вязкость, токсичность, огнеопасность, взрывоопасность и т.д.).

## **5. РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ И КОМПОНОВКА**

### **ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЦЕХА**

Общая площадь цеха по переработке полимерных материалов по своему назначению подразделяется на:

- *производственную,*
- *вспомогательную*
- *служебно-бытовую.*

*Производственная* площадь включает в себя:

площади, занятые основным технологическим оборудованием (смесительным, валковым, литьевым, прессовым и т.д.);

площади обслуживания оборудования, его ремонта (демонтажа и монтажа отдельных узлов);

площади для проезда напольного безрельсового транспорта, а также для прохода между оборудованием.

К *вспомогательной* площади относятся площади, занятые вспомогательными службами (ремонтным, энергетическим и инструментальным хозяйствами), складами сырья и готовых изделий.

К площади *служебно-бытовых* помещений относятся площади, занятые администрацией цеха, медицинским пунктом, раздевалками, душевыми, санитарными узлами и т.д. Площадь служебно-бытовых помещений в технологических расчетах не учитывается.

Сумма производственной и вспомогательной площади является общей полезной площадью цеха.

Производственную площадь цеха можно определить по удельной площади, приходящейся на единицу основного технологического оборудования или по норме площади на одного работающего цеха ( $4,5 \text{ м}^2$ ).

Окончательно площадь цеха в техническом проекте определяется после распланировки всего оборудования, размещения рабочих мест, учета разрывов и проходов между машинами и аппаратами, проездов напольного транспорта (по нормам технологического проектирования).

Вначале целесообразно выполнить предварительную планировку с учетом принятой номенклатуры основного технологического оборудования для выполнения производственной программы. В качестве исходных данных для расчета основной площади цеха используются расчетное количество единиц оборудования и его габаритные размеры в плане. Основные требования к размещению оборудования с учетом всех норм технологического проектирования приведены в разделе 10.

Вспомогательная площадь цеха принимается в пределах 30 – 35 % от производственной площади.

После определения основной и вспомогательной площади цеха приступают непосредственно к самой компоновке, т.е. вычерчиванию в масштабе помещений производственного и вспомогательного назначения.

Компоновка производственных помещений цеха должна соответствовать разработанной технологической схеме транспортирования сырья и готовой продукции (по конкретным операциям).

В технологическом процессе производства и переработки полимерных материалов обычно применяется прямоугольная схема транспортировки сырья и готовых изделий.

При компоновке необходимо учитывать требования строительных норм и правил на проектирование, и в том числе:

- вредность производственных процессов (в конкретном помещении), их взрывоопасность и пожароопасность;
- производственную связь между процессами, происходящими в различных помещениях здания и средствами внутриводоного и междодоного транспорта;
- организацию необходимого воздухообмена, естественного освещения и эвакуации работающих при возникновении аварийных ситуаций [1].

Для выбора оптимального варианта компоновки производственных помещений последовательно решаются задачи выбора оптимальных габаритов основных производственных помещений и разработки общего планировочного решения производственного корпуса.

Предварительно должен быть проведен расчет потребности в основном и вспомогательном оборудовании, определены расходные параметры проектируемого производства и введены ограничения, связанные с выполнением соответствующих противопожарных и санитарных норм.

Например, в производстве литьевых изделий нашли применение петлеобразная, прямоочная и комбинированная схемы. Наиболее часто применяется петлеобразный технологический поток, позволяющий вводить четкое зонирование производственных помещений (производства, склады, вспомогательные помещения) [2].

На рис.1 показан вариант компоновки производственных помещений из типового проекта цеха на 50 литьевых машин.

Петлеобразная схема основного технологического потока позволяет в случае необходимости расширить (при минимальных капитальных затратах) литьевой зал и увеличить мощность цеха без перестройки остальных его отделений.

Для создания автоматизированных участков, где складирование и упаковка готовых изделий являются продолжением технологического потока, наиболее приемлема прямоочная схема.

В многоэтажных зданиях используется комбинированная схема, когда для каждого этажа применяется прямоочная схема, а складские помещения, находящиеся на первом этаже, располагаются, как правило, рядом и обеспечивают фронт погрузки и выгрузки с одной стороны здания (петлевая схема).



## 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ И РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТАЮЩИХ

Залогом правильной планировки оборудования основных и вспомогательных производств по переработке полимерных материалов является рациональная планировка рабочего места и научно-обоснованная организация труда на нем.

При организации рабочего места необходимо учитывать:

- тип оборудования, его габариты и степень автоматизации производственного процесса;
- содержание труда обслуживающего производственного рабочего места;
- методы труда и движения работающего;
- оснащение рабочего места инструментами и приспособлениями;
- планировку рабочего места;
- средства связи между рабочим местом и службами обслуживания и управления производством;
- условия труда работающих, требования норм производственной санитарии и техники безопасности;
- обеспечение транспортными средствами.

Рассмотрим организацию рабочих мест на примере производства изделий из термопластов методом литья под давлением.

Организация труда основных производственных рабочих в литьевых цехах, в первую очередь, зависит от количества машин, обслуживаемых одним оператором в смену.

Анализ баланса рабочего времени операторов литьевых машин (за смену) позволяет условно разделить его на следующие элементы:

- время на подготовительно-заключительные операции;
- оперативное время, т.е. непосредственно работы;
- время обслуживания рабочего места.

Норма обслуживания оператором литьевых машин, работающих в автоматическом режиме, рассчитывается для каждого вида изделий по формуле:

$$N_{\text{обсл}} = \frac{T_{\text{см}} - T'_{\text{пз}} - T_{\text{ол}}}{T_{\text{оп}} - T_{\text{обсл}} + T''_{\text{пз}}}, \quad (7)$$

где  $N_{\text{обсл}}$  - количество оборудования (шт.), обслуживаемое оператором;

$T_{\text{см}}$  - продолжительность смены (480 мин);

$T'_{\text{пз}}$  - подготовительно-заключительное время (2 мин в смену);

$T_{\text{ол}}$  - время на отдых и личные надобности (25 мин на смену);

$T_{\text{оп}}$  - оперативное время на единицу оборудования по данному изделию в смену (определяется заводскими нормами) – время цикла литья;

$T_{\text{обсл}}$  - время обслуживания рабочего места, нормируется на единицу оборудования (25 мин);

$T''_{\text{пз}}$  - подготовительно-заключительное время, нормируемое на единицу оборудования (6 мин).

Анализ времени работы показывает, что оно складывается, в основном, из времени наблюдения за работой оборудования, контроля параметров техпроцесса, контроля качества готовой продукции и упаковки.

Следует различать организацию рабочих мест отдельных литьевых машин, работающих в автоматическом режиме и литьевых машин-автоматов, объединенных в поточные линии.

Правильная организация рабочих мест заключается в обеспечении рационального расположения основного технологического оборудования, компоновки на ограниченной производственной площади необходимых элементов оснащения, а также обеспечении бесперебойного обслуживания рабочих мест всем необходимым для выполнения задания.

Нахождение оптимального варианта планировки оборудования достигается расчетом трудозатрат по элементам движений оператора в течение одного цикла и анализа занимаемых площадей.

Содержание труда оператора литейных машин определяется степенью его непосредственного участия в технологическом процессе литья.

При полуавтоматическом режиме работы литейных машин оператор вручную производит вставку резбовых знаков и арматуры, включает машину в работу, контролирует качество изделий, удаляет литники, ведет подсчет и укладку изделий в тару, а также постоянно контролирует технологические параметры процесса.

Организация и планировка рабочих мест для операторов литейных машин и пресового оборудования, работающих в полуавтоматическом и автоматическом режимах детально рассмотрена в [2].

Численность основных рабочих (списочный состав) рассчитывается по формуле

$$Ч = n \cdot c K_{CM} / H_{OBSL}, \quad (8)$$

где  $n$  - число единиц одиночного оборудования;

$c$  - число смен;

$K_{CM}$  - коэффициент списочного состава ( $K_{CM}=1$ );

$H_{OBSL}$  - норма обслуживания единиц оборудования одним рабочим.

Численность категорий рабочих, по которым отсутствуют данные для расчетов, определяется по формуле

$$Ч = m c K_{СП}, \quad (9)$$

где  $m$  - число рабочих мест.

## **7. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЯ ЦЕХА**

В производственных зданиях осуществляется тот или иной производственный процесс с помощью машин, аппаратов и агрегатов, связанных между собой в определенной последовательности.

Основной задачей разработки схемы производственного процесса в пространстве с учетом вида и размеров здания, а также габаритов и конфигурации помещений является нахождение оптимального решения, полностью удовлетворяющего требованиям рациональной организации технологического процесса и отвечающего экономичности и целесообразности строительных приемов возведения зданий.

Расположение производственных помещений и конфигурация здания определяется комплексной пространственной разработкой технологической схемы производства с учетом транспортных, противопожарных и санитарно-технических требований

Качественный уровень зданий и сооружений определяется их капитальностью (степенью долговечности и огнестойкости), эксплуатационными требованиями, а также архитектурно-художественной выразительностью.

Эксплуатационные требования предусматривают нормальную эксплуатацию здания (сооружения) в течение всего срока его службы и определяются для производственных зданий:

- размерами помещений;
- технической оснащённостью;
- удобством монтажа и демонтажа оборудования;
- устойчивостью конструктивных элементов здания к агрессивным воздействиям природного или производственного происхождения.

Классификацию проектируемых зданий и сооружений производят в зависимости от размеров и мощности предприятия; концентрации материальных ценностей и уникальности оборудования.

По совокупности этих признаков здания и сооружения промышленных предприятий подразделяют на четыре класса. К первому классу относятся здания и сооружения, к которым предъявляются повы-

шенные требования; ко второму и третьему классам относят здания, удовлетворяющие средним требованиям; к зданиям четвертого класса предъявляются минимальные требования.

Долговечностью называют срок службы здания без потери его эксплуатационных качеств, прочности и устойчивости.

