

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический университет
им И. И. Ползунова

Г.Е. Левшин

Проектирование литейных цехов

Учебное пособие

Изд-во АлтГТУ
Барнаул 2003

Оглавление

1. Введение
 - 1.1. Перспективы развития литейного производства в России
 - 1.2. Основные задачи, проблемы и положения в области проектирования литейных цехов и заводов
2. Организация проектных работ в России. Исходные данные для проектирования
 - 2.1. Принципы организации проектных работ
 - 2.2. Стадии проектирования
 - 2.2.1. Составление проектного задания
 - 2.2.2. Разработка проекта (рабочего проекта)
 - 2.2.3. Выполнение рабочих чертежей
 - 2.3. Варианты переоборудования действующего производства
3. Общие основы проектирования литейных цехов
 - 3.1. Классификация литейных цехов
 - 3.2. Режимы работы
 - 3.3. Фонды времени
 - 3.4. Структура литейного цеха
4. Составление производственной программы
 - 4.1. Понятие об исходных данных на проектирование и их анализ
 - 4.2. Способы выражения производственной программы, ее виды и область применения
 - 4.3. Точная программа
 - 4.4. Приведенная программа
 - 4.5. Условная программа
 - 4.6. Составление производственной программы, выраженной в комплектах деталей
5. Производительность оборудования и его использование
6. Расчет количества оборудования
7. Проектирование формовочно-заливочно-выбивных отделений с разовыми объемными формами
 - 7.1. Методика проектирования
 - 7.2. Распределение отливок по группам. Выбор вида форм и способа их уплотнения
 - 7.3. Определение оптимальных размеров форм и ее металлоемкости
 - 7.4. Определение годового количества форм
 - 7.5. Определение степени механизации отделения и выбор оборудования
 - 7.5.1. Определение степени механизации
 - 7.5.2. Формовочное оборудование
 - 7.5.3. Транспорт
 - 7.5.4. Оборудование для заливки и выбивки
 - 7.6. Расчет количества формовочного оборудования
 - 7.7. Расчет технологических параметров литейного конвейера
 - 7.8. Организационно-планировочные решения
8. Проектирование плавильных отделений
 - 8.1. Методика проектирования
 - 8.2. Расчет баланса металла
 - 8.3. Выбор типа плавильных печей
 - 8.3.1. Критерии выбора
 - 8.3.2. Печи для плавки чугуна
 - 8.3.3. Печи для плавки стали
 - 8.3.4. Печи для плавки цветных сплавов
 - 8.4. Расчет оптимальной вместимости ковша и плавильной печи по методу Кульбовского И.К.
 - 8.5. Расчет количества плавильных печей
 - 8.6. Согласование работы плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений
 - 8.7. Расчет оптимального состава среднегодовой шихты
 - 8.8. Выбор и расчёт количества других видов оборудования
 - 8.8.1. Шихтовка
 - 8.8.2. Предварительный подогрев шихты
 - 8.8.3. Загрузка шихты в печь
 - 8.8.4. Обработка расплава, удаление шлака
 - 8.8.5. Расчёт количества других видов оборудования
 - 8.8.6. Расчет количества ковшей
 - 8.9. Организационно планировочные решения
9. Проектирование стержневых отделений
 - 9.1. Методика проектирования
 - 9.2. Организационная структура. Объём производства
 - 9.3. Распределение стержней по группам и способам изготовления

- [9.4. Выбор оборудования](#)
 - [9.5. Расчет количества оборудования](#)
 - [9.6. Организационно-планировочные решения](#)
 - [10. Проектирование смесеприготовительных отделений](#)
 - [10.1. Выбор технологического процесса и оборудования](#)
 - [10.1.1. Приготовление смесей](#)
 - [10.1.2. Подготовка оборотной смеси](#)
 - [10.2. Расчёт расхода смесей и количества оборудования](#)
 - [10.3. Расчет объема смеси в системе](#)
 - [10.4. Организационно-планировочные решения](#)
 - [11. Проектирование термоочистных отделений](#)
 - [11.1. Распределение годового выпуска отливок на группы и по операциям обработки](#)
 - [11.2. Выбор технологического процесса и оборудования](#)
 - [11.3. Расчет количества оборудования](#)
 - [11.4. Организационно-планировочные решения](#)
 - [12. Проектирование отделений хранения и подготовки литейных материалов](#)
 - [12.1. Методика проектирования](#)
 - [12.2. Литейные материалы](#)
 - [12.3. Расчет расхода материалов](#)
 - [12.4. Разгрузка материалов](#)
 - [12.5. Хранение материалов](#)
 - [12.6. Подготовка основных литейных материалов](#)
 - [12.7. Расчёт количества оборудования и мест хранения](#)
 - [12.8. Организационно - планировочные решения](#)
 - [13. Проектирование вспомогательных служб цеха](#)
 - [13.1. Ремонтная служба цеха](#)
 - [13.2. Участок ремонта ковшей](#)
 - [13.3. Экспресс-лаборатории](#)
 - [13.4. Цеховые кладовые и конторы мастеров](#)
 - [13.5. Склады оснастки, стержней и отливок](#)
 - [13.6. Участок изготовления каркасов](#)
 - [14. Расчёт площадей](#)
 - [15. Транспортная часть проекта литейных цехов](#)
 - [15.1. Выбор и расчёт транспорта периодического действия](#)
 - [15.2. Выбор и расчёт непрерывного транспорта](#)
 - [16. Объёмно-планировочные решения литейных цехов](#)
 - [16.1. Грузопотоки литейного цеха](#)
 - [16.2. Основные рекомендации по составлению компоновочных схем](#)
 - [17. Строительная часть](#)
 - [17.1. Классификация зданий](#)
 - [17.2. Типы зданий и основные параметры](#)
 - [17.3. Основные конструктивные элементы здания](#)
 - [17.4. Деформационные швы](#)
 - [17.5. Привязка конструктивных элементов к разбивочным осям](#)
 - [17.6. Нанесение размеров на строительных чертежах](#)
 - [18. Санитарно техническая часть](#)
 - [18.1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха](#)
 - [18.2. Водоснабжение и канализация](#)
 - [19. Энергетическая часть](#)
 - [19.1. Теплоснабжение](#)
 - [19.2. Газоснабжение](#)
 - [19.3. Сжатый воздух](#)
 - [19.4. Электроснабжение, электроосвещение, контрольно-измерительные приборы и автоматика](#)
- [Список литературы](#)

1. Введение

1.1. Перспективы развития литейного производства в России

Литейное производство является основной заготовительной базой и важнейшей технологической отраслью машиностроения и металлообработки. Удельный вес литых деталей в металлорежущих станках равен 80%, в текстильных – 72%, в прокатных – 68%, в паровых турбинах – 55%, в тракторах – 58%, в электровозах – 26%. В среднем литые детали составляют ~ половину веса всех машин и механизмов. Такая большая доля литых деталей объясняется теми особыми преимуществами литейной технологии, которые обеспечивают получение деталей практически неограниченной сложности из сплавов с заданными свойствами любых размеров