Установлены три степени долговечности:

- Первая степень – с повышенным сроком службы (100 и более лет);
- Вторая степень – со средним сроком службы (от 50 до 100 лет);
- Третья степень – с пониженным сроком службы (от 20 до 50 лет).

Степень огнестойкости здания и сооружения характеризуется пределом огнестойкости и группой возгораемости основных строительных конструкций и установлена СНиП 2.01.02–85 «Противопожарные нормы».

По возгораемости строительные материалы и конструкции делят на несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

Предел огнестойкости строительной конструкции определяется продолжительностью (в часах) сопротивления конструкции действию огня или высоких температур до потери ими прочности или устойчивости, либо возникновении одного из следующих признаков:

- образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые проникают продукты сгорания или пламя;
- повышение температуры на несгораемой поверхности конструкции более чем на 140°C или в любой точке этой поверхности более чем на 180°C по сравнению с температурой конструкции до испытания;
- потеря конструкцией несущей способности (обрушение).

По огнестойкости здания и сооружения подразделяют на пять степеней.

- I – здания, выполненные из несгораемых конструкций и материалов (камень, бетон, железобетон);
- II – здания из несгораемых конструкций, кроме наружных стен и фахверка из навесных панелей и перегородок, которые выполняются из трудносгораемых конструкций;
- III – несущие стены, стены лестничных клеток и колонны – несгораемые; несущие конструкции межэтажных и чердачных перекрытий и перегородки – трудносгораемые; плиты, настилы и другие несущие конструкции покрытий – сгораемые;
- IV – все элементы здания трудносгораемые, за исключением сгораемых несущих конструкций покрытий;
- V – все элементы здания сгораемые (деревянные не защищенные от возгорания).

Степень огнестойкости зданий должна приниматься для зданий первого класса не ниже второй степени; второго класса – не ниже второй степени; для третьего и четвертого класса – не нормируется.

Все виды производственных операций, с точки зрения пожарной опасности, разделяются на шесть категорий: **А, Б, В, Г, Д, Е**. В связи с этим помещения отделений и цехов, где производятся эти операции, присваиваются те же категории:

- **А** – помещения, в которых осуществляются наиболее опасные операции производства – выработка и обработка легковоспламеняющихся жидкостей (ацетон, спирт, бензин и др.), могущих дать взрыв при температуре вспышки до 45°C. Такие операции разрешается проводить в огнестойких и полугонестойких одноэтажных помещениях;

- **Б** – помещения, в которых осуществляется производство и обработка горючих, легковоспламеняющихся жидкостей и веществ (уайт – спирит, этиленгликоль, бутиловый спирт, масла и др.) с температурой вспышки паров свыше 45°C. Здания этой категории могут быть трехэтажными, если они выполнены из полугонестойких материалов, и до пяти этажей при выполнении их из огнестойких материалов;

- **В** – помещения, в которых производится выработка и обработка твердых горючих, но трудно воспламеняемых веществ и изделий;
- **Г** – помещения, в которых производится выработка и обработка невозгораемых материалов, изделий, веществ, если обработка их происходит в горячем, расплавленном или раскаленном состоянии;
- **Д** – помещения, в которых осуществляется производство и обработка невозгораемых в холодном состоянии материалов и изделий;
- **Е** – помещения, в которых осуществляется производство и обработка горючих газов или паров в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения. Причем по условиям технологического процесса возможен только взрыв без последующего возгорания.

Объемно-планировочные и конструктивные решения вновь строящихся и реконструируемых предприятий необходимо принимать с учетом следующих факторов:

- максимального блокирования основных производственных цехов, вспомогательных и обслуживающих объектов (конструкторских бюро, административно-бытовых помещений);
- унификации объемно-планировочных решений, нагрузок, конструкций и их параметров (пролета, шага колонн, высот);
- возможности изменения технологического процесса заменой или перестановкой оборудования, без необоснованного увеличения объемов и стоимости зданий.

Объемы строительства должны быть максимально простыми по компоновке, а производственные помещения проектироваться из расчета нормативов на одного рабочего (площадь –  $4,5 \text{ м}^2$ , объем –  $15 \text{ м}^3$ ).

Тип здания, его этажность, ширина и высота пролетов, сетка колонн определяются многочисленными факторами. Для предприятий с горизонтальными схемами технологического процесса, требующих применения тяжелого производственного и кранового оборудования, больших пролетов и высот помещения, проектируют одноэтажные многопролетные здания.

Многоэтажные здания проектируют для производств с вертикальными схемами технологического процесса и легким оборудованием (нагрузки на перекрытия до  $2,5 \text{ т/м}^2$ ).

К недостаткам одноэтажных зданий следует отнести большие площади занимаемого земельного участка и, соответственно, кровельных покрытий, что влечет за собой большие потери тепла.

Размеры пролетов и шагов колонн одноэтажных зданий следует назначать кратными 6 м. Иногда допускается девятиметровые пролеты.

Размеры пролетов многоэтажных зданий назначаются кратными 3 м, шаги колонн – равным 6 м.

Высоты одноэтажных зданий (от пола до низа несущих пролетных конструкций покрытий) следует назначать кратными 0,6 м, но не менее 3 м.

Высоты этажей многоэтажных зданий следует назначать кратными 0,6 м но не менее 3 м. Высота помещений от пола до низа выступающих конструкций покрытия должна быть не менее 2,2 м.

Минимальная высота помещения и оборудования в местах регулярного прохода людей 2 м, а в местах не регулярного прохода людей – 1,8 м.

Наиболее взрывоопасные и пожароопасные производства следует размещать в одноэтажных зданиях – у наружных стен, а в многоэтажных – на верхних этажах (если это допускается технологической схемой процесса).

Производства различных изделий из полимерных материалов могут размещаться в одном здании. При этом производства с одинаковой вредностью и пожарной опасностью следует группировать и размещать в смежных помещениях, отделяя наиболее вредные участки от менее вредных. Производства изделий из термопластов (литье, экструзия, вакуумное формование) при переработке одного и того же сырья могут размещаться в общем помещении.

Производственные помещения рекомендуется размещать у наружных стен здания для обеспечения естественной освещенности и аэрации, а между производственными и бытовыми помещениями устраивать коридоры и тамбуры.

Вновь проектируемые прессовые производства для пластмасс и производства по переработке стекловолоконистых материалов следует размещать в отдельных корпусах.

Отделения (участки) для таблетирования пресспорошков должны размещаться в одноэтажных зданиях у наружных стен, а в многоэтажных – в верхних этажах.

Участки приготовления красок и нанесения печати в производстве изделий из полимеров должны размещаться в одноэтажных зданиях.

Цехи по производству изделий из фторопластов со всеми вспомогательными отделениями рекомендуется размещать в одноэтажных многопролетных зданиях. Все производственные помещения таких цехов должны быть изолированными.

Параллельно с проектированием производственных зданий и сооружений проектируют вспомогательные здания и помещения (бытовые, общественного питания, здравпункты, заводоуправления, цеховые конторы, кабинеты по безопасности жизнедеятельности).

Вспомогательные помещения следует размещать, как правило, в пристройках к производственным зданиям шириной 12 м. В случаях, когда такое размещение противоречит требованиям аэрации производственных зданий или при невозможности защиты от производственных вредностей, вспомогательные помещения следует размещать в отдельных зданиях, соединяя их с производственными отапливаемыми переходами [2,13,14].

При строительстве промышленных зданий следует применять типовые сборные элементы, конструкции, детали и узлы.

К типовым конструктивным элементам зданий и сооружений относят: колонны, плиты перекрытий и покрытий, балки, фермы, стеновые панели, лестницы, ворота, двери, окна и фонари, изготавливаемые на заводах по соответствующим чертежам. Все эти конструкции унифицированы, что снижает стоимость и сроки строительства, улучшает его качество.

Основными материалами для несущих конструкций одноэтажных и многоэтажных производственных зданий является сборный железобетон. Стальные конструкции проектируются лишь для высоких многоярусных зданий или в зданиях с большими пролетами, в которых монтируется громоздкое и тяжелое технологическое оборудование.

Кроме зданий на промышленных предприятиях имеются инженерные сооружения, к которым относятся: материалопроводы, теплотрассы, емкости (силосы, резервуары), башни, дороги и эстакады.

Промышленные здания могут быть каркасного, бескаркасного или смешанного типа.

Все конструктивные элементы зданий и сооружений воспринимают внешние и внутренние нагрузки (постоянные, временные, особые) и воздействия (температура, влажность, агрессивная среда, радиация и др.).

Конструктивные элементы зданий, воспринимающие силовые нагрузки от вышележащих конструкций и передающие их через фундамент на грунт, называются несущими.

Элементы зданий, защищающие внутренние помещения от воздействия внешней среды или отделяющие одно помещение от другого, называются ограждающими конструкциями.

В качестве материалов для несущих и ограждающих конструкций используют железобетон, бетон, каменную кладку, металл, дерево.

Одноэтажные производственные здания проектируются в основном каркасного типа, а многоэтажные каркасно-панельными, когда панели наружных и внутренних стен выполняют ограждающие функции, а железобетонный каркас является несущим.

Каркасы зданий могут быть сборными, монолитными и сборно-монолитными. Монолитные каркасы используются редко из-за большой трудоемкости их выполнения. Сборно-монолитные (сборные колонны и монолитные перекрытия) каркасы применяются для зданий с большими динамическими нагрузками, а также для сейсмических районов. В массовом строительстве применяют сборные типовые железобетонные конструкции каркаса.

Для многоэтажных производственных зданий используется рамно-связевая схема каркаса, когда в поперечном направлении колонны с ригелями образуют жесткую раму, а в продольном направлении – связевую систему колонн со стеновыми панелями-диафрагмами.

В одноэтажных производственных зданиях в качестве ригелей рам применяются стропильные конструкции (балки, фермы), а в качестве продольных связей – крестовые или порталные металлические связи.

Габаритные размеры железобетонных унифицированных колонн, балок, ферм, плит перекрытий и покрытий, стеновых панелей и фундаментов приведены в [13,14].

Рассмотрим некоторые из конструктивных элементов каркасов производственных зданий.

#### *Фундаменты и фундаментные балки.*

В зависимости от величины действующих на фундамент нагрузок; несущей способности и глубины промерзания грунтов; уровня грунтовых вод; наличия подвалов и подземных коммуникаций; типа здания, требований экономии и капитальности, проектируют следующие типы фундаментов: ленточные, столбчатые, свайные и сплошные.

• *Ленточные фундаменты* устраивают в слабых и просадочных грунтах при больших нагрузках. Их выполняют из сборного или монолитного железобетона. Сборные ленточные фундаменты под стены зданий устраивают из крупных бетонных и железобетонных блоков и подушек различных размеров (рис.1).

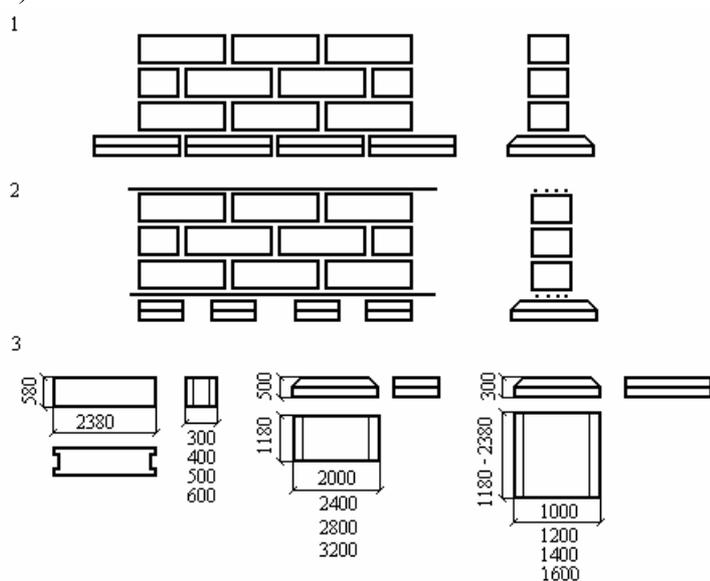


Рис.2. Сборные ленточные фундаменты.

1 – для плотных грунтов; 2 – для слабых грунтов; 3 – элементы сборных бетонных фундаментов

• *Столбчатые фундаменты* наиболее распространены для каркасных одноэтажных и многоэтажных зданий, когда для каждой колонны проектируют отдельный фундамент (монолитный или сборный).

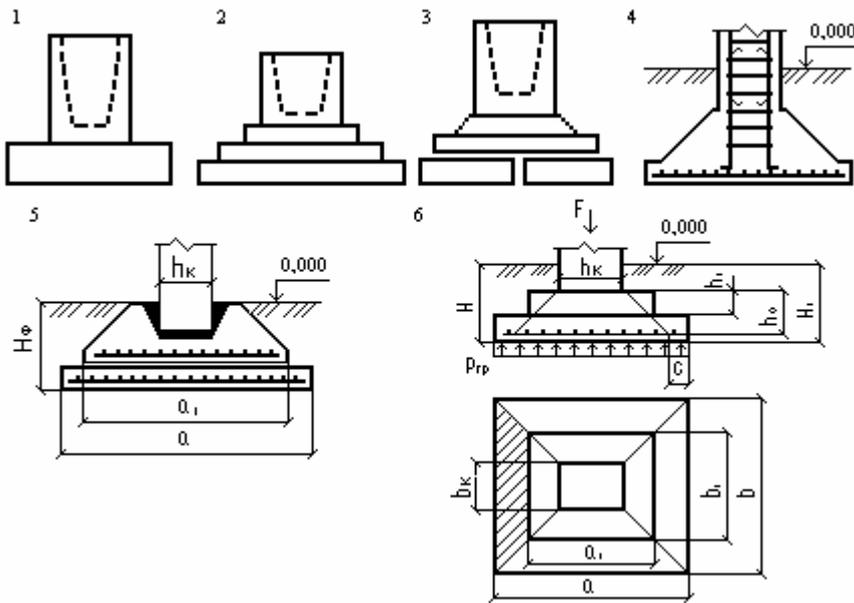


Рис.3. Виды столбчатых фундаментов.

1, 2 –одноблочный (одно- и трехступенчатый); 3 – многоблочный; 4, 5 – пирамидальные (монолитный и сборный); 6 – схема к расчету отдельно стоящего центрально нагруженного фундамента.

Отдельно стоящий монолитный столбчатый фундамент имеет ступенчатую или пирамидальную форму. Он представляет собой конструкцию из одного или нескольких ступеней и подколонника, конструкция которого зависит от монтируемой в него колонны (монолитная или сборная).

Сопряжение монолитной колонны с подколонником осуществляется с помощью выпусков их стержневой арматуры, а сборной – за счет замоноличивания колонны бетоном в углублении (стакане) подколонника фундамента (рис.3).

Сборные железобетонные фундаменты монтируются из одного или двух элементов: подколонника и фундаментной плиты (рис. 3).

Площадь подошвы отдельного столбчатого прямоугольного фундамента ( $A^\phi$ ) определяется по формуле

$$A^\phi = a b = N / (R_0 \cdot 10^{-1} - \gamma^{cp} H_1),$$

где  $N$  – расчетное усилие, передаваемое колонной на фундамент (кН),

$R_0$  – условное расчетное сопротивление основания (МПа), определяемое по СНиП 2.02.01 – 83,  $H_1$  – глубина заложения фундамента (м),  $\gamma^{cp} = 20 \text{ кН/м}^3$  – усредненная плотность фундамента и грунта на его уступах.

Ширина подошвы фундамента ( $b^n$ ) определяется исходя из нагрузки на 1 м фундамента ( $N^n$ )

$$b^n = N^n / (R_0 \cdot 10^{-1} - \gamma^{cp} H_1).$$

Прочность фундамента проверяют, исходя из предположения, что его разрушение происходит по поверхности пирамиды, боковые грани которой наклонены под углом  $45^\circ$  (рис.3)

$$P \leq 10^{-1} R_{bt} h^0 b^{cp},$$

где  $P$  – расчетная продавливающая сила, равная расчетному усилию за вычетом давления грунта на основание пирамиды, т.е.  $P = N - A^0 P^{cp}$  (кН),  $R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона на растяжение (МПа),  $h^0$  – расчетная высота фундамента (см),  $b^{cp} = 2(h^k + b^k + 2h^0)$  – среднее арифметическое параметров верхнего (у колонны) и нижнего (на уровне арматуры) оснований пирамиды продавливания (см),  $A^0 = (h^k + 2h^0)(b^k + 2h^0)$  (см<sup>2</sup>).

Интенсивность реактивного давления грунта у подошвы фундамента определяется по формуле  $P^{cp} = N / A^0$ .

Давление на грунт не должно превышать расчетного сопротивления основания ( $R^0$ ).

Толщина стенок и дна стакана сборных и монолитных фундаментов должна быть не менее 200 мм, а внутренние размеры стакана больше размеров сечения колонны на 75 мм по его верху и на 50 мм по низу.

Глубина стакана ( $h^{ст}$ ) принимается равной 800 мм при высоте сечения колонны  $h^к = 400 \dots 600$  мм и  $h^{ст} = 900$  мм при  $h^к = 600 \dots 800$  мм.

Глубину стакана ( $h^{ст}$ ) фундаментов принимают по наибольшему из значений (мм), вычисленных по следующим зависимостям:

$$h^{ст} = 500 + 0,3 h^к + 50; h^{ст} = 1,5 b^к + 50; h^{ст} = 20 d + 50,$$

где  $d$  – диаметр рабочей арматуры фундамента.

Глубина стакана подколонников типовых сборных железобетонных фундаментов для двухветвевых колонн принимается равной 950 и 1250 мм.

- *Свайные фундаменты* проектируют при залегании у поверхности земли слабых слоев грунта или высоком уровне грунтовых вод.

По способу изготовления и погружения в грунт различают сваи забивные (готовые) и набивные (изготавливаемые непосредственно в грунте), а по характеру работы в грунте они делятся на сваи-стойки (опираются на прочный грунт) и висячие сваи (применяются при большой глубине залегания прочных грунтов).

Железобетонные сваи выпускают квадратного, прямоугольного или круглого сечения. Армирование свай осуществляется стальной напрягаемой и ненапрягаемой стержневой или проволочной арматурой.

При небольших давлениях на фундаменты применяют сваи длиной 4...7 м, сечением 200×250 мм, а при длине 6...10 м – 300×350 мм.

После забивки свай в проектное положение головные части их выравниваются и связываются общим монолитным железобетонным фундаментом (ростверком), который одновременно служит подколонником со стаканом или анкерами для крепления колонн (рис. 4).

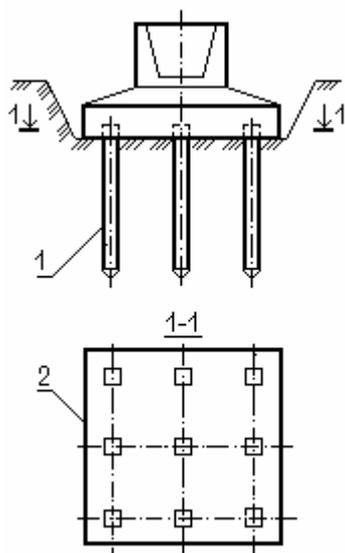


Рис. 4. Свайный фундамент

1 – свая, 2 – монолитный ростверк.

- *Фундаментные балки (рандбалки)* – горизонтальные несущие конструкции, соединяющие между собой отдельные столбчатые фундаменты, на них опираются самонесущие или навесные стены зданий.

Фундаментные балки бывают таврового и трапециевидного сечения. Размеры сечения балок зависят от толщины стен зданий, они изготавливаются с шириной поперечного сечения по верху от 200 до 400 мм, по низу от 160 до 240 мм и высотой от 300 до 600 мм трапециевидные балки; шириной полок 400, 520 мм, толщиной 100 мм, шириной ребра 20 мм и высотой 450 мм – тавровые (рис. 5).



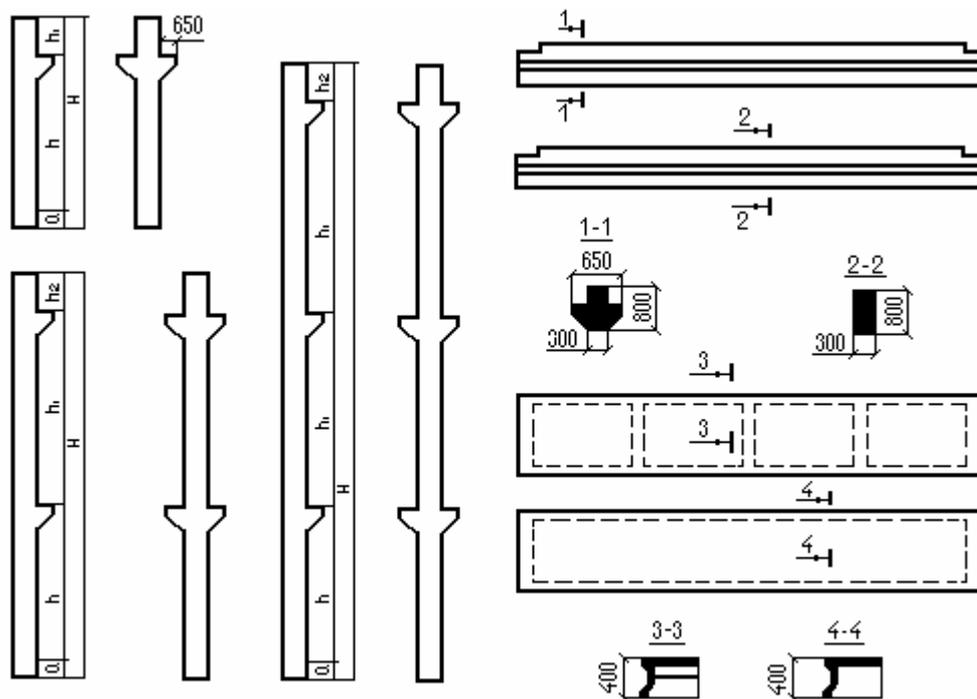


Рис. 6. Конструкции колонн, ригелей и плит перекрытий многоэтажных производственных зданий

Железобетонные колонны каркасов многоэтажных зданий состоят из нескольких монтажных элементов высотой на один, два и три этажа.

При высоте нижних этажей 3 м высота монтажного элемента двухэтажная, при высоте 3,6 м – трехэтажная. Высота монтажных элементов колонн последующих этажей одно- или двухэтажная. Сечение колонн – прямоугольное 400 x 400 или 400 x 600 мм с трапециевидными консолями для опирания на них ригелей. У колонн средних рядов консоли выполнены с двух сторон, а у крайних колонн – с одной.

Стыковка колонн по высоте может быть осуществлена путем ванный сварки выпусков арматуры и последующим замоноличиванием стыка бетоном с установкой вокруг стыка арматурной сетки.

*Ригели* – горизонтальные несущие конструкции каркаса многоэтажных зданий. Ригели изготавливаются с предварительно напряженной стальной арматурой и служат опорами для междуэтажных плит перекрытия. Они выпускаются высотой 800 мм прямоугольного и таврового сечения (с полкой сверху и внизу) для пролетов 6 и 9 м.

*Железобетонные балки и фермы* – горизонтальные несущие пролетные конструкции каркасов.

Балки применяют для зданий с пролетами от 6 м до 18 м для устройства односкатных, двухскатных и плоских кровель.

Железобетонные стропильные балки бывают плоские (с параллельными верхним и нижним поясами) и двухскатные с уклоном 1:12, а по виду поперечного сечения подразделяются на прямоугольные и двутавровые; сплошные или решетчатые (со сквозными отверстиями).

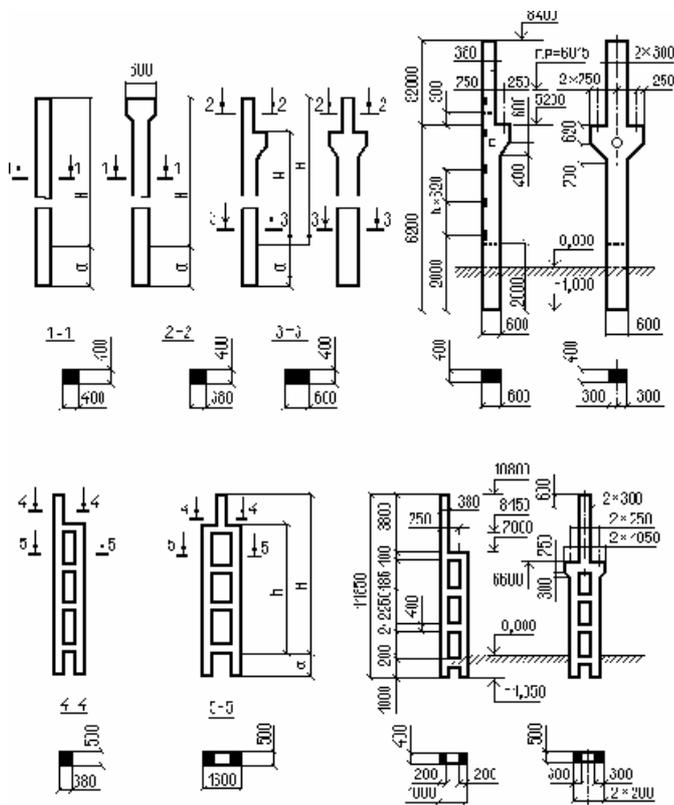


Рис. 7. Конструкции железобетонных колонн одноэтажных производственных зданий.

Одноветвевые (крайнего и среднего ряда) для зданий без кранового оборудования, с мостовыми кранами грузоподъемностью до 10 т и двухветвевые – крайнего и среднего ряда для зданий с мостовыми кранами до 50 тонн.

Нижний пояс балок армируется предварительно напряженной стержневой или высокопрочной проволочной арматурой.

Стропильные фермы изготавливают металлическими или железобетонными для пролетов от 18 до 36 м и более.

Металлические фермы изготавливают решетчатыми из стального профиля (уголков, труб).

Железобетонные фермы бывают сегментными (раскосные или безраскосные) и с параллельными поясами; прямоугольного и двутаврового профиля поперечного сечения. Нижние пояса ферм армируются предварительно напряженной стальной арматурой в виде отдельных стержней, пучков из высокопрочной проволоки или канатов.

Фермы изготавливают со светоаэрационными фонарями или без них.

**Стены.** Стены промышленных зданий монтируют из железобетонных и ячеисто-бетонных трехслойных панелей толщиной 200, 240, 300 мм или изготавливают из кирпича. Панели выпускают длиной 6÷12 м, высотой 1,2 и 1,8 м, они обладают высокими прочностными качествами и теплотехническими характеристиками, трудоемкость их возведения меньше на 30÷40 %, чем стен из кирпича. Внутренние стены и перегородки могут быть выполнены из разных материалов.

**Окна и фонари.** Конструктивные решения по естественному освещению производственных зданий принимается в зависимости от особенностей технологического процесса, температурно-влажностного режима, количества пролетов и экономических соображений. В настоящее время заполнение оконных проемов проектируют с деревянными и металлическими переплетами.

Для улучшения естественного освещения в средних пролетах зданий в конструкции их покрытия предусматривают устройство световых и зенитных фонарей. Фонари представляют собой пространст-

венную конструкцию, состоящую из металлических или железобетонных рам шириной 6 и 12 м (при пролетах соответственно до 18 м и более 18 м), установленных с шагом 3, 6 или 12 м

*Двери промышленных зданий* изготавливаются по ГОСТ 14624-69 и делятся: по назначению (эвакуационные, транспортные для провоза изделий и оборудования и запасные); по местоположению (наружные и внутренние); по материалу (деревянные, металлические).

*Полы промышленных зданий.* Выбор типа и конструкции полов производственных зданий зависит от характера технологического процесса, вида подвижного транспорта и условий эксплуатации. Стоимость конструкций полов составляет 12÷15 % от полной стоимости промышленного здания.

В общем случае полы представляют собой многослойную конструкцию, каждый из слоев которой имеет определенное функциональное назначение и включает: покрытие, прослойку, стяжку, утеплитель, гидроизоляцию и основание.

Покрытие – это верхний слой пола, материал которого определяет его название (бетонный, деревянный). Покрытие может быть сплошным (бетон, линолеум) или штучным (паркет, керамическая плитка).

Прослойка является соединительным (клеевым) слоем между покрытием и нижележащим слоем, например: битумная мастика между паркетом и стяжкой.

Стяжка – выравнивающий слой по основанию или рыхлому утеплителю и представляет собой жесткую корку с ровной поверхностью для покрытий рулонного типа.

Утеплитель – слой в конструкции пола по грунту или пола подвала, служащий для повышения его теплотехнических характеристик.

Гидроизоляцию применяют в тех случаях, когда пол подвергается воздействию сточных или грунтовых вод, а также агрессивных производственных жидкостей.

Основанием для полов одноэтажных зданий является уплотненный грунт, бетон, асфальтобетон, а для многоэтажных – железобетонные плиты перекрытия.

*Лестницы.* Лестницы промышленных зданий подразделяются на входные (основные) и второстепенные (для сообщения между этажами); служебные (цеховые) – для обслуживания оборудования и механизмов; пожарные и аварийно-эвакуационные.

По конструкции проектируют следующие типы лестниц:

- сборные железобетонные с отдельными маршами и площадками;
- сборные железобетонные из штучных ступеней со стальными или железобетонными косоурами;
- с объединенными железобетонными маршами и полуплощадками;
- стальные шириной марша не менее 0,7÷0,8 м и площадками. Их устраивают внутри цехов и снаружи зданий в качестве служебных или пожарных лестниц.

*Лифты* (пассажирские и грузовые) служат для перемещения людей и транспортировки грузов между этажами. Их располагают рядом с лестничными клетками, создавая единые транспортные узлы и ядра жесткости многоэтажных зданий. Машинное отделение устраивают, обычно, над верхней частью шахты лифта.

Важной задачей при проектировании промышленных зданий является обеспечение необходимых климатических, светотехнических и акустических условий, отвечающих характеру производства.

На предприятиях по производству искусственного волокна, пленок, органического стекла и т.д. технология производства требует постоянно поддерживать на заданном уровне температуру, влажность, чистоту воздуха и достаточную освещенность.

Основные требования, предъявляемые к производственным зданиям следующие:

- удобное размещение технологического и другого оборудования с необходимыми проходами, проездами и т.д.
- возможность возведения здания индустриальными методами с применением сборных конструкций, обеспечивающих его требуемую прочность и долговечность;
- безопасные и хорошие условия работы людей в здании (благоприятный температурно-влажностный режим, надежная работа вентиляционных систем, необходимая естественная освещен-

ность рабочих мест);

- выразительное внешнее и внутреннее архитектурное решение.

В проектируемом или реконструируемом производственном здании основной задачей является поиск оптимального решения размещения схемы производственного процесса в пространстве с учетом характера и размеров здания, а также габаритов и конфигурации помещений, полностью удовлетворяющих требованиям рациональной организации технологического процесса.

Тип машин, аппаратов и особенности проводимых операций обуславливают направление производственных потоков.

При компоновке производственных помещений цехов и участков по переработке полимерных материалов необходимо учитывать:

- принятую схему транспортировки сырья, полуфабрикатов и готовых изделий в технологическом процессе;

- вредность производственных процессов в различных помещениях, их взрывоопасность и пожароопасность;

- требования к естественному освещению;

- производственную связь между процессами, происходящими в различных помещениях и зданиях предприятия, а также средствами внутрицехового и межцехового транспорта.

Планировка цеха и расположение оборудования должны обеспечивать осуществление технологического процесса без возвратных и пересекающихся грузопотоков.

В целях безопасности и сокращения длительности производственного цикла следует располагать отделения и вспомогательные службы по ходу технологического процесса с соблюдением принципа поточности производства, например: склад исходных материалов, отделение таблетирования, отделение прессования, отделение обработки, склад готовой продукции.

Расположение склада технологической оснастки (прессовых, литьевых форм), а также насосных, вакуумных, компрессорных установок не зависит от поточности производства. По условиям производства эти отделения должны располагаться рядом с участками, которые они обслуживают.

Выбор этажности здания зависит от принятой схемы технологического процесса, характера и площади участка застройки, архитектурных требований, экономической целесообразности и т.д.

Расположение производственных помещений в подвальных и цокольных этажах на участках с постоянными рабочими местами, имеющих недостаточное естественное освещение, проектируется только при наличии специального обоснования и лишь в тех случаях, когда это необходимо по технологическим условиям.

Одноэтажные и двухэтажные с укрупненной (по отношению к первому этажу) сеткой колонн второго этажа здания следует, как правило, проектировать с параллельно расположенными пролетами одинаковой ширины и высоты.

Величину пролетов, шагов колонн и высоту первого этажа двухэтажных с укрупненной (по отношению к первому этажу) сеткой колонн второго этажа зданий следует принимать по нормам, установленным для многоэтажных зданий, а второго этажа – по нормам, установленным для одноэтажных зданий.

В соответствии с требованиями технологии допускается проектировать здания с пролетами в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а также разной ширины и высоты.

Размеры пролетов и шаги колонн одноэтажных зданий следует назначать кратными 6 м. Иногда допускаются 9 метровые пролеты.

Размеры пролетов многоэтажных зданий назначают кратными 3 м, шаги колонн – равными 6 м.

Высоту (от пола до низа несущих конструкций покрытия на опоре) одноэтажных зданий назначают кратными 0,6 м, но не менее 3 м (в кирпичных зданиях допускается высота, кратная 0,3 м).

Высоту этажей многоэтажных зданий следует назначать кратной 0,6 м, но не менее 3 м. Высота помещений от пола до низа выступающих конструкций перекрытия должна быть не менее 2,2 м.

Высоту помещений и оборудования в местах регулярного прохода людей следует принимать не ме-

нее 2 м, а в местах нерегулярного прохода людей – не менее 1,8 м.

Унифицированные параметры одноэтажных производственных зданий без кранового оборудования или с подвесными кранами грузоподъемностью до 5 тонн приведены в табл.1, а параметры зданий, оборудованных мостовыми кранами в табл.2 и 3.

Таблица 1

Параметры одноэтажных производственных зданий без мостовых кранов

Высота от пола до низа пролетных конструкций покрытия (м)	Пролет (м)	Шаг колонн (м)	
		средних	крайних
3; 3,6; 4,2; 4,8	6; 9; 12	6	6
4,8	18; 24	6; 12	6
5,4;6,0	6; 9; 12	6	6
6,0	18; 24; 30	6; 12	6
7,2	12	6	6
7,2	18; 24; 30; 36	6; 12	6
8,4	12	6	6
8,4	18; 24; 30; 36	6; 12	6
9,6	12	6	6
9,6; 10,8	18; 24; 30; 36	6; 12	6
12	18; 24; 30; 36	12	6
13,2; 14,4	24; 30; 36	12	6
15,6; 16,8; 18,0	30; 36	12	6

По всему периметру наружных стен здания следует предусматривать устройство бетонной или асфальтовой отмостки для устранения замачивания фундаментов дождевыми и тальми водами. Отмостку следует выполнять шириной не менее 0,5 м с уклоном 0,03-0,1 от здания. Ширина отмостки должна превышать вынос карниза не менее чем на 0,2 м.

При проектировании зданий и сооружений следует, как правило, применять типовые конструкции и изделия.

Для открытых проемов в перекрытиях, этажерок, площадок и антресолей следует предусматривать металлические ограждения (перила) высотой не менее 0,9 м.

Таблица 2

Одноэтажные однопролетные здания с кранами грузоподъемностью до 20 т

Высота от пола до низа конструкций покрытия (м)	Отметка головки кранового рельса (м)	Грузоподъемность кранов (т)	Пролет (м)	Шаг колонн (м)

6	5	3,2; 5; 8	9; 12	6
6	5	5; 8	18	6
6,6	5,6	3,2; 5; 8	9; 12	6
6,6	5,6	5; 8	18	6
7,2	6,2	3,2; 5; 8	9; 12	6
7,2	6,2	5; 8	18	6
7,2	5,7	12,5; 20	12; 18	6
7,8	6,8	3,2; 5; 8	9; 12	6
7,8	6,8	5; 8	18	6
7,8	6,3	12,5; 20	12; 18	6
8,4	7,4	3,3; 5; 8	9; 12	6
8,4	7,4	5; 8	18	6
8,4	6,9	12,5;20	12; 18	6
14,4	7,5	12,5;20	12; 18	6
15,6	8,1	12,5;20	12; 18	6

Таблица 3

Одноэтажные здания с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т

Высота от пола до низа конструкций покрытия (м)	Отметка головки кранового рельса (м)	Грузоподъемность кранов (т)	Пролет (м)	Шаг колонн (м)	
				крайних	средних
8.4	5,75	10	18; 24	6; 12	6; 12
9.6	6.95	10; 20	18; 24	6; 12	6; 12
10.8	8.15	10; 20	18; 24	6; 12	6; 12
10,8	8,15	10; 20	30; 36	6; 12	12
12	9,35	10; 20	18; 24; 30;	6; 12	12
12	8,65	30	36	6; 12	12
12	8,65	30; 50	18	6; 12	12
13,2	10,55	10; 20	24; 30; 36	6; 12	12
13,2	9,85	30	18; 24; 30;	6; 12	12
13,2	9,85	30;50	36	6; 12	12
14,4	11,75	10; 20	18	6; 12	12
14,4	11,75	20	24; 30; 36	6; 12	12
14,4	11,05	30	18; 24	6; 12	12
14,4	11,05	30;50	30; 36	6; 12	12
15,6	12,25	30;50	18	6; 12	12
16,8	13,45	30;50	24; 30; 36	6; 12	12
18	14,65	30;50	24; 30; 36 24; 30; 36 24; 30; 36	6; 12	12

Покрытия отапливаемых зданий с рулонной или мастичной кровлей проектируют с уклонами от 1,5 до 12 %. На отдельных участках кровли зданий, при условии применения более теплостойких мастик (эмульсий), допускается проектирование покрытия с уклоном более 12 %.

Уклон маршей в лестничных клетках зданий следует проектировать 1:2 при ширине проступи 0,3 м,

а для подвальных этажей и чердаков допускается проектировать лестницы с уклоном маршей 1:1,5 при ширине проступи 0,26 м:

Высоту этажей вспомогательных зданий и помещений следует принимать 3,3 м. При размещении вспомогательных помещений в производственном здании их высоту следует принимать не менее 3 м от пола до потолка и не менее 2,5 м от пола до низа выступающих конструкций.

Компоновка основного и вспомогательного производственного оборудования должна обеспечить безопасность, удобство его обслуживания и ремонта, соответствовать технологическому процессу и не создавать встречных, пересекающихся и возвратных потоков при транспортировании сырья и готовой продукции.

При расположении оборудования необходимо учитывать его тип, вес, габариты изготавливаемых изделий, степень механизации и автоматизации процесса, характер работы, применяемую технологическую оснастку, а также учитывать места временного хранения готовой продукции.

Необходимо запроектировать место для размещения исходного сырья или полуфабрикатов, обеспечивающих нормальное проведение технологического процесса.

Основой правильной компоновки оборудования является грамотная планировка рабочего места, так как компоновочное решение по цеху или участку в целом складывается из компоновки отдельных рабочих мест.

В основу строительного проектирования промышленных зданий положен принцип соответствия строительных решений требованиям технологического процесса и создания наилучших условий труда работающих.

Взаимное расположение, объемно-планировочное и конструктивное решение зданий для производств по переработке полимерных материалов должны проектироваться в соответствии с требованиями строительных норм и правил СНиП [1].

Промышленные здания для переработки полимерных материалов проектируются в основном II класса капитальности и III степени огнестойкости, для которых разработаны габаритные схемы, унифицированы типовые секции (УТС) и типовые пролеты (УТП).

Для выбора зданий исходными данными являются результаты расчетов требуемой суммарной производственной, вспомогательной и служебно-бытовой площади, а также характеристика основного технологического оборудования, например, его масса и габаритные размеры. При выборе зданий необходимо использовать габаритные типовые схемы, размеры которых приведены в [14].

Основными техническими характеристиками промышленных зданий являются: длина –  $L_n$ , ширина –  $L_m$ , высота пролета –  $H$ , их число и грузоподъемность кранового оборудования.

В соответствии с основными положениями по унификации габаритных схем зданий они проектируются чаще всего прямоугольной формы, состоящими из одного или нескольких пролетов.

Длина пролетов определяется по длине технологической цепочки установленного оборудования и равна

$$L_n = t \cdot n, \quad (9)$$

где  $t$  – шаг колонн, м;  $n$  – число шагов.

В габаритных схемах зданий унифицированными являются: ширина пролета, грузоподъемность мостовых кранов, шаг колонн и высота до подкрановых путей [14,15].

В промышленности по переработке полимерных материалов наибольшее распространение получили каркасные здания из сборных железобетонных конструкций.

К основным несущим элементам каркаса относятся: колонны, балки, фермы, ригели, плиты покрытий и перекрытий, стеновые блоки и панели. Нагрузку от каркаса воспринимает фундамент.

В каркасных зданиях в основном используются сборные столбчатые фундаменты стаканного типа, состоящие из подколонника со стаканом для установки колонны и опорной плиты.

Стены возводят из панелей или кирпича с опорой их на фундаментные балки, которые в свою очередь опираются на бетонные столбики фундаментов стаканного типа.

Колонны имеют квадратное, прямоугольное или двутавровое сечение с консолями или без консолей и выпускаются одно и двухветвевыми.

Колонны квадратного или прямоугольного сечения выпускаются со следующими размерами поперечного сечения (мм): 400×400, 400×600, 400×800, 500×500, 500×600, 500×800.

Железобетонные колонны двутаврового сечения изготавливают следующих размеров (мм): 400×1000, 500×1000, 500×1300, 500×1400, 500×1500, 600×1400.

При изготовлении железобетонных колонн крайнего ряда предусматривается устройство в них стальных закладных элементов в виде пластин с анкерными болтами для крепления ферм, вертикальных связей, подкрановых балок и стеновых панелей. Заделку колонн в стакан фундамента в зданиях без мостовых кранов производят на 750 мм, а в зданиях с мостовыми кранами на 850 мм.

Для покрытий в каркасных промышленных зданиях в качестве несущих элементов используют железобетонные балки, фермы и сплошной настил в виде ребристых плит.

Железобетонные балки применяют для пролетов от 6 до 18 м в покрытиях промышленных зданий с односкатным, двухскатным и плоским профилем кровли. При пролетах 6 и 9 м балки изготавливают двутаврового сечения, и они имеют высоту на опоре от 500 до 790 мм, а для пролетов 12 и 18 м поперечное сечение их – двутавровое с высотой на опоре от 700 до 1490 мм.

Железобетонные фермы используются для покрытий с пролетами 18, 24, 36 и более метров.

Пространственная жесткость и неизменяемость системы покрытий промышленных зданий с железобетонными фермами обеспечивается за счет приварки настилов (ребристых плит) к стальным закладным элементам в верхних поясах ферм. Крепление балок и ферм к колоннам выполняется с помощью анкерных болтов с последующей сваркой закладных опорных деталей.

Пространственная жесткость каркасных одноэтажных производственных зданий обеспечивается за счет жесткой заделки колонн в фундаменте, устройства продольных вертикальных связей (крестовых или порталных) между колоннами, пролетных конструкций (балок, ферм) и жесткого диска покрытия.

В многоэтажных каркасных зданиях пространственная жесткость обеспечивается жесткой заделкой колонн в фундаменте, жесткими дисками перекрытий и покрытия, а также диафрагмами (внутренние продольные и поперечные стены) и ядрами жесткости (лестничные клетки, лифтовые шахты).

Габаритные размеры железобетонных унифицированных колонн, балок, ферм, плит перекрытий (настила) и покрытий, стеновых панелей и фундаментов приведены в работе [14].

Поперечный разрез здания в графической части проекта выполняется с указанием продольных осей, вычерчиванием всех унифицированных элементов железобетонных конструкций каркаса здания, т.е. фундаментов, колонн, стеновых панелей, ферм, балок, плит перекрытий и покрытий, кровли, полов, а также простановкой размеров здания, его элементов и фундаментов под оборудование.

## 8. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В ряде заданий на дипломное проектирование предусматривается запроектировать не новое производственное здание, а реконструировать существующее здание для выполнения новой производственной программы, например, для выпуска новой продукции, переоснащения основного технологического оборудования и др.

Приступая к разработке такого проекта, студентам следует тщательно обследовать действующее производство с целью получения исходных данных для разработки нового проекта (производственных, материальных, финансовых и людских ресурсов действующего объекта за год, предшествовавший году разработки дипломного проекта). Эти данные студенты собирают в период прохождения технологической и преддипломной практик, после чего окончательно формулируется тема дипломных проектов.

Реконструкция может предусматривать:

- замену устаревшего оборудования более современным;
- изменение транспортно-технологических линий (установка пневмотранспорта, новых конвейерных линий и т.д.);

- демонтаж оборудования, не относящегося к основному оборудованию, занятому в производственно-технологическом процессе;
- более рациональное размещение производственного оборудования с учетом возвратных и пересекающихся грузопотоков;
- размещение дополнительного оборудования на высвобождающихся производственных площадях;
- механизацию и автоматизацию имеющегося и устанавливаемого оборудования.

На строительных чертежах следует изобразить объект до реконструкции и после нее (планы здания с размещением основного и вспомогательного оборудования, а также экспликации всех помещений).

## 9. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХА

Основное технологическое оборудование заводов по переработке полимерных материалов (вальцы, каландры, червячные и литьевые машины, гидравлические прессы, резиносмесители и т.д.) относится к группе машин тяжелого типа, которые монтируются на первом этаже производственных зданий и на специальных фундаментах.

Проектирование фундаментов следует проводить в соответствии с требованиями СНиП 2.09.05-87 “Фундаменты машин с динамическими нагрузками”.

Размеры фундаментов зависят от габаритов и массы машин, условий их работы и допускаемого давления на грунт. Исходным параметром для расчета фундамента служит давление на грунт (МПа), которое должно быть равным или меньше допускаемого

$$P = \frac{G_M + G_\Phi}{S} \leq [\sigma], \quad (10)$$

где  $G_\Phi$ - масса фундамента, н;  $G_M$ - масса машины, н;  $S$ - площадь подошвы фундамента, м<sup>2</sup>;  $[\sigma]$ - допускаемое давление на грунт, МПа.

Допускаемые давления для некоторых типов грунтов находятся в следующих интервалах:

Каменистый грунт – 0,7 – 1,5 МПа;

Плотный гравий – 0,6 – 0,8 МПа;

Песок – 0,25 – 0,6 МПа;

Суглинок – 0,3 – 0,4 МПа;

Глина – 0,15 – 0,3 МПа;

Чернозем – 0,05 – 0,0

Масса фундамента зависит от массы машины и коэффициента динамичности ее работы и определяется из выражения

$$G_\Phi = kG_M, \quad (11)$$

где  $k$ - коэффициент динамичности машины.

Для вальцев, каландров, резиносмесителей, червячных и литевых машин коэффициент динамичности находится в интервале 1,5 – 2, а для прессов, автоклавов и других видов оборудования  $k = 1,2 – 1,5$ .

Для передачи нагрузок от машины к фундаменту служит фундаментная плита, которая конструируется с такими размерами в плане, чтобы давление ее подошвы не превышало допускаемого давления на фундамент.

Основным материалом для фундаментов служит бетон с допускаемым давлением на сжатие 9 – 14 МПа и плотностью  $\gamma = 2200 – 2500$  кг/м<sup>3</sup>.

Размеры фундамента в плане должны соответствовать размерам фундаментной плиты машины.

Глубина заложения фундамента находится, исходя из его массы, площади и плотности бетона. В большинстве же случаев глубина заложения определяется длиной фундаментных болтов, с помощью которых машина крепится к фундаменту, глубиной шахт, выемок и т.д.

Глубина заделки фундаментных (анкерных) болтов зависит от их диаметра. Так болты диаметром 24 мм заделываются на глубину не менее 260 мм, а болты диаметром 48 мм – на глубину не менее 500 мм.

Легкое оборудование допускается устанавливать на специальные резинометаллические опоры типа ОВ-30 и ОВ-31.

## **10. РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕХА**

В промышленных зданиях размеры помещений определяют в зависимости от габаритов оборудования, площадей для рабочих мест, проездов напольного безрельсового транспорта, ремонта оборудования, эвакуационных цеховых проходов, а также требованиями СНиП по освещенности рабочих мест, кратность воздухообмена и т.д. Необходимо запроектировать места временного хранения готовой продукции и исходного сырья или полуфабрикатов в непосредственной близости от рабочих мест для обеспечения нормального ведения технологического процесса.

Размещение машин и аппаратов, транспортных средств и другого производственного оборудования должно обеспечивать удобные и безопасные условия обслуживания и ремонта [13].

Проходы и разрывы должны быть не менее:

- основные проходы по общему фронту обслуживания машин и аппаратов – 1,5 м;
- рабочие проходы между машинами и аппаратами, содержащими взрывоопасные и пожароопасные среды – 1 м, а не содержащих – 0,8 м;
- расстояние между осями экструдеров, расположенных в одном ряду, при диаметре шнека  $d = 32$  мм – 2 м; при  $d = 45$  мм – 5,3 м; при  $d = 63$  мм – 5 м;
- расстояние (в свету) между прессами и смежным для них оборудованием – 1,2 м.

Прессовое оборудование должно располагаться так, чтобы плоскость рабочего проема пресса была перпендикулярна плоскости оконных проемов.

Мелкое оборудование может располагаться непосредственно у стены или крепиться к ней.

Размеры проезда для напольного транспорта должна составлять ширину транспортных средств плюс 0,8 м на обе стороны до ближайшего оборудования или строительных конструкций.

Свободный проход между оборудованием и стеной должен быть не менее 0,8 м.

При расположении и креплении вспомогательного оборудования (приборов) на стене проход между стеной и оборудованием увеличивают на 0,2 м.

Таблеточные машины в цехах по переработке реактопластов должны устанавливаться в отдельных кабинах.

Планировка основного и вспомогательного производственного оборудования неразрывно связана со строительными решениями, принимаемыми в проекте (планировка помещений цеха, его этажность, допустимые нагрузки на фундаменты и перекрытия, величина пролетов, шаг колонн и т.д.). Расположение оборудования для переработки полимерных материалов должно соответствовать технологическому процессу и не должно создавать встречных, перекрещивающихся и возвратных потоков при транспортировании сырья и готовой продукции.

При расположении основного технологического оборудования необходимо учитывать его тип, массу, габариты изготавливаемых изделий, степень механизации и автоматизации, характер работы, применяемую технологическую оснастку.

Размещение машин и аппаратов, транспортных средств и другого производственного оборудования должно обеспечивать удобные и безопасные условия его обслуживания и ремонта. Зона ремонта вклю-

чает в себя необходимую площадь для выполнения ремонтных работ, а также площадь для временного размещения демонтированного оборудования. Зоны технологического обслуживания и ремонта оборудования следует располагать по периметру оборудования, в них входят размеры рабочих проходов между смежным оборудованием, что обеспечивает безопасное выполнение рабочих операций.

Расстановку прессового, таблетировочного, валкового, экструзионного, литейного и смесительного оборудования производят в соответствии с технологическими нормами [13].

Планировка размещения оборудования выполняется в масштабе 1:200 с указанием габаритных размеров, примеры планировки для литейных машин приведены в [2,13].

Производственные помещения с избыточным тепловыделением (прессовые участки, литейные, экструзионные), располагают, преимущественно, около наружных продольных стен с оконными проемами для обеспечения естественной вентиляции (аэрации) в теплый период года.

Фронт машин (прессы, литейные машины, экструдеры) необходимо размещать перпендикулярно оконным проемам (во избежание попадания на рабочих вредных выделений).

В качестве внутрицехового транспорта на предприятиях по переработке полимерных материалов наибольшее распространение получили самоходные электрические тележки, безрельсовые напольные тягачи, грузовые тележки с подъемными вилами, штабелеры, конвейеры различных конструкций, а также устройства пневмотранспорта.

Погрузчики являются универсальными машинами (на резиновом ходу) напольного транспорта, используемыми для работ с тарно-штучными и сыпучими грузами. В зависимости от характера перевозимых материалов погрузчики могут комплектоваться различными сменными грузозахватными приспособлениями, например, транспортировка, перевозка и штабелирование длинномерных грузов осуществляется погрузчиками с боковым выдвижным грузозахватным подъемником.

Безрельсовые напольные тягачи предназначены для работы с прицепами, они оснащаются двигателями постоянного тока, источником питания которых служит аккумуляторная батарея. Прицепные тележки к электротягачам по конструкции различаются в зависимости от размеров груза, его массы и формы.

Самоходные электрические тележки обеспечивают механизированную загрузку тары, поддонов или контейнеров.

Самоходные тележки с подъемной платформой, управляемые с площадки, используют для транспортирования штучных грузов в таре или без тары.

Грузовые тележки с подъемными вилами предназначены для перемещения грузов, уложенных на поддоне или в стандартную тару размером (мм) 400×300; 600×400; 800×600 и 1200×800, а также для транспортирования штучных грузов массой до 1 тонны. Подъем вила осуществляется с помощью гидравлических устройств.

Тележки – штабелеры предназначены для подъема и транспортирования штучных грузов на поддонах и в таре.

Для транспортировки изделий, сырья и полуфабрикатов, а также организации технологических процессов (связывая отдельные операции производственного цикла) широко применяется конвейерный транспорт. В производствах по переработке полимерных материалов (в литейных и прессовых цехах, в сборочных цехах шинных заводов) наибольшее распространение получили подвесные конвейеры с креплением кареток с подвесками для грузов к тяговому органу.

Подвесные конвейеры, помимо своего прямого назначения в качестве транспортного средства, часто выполняют также функцию промежуточных складов, обеспечивая работу участков с различным режимом работы, частично компенсируя потери при простоях оборудования. Эти качества определяют применение подвесных грузонесущих контейнеров для межоперационного транспорта, в том числе для поточных линий.

На складах для механизации погрузочно-разгрузочных работ широко применяются ленточные конвейеры и рольганги.

Выбор типа внутрицехового транспортного устройства более подробно рассматривается в [15].

Для транспортировки сыпучего сырья с заводского склада на цеховой склад и далее к перерабатывающему оборудованию широкое распространение получили системы пневмотранспорта. С помощью пневматических транспортирующих устройств, использующих для перемещения материала поток газа (воздуха) в различных трубопроводах, возможно выполнение всех операций по транспортировке и питанию, начиная с загрузки и кончая упаковкой. Такие устройства достаточно компактны и допускают транспортировку в любом направлении, гарантируя малые потери транспортируемого материала. Они удобны в обслуживании и легко автоматизируются. Этим объясняется широкое применение пневмотранспорта при транспортировке порошков, гранул, крошки и таблеток. Емкость пневмотранспортных систем не лимитируется, а производительность может достигать от 50 до 50000 кг/ч.

При разработке проекта транспортных средств предприятия учитывается необходимость облегчения тяжелого физического труда при производстве круглогодичного ремонта машин и аппаратов узловым или агрегатным способами. При этом стремятся организовать механизацию ремонтных работ с помощью постоянных грузоподъемных устройств. Грузоподъемные механизмы должны обеспечивать установку или съём тяжеловесных частей оборудования, перемещение их от места производства работ до выхода из помещения.

В цехах по переработке полимерных материалов грузоподъемность кранового оборудования определяется, как правило, наибольшей массой детали или узла машины или аппарата, не подлежащих разборке при монтаже или демонтаже, а также при проведении ремонта агрегатным способом.

## **11. ОСВЕЩЕНИЕ, ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ.**

### **Освещение**

Освещение промышленных зданий в общем случае может быть естественным, искусственным и совмещенным.

Естественное освещение благоприятно воздействует на психику человека и повышает устойчивость организма к болезням за счет бактерицидного воздействия.

Варианты освещения внутренних помещений подразделяются:

- по способу освещения (верхнее через световые фонари в покрытиях, боковое через оконные проемы в наружных стенах и комбинированное);
- по виду светопрозрачных элементов (листовое стекло, стеклоблоки, стеклопрофилит);
- по типам светопрозрачных конструкций (зенитные фонари, фонари надстройки) и их размещением в здании (ленточное, отдельные окна).

Освещенность помещения естественным светом характеризуется коэффициентом естественной освещенности (КЕО) ряда точек, расположенных в пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения, например, на оси окна или между отдельно стоящими опорами и горизонтальной плоскости, находящейся на высоте 1 м над уровнем пола и принимаемой за условную рабочую плоскость помещения.

Для вновь проектируемых и реконструируемых зданий значения (КЕО) в зависимости от зрительных условий работы принимают в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». Требуемые параметры естественной световой среды помещений обеспечиваются светопрозрачными элементами ограждений, причем площадь световых проемов должна быть наименьшей.

Для ориентировочных определений величины естественного освещения через оконные проемы пользуются размерами световой площади цеха (отношение площади световых проемов к площади пола), которая для рабочих помещений цехов принимается равной  $1/6$ , а для бытовых находится в пределах от  $1/11$  до  $1/16$ .

Глубина освещенности составляет не более двух высот окна от пола при условии, если высота по-

доконника не превышает 1,2 м.

Искусственное освещение подразделяется на общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляют местное освещение (световой поток направлен непосредственно на рабочее место).

Общее освещение подразделяется на общее равномерное (равномерное распределение светового потока без учета расположения оборудования) и общее локализованное освещение (равномерное распределение светового потока с учетом расположения рабочих мест).

Искусственное освещение может быть рабочим и аварийным.

Устройство рабочего освещения обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы во время отсутствия или недостатка естественного освещения.

Источники света по принципу действия разделяют на тепловые (лампы накаливания) и люминесцентные.

По способу распределения светового потока в пространстве светильники делят на три группы: прямого, рассеянного и отраженного света, когда световой поток ламп направляется вначале на потолок или экран, а затем рассеивается по всему помещению.

Высота подвесных светильников зависит от мощности ламп, наличия отражателей и величины защитного угла, под которым свет падает на рабочее место.

Высота подвеса ламп при наличии отражателей и величине защитного угла  $30^\circ$  должна быть больше 2 м (для ламп мощностью до 200 Вт), а для ламп мощностью свыше 200 Вт – больше 3 м.

При отсутствии отражателей высота подвески светильников должна быть более 4 м и 6 м для ламп мощностью до 200 Вт и свыше 200 Вт соответственно, а расстояние между светильниками в пределах 1,5 – 2,5 м.

Аварийное освещение предусматривается для продолжения работы (в помещениях или местах производства наружных работ) при временном или внезапном (при аварии) отключении основного рабочего освещения и необходимости эвакуации людей.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей, требующих обслуживания при аварийном режиме; должна составлять 5 % освещенности нормируемой для рабочего освещения, но не менее 1 люкса для площадок предприятий.

Аварийное освещение (для эвакуации людей в помещениях или местах производства наружных работ) надлежит устраивать:

- в местах, опасных для прохода людей, а также в основных проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей из производственных зданий, где работают или пребывают более 50 человек;

- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при внезапном отключении рабочего освещения (при аварии) связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования, а также в производственных помещениях с числом работающих более 50 человек и в других помещениях, где могут одновременно находиться более 100 человек.

Аварийное освещение для эвакуации должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц в помещениях 0,5 люкс, на открытых территориях 0,2 люкса.

Проектирование искусственного освещения должно вестись в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Совмещенное освещение (одновременное использование естественного и искусственного освещения в светлое время суток) применяется в тех случаях, когда естественного освещения недостаточно для качественного обслуживания технологического процесса. Его следует предусматривать для помещений производственных зданий или их отдельных участков лишь в следующих случаях:

- для производств, отдельных цехов и технологических процессов, где это требуется по условиям технологии и выбора рационального объемно-планировочного решений, подтвержденного специальными технико-экономическими обоснованиями в сравнении с вариантами зданий и помещений с естественным освещением, по медико-санитарным условиям;

- для помещений производств, где не требуется пребывания рабочих более 50 % времени в течение

рабочего дня;

- для производств, специально оговоренных в рабочих документах.

Совмещенное освещение вспомогательных зданий промышленных предприятий допускается предусматривать для помещений, где это требуется по условиям технологии и выборов рациональных объемно-планировочных решений (вестибюли, гардеробы, лифтовые холлы, буфеты, залы заседаний).

## **Отопление и вентиляция**

Системы отопления и вентиляции зданий проектируют в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Метеорологические условия наружного воздуха (расчетные температуры в летнее и зимнее время, скорости ветра и относительная влажность воздуха) принимают в соответствии с требованиями СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Исходя из категорий работ по тяжести (легкие, средней тяжести и тяжелые) и по избыткам явного тепла в теплый, холодный и переходный периоды года, нормируют метеорологические условия в рабочей зоне производственных помещений (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха).

В отапливаемых производственных зданиях, а также помещениях со значительным избытком явного тепла при полезной площади 50-100 м<sup>2</sup> на одного работающего, допускается в холодный и переходный периоды года понижение температуры до 12, 10 и 8 °С вне постоянных рабочих мест соответственно при работах легких, средней тяжести и тяжелых.

При площади пола на одного работающего более 100 м<sup>2</sup> метеорологические условия следует обеспечивать только на постоянных рабочих местах. При средней температуре наружного воздуха в 13 часов самого жаркого месяца более 25 °С можно повышать допустимые температуры воздуха в теплый период при сохранении значений относительной влажности:

- в помещениях с незначительными избытками явного тепла на 3 °С, но не выше 31 °С;

- в помещениях со значительными избытками явного тепла на 5 °С, но не выше 33 °С;

- в помещениях с технологическими требованиями к поддержанию температуры и относительной влажности воздуха независимо от избытков явного тепла на 2 °С, но не выше 30 °С.

В отапливаемых производственных помещениях в холодный и переходный периоды года температура воздуха в нерабочее время не нормируется.

Если по условиям технологического процесса в производственных помещениях требуется поддержание постоянной температуры или температуры и относительной влажности воздуха, допускается во все периоды года принимать метеорологические условия в пределах оптимальных параметров (+2°С, но не более 25°С) для теплого и холодного периодов года.

Системы отопления во всех зданиях и сооружениях делят на местные и центральные.

Местные системы отопления – это системы с такими устройствами, когда в каждом из них тепловой генератор объединен теплопроводами с нагревательными приборами. К ним относят печное, газовое (при сжигании газа в нагревательных приборах, размещенных в отапливаемых помещениях) и электрическое отопление.

Системы центрального отопления – это системы с транспортированием теплоносителя (пар, вода или воздух) от теплового генератора к местам потребления по теплопроводам. Они подразделяются на системы водяного, парового, воздушного отопления и комбинированные.

Системы водяного отопления могут быть с температурой горячей воды ниже 100 °С и выше 100°С (системы с перегретой водой).

Системы парового отопления в зависимости от давления пара бывают низкого (0,005-0,07 МПа) и высокого давления (более 0,07 МПа).

Воздушные системы отопления в зависимости от вида первичного теплоносителя подразделяются на воздушные, паровоздушные, электро-воздушные и газовоздушные.

Комбинированные системы отопления – системы с различными видами теплоносителей (пароводяные системы воздушного отопления) или системы с одним теплоносителем различных параметров (водоводяные).

Центральные системы водяного и воздушного отопления по способу перемещения теплоносителя делят на системы с естественной циркуляцией (перемещение за счет разности объемных весов нагретого и охлажденного теплоносителя) и системы с механическим побуждением теплоносителя (применение насосов в системах водяного отопления и вентиляторов в системах воздушного отопления).

Системы отопления, вид и параметры теплоносителя, а также типы нагревательных приборов следует принимать в соответствии с характером и назначением зданий и помещений;

Различают естественную и искусственную вентиляцию.

При естественной вентиляции (аэрации) воздухообмен в здании осуществляется за счет разности плотностей наружного и внутреннего воздуха и воздействия ветра, а при искусственной – за счет разности давлений, создаваемой вентилятором.

По направлению воздушных потоков системы вентиляции делят на приточную (нагнетание наружного воздуха в помещение), вытяжную (отсасывающую загрязненный воздух из помещения) и приточно-вытяжную.

По принципу организации воздухообмена в помещениях вентиляция может быть общеобменной, местной и смешанной.

При общеобменной вентиляции загрязненный воздух помещения разбавляют наружным воздухом, чтобы загрязненный воздух рабочих зон всего помещения не превышал санитарных норм. Ее применяют, когда не удается ограничить распространение загрязнённого воздуха с отдельных участков помещения.

Воздухоприемное отверстие для забора наружного воздуха располагается там, где воздух на заводской территории меньше всего загрязнен вредными газами. Расстояние между воздухозаборным и выбросным коробами систем вентиляции принимают не менее 10 – 12 м по горизонтали, располагая не ниже 2 м от поверхности земли.

Температура нагретого воздуха, поступающего в помещение с тепловыделениями, может быть ниже температуры воздуха в цехе до 5-8°C, т.к. большая разность температур вызывает ощущения холодного дутья.

В помещениях, где нет избытка тепла, температуру приточного воздуха принимают равной температуре помещения.

В тех случаях, когда возможны внезапные поступления в помещения больших количеств токсичных и взрывоопасных веществ, следует предусматривать систему аварийной вытяжной вентиляции.

Местной называют вентиляцию, при которой чистый воздух подают на определенные рабочие места (местная приточная вентиляция) или загрязненный воздух удаляют от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция). К местной приточной вентиляции относят воздушные души и воздушные завесы. Местную вытяжную вентиляцию (местные отсосы) оборудуют в виде вытяжных шкафов, зонтов, бортовых отсосов (у ванн), укрытий в виде кожухов у аппаратов:

При выборе конструкций местных отсосов следует в каждом отдельном случае учитывать вид оборудования, характер вредных выделений, их количество и направление движения.

Высоту помещения для вентиляционного оборудования следует принимать не менее чем на 0,8 м больше его высоты, но не менее 1,9 м от пола до низа выступающих конструкций перекрытия в местах прохода обслуживающего персонала [16,18].

## **Водоснабжение и водоотведение**

Системы внутреннего водопровода и канализации (водоотведения) зданий проектируются в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01 – 85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Промышленное предприятие может получать воду для своих нужд из собственного водозабора или

от городских водопроводов.

На предприятиях могут проектироваться в зависимости от назначения следующие системы водоснабжения:

- хозяйственно-питьевые;
- производственные (прямоточные, повторные и оборотные);
- противопожарные (низкого и высокого давления).

Системы водоснабжения в зависимости от требований к качеству воды подразделяются на отдельные (самостоятельные) и объединенные (хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения).

При прямоточном водоснабжении, вода после использования по назначению отводится в канализацию.

В системах с повторным водоснабжением вода после использования в одном цикле может подаваться (с частичной очисткой или без нее) на другой производственный цикл.

Оборотные системы водоснабжения характерны для предприятий, использующих воду для охлаждения машин и аппаратов, когда вода не меняет своего состава, а лишь нагревается.

Пожарные гидранты и поливочные краны устанавливаются обычно на одной из прямоточных систем в зависимости от разветвленности той или иной разводящей сети.

Для обеспечения санитарно-бытовых нужд во вспомогательных зданиях и помещениях должно быть предусмотрено горячее водоснабжение. Температура потребляемой воды в душевых установках должна быть не ниже 37 °С, в групповых умывальниках и загрязненных производствах не ниже 35°С и 25°С при чистых производствах.

В помещениях для переработки фторопластов, производства РТИ и шинных заводах, где готовят резиновые смеси, клей и производят пропитку тканей, должны быть установлены раковины с подводкой к ним горячей и холодной воды.

Отведение сточных вод промышленных предприятий осуществляется по системам хозяйственно-бытовой, производственной и дождевой канализации. Эти системы могут быть отдельные, когда состав стоков не допускает их совместный водоотвод, или объединенные.

По системам хозяйственно-бытовой канализации отводят стоки от душевых, туалетных комнат, столовых; в производственную канализацию отводятся стоки от рабочих мест (производство продукции); в дождевую сеть отводятся дождевые и талые воды с кровель зданий и прилегающих к ним территорий предприятия.

Число сетей производственной канализации принимают в зависимости от систем местной очистки, после чего стоки допускается объединять.

В случае невозможности самотечного отвода стоков предусматривается перекачка их с помощью насосов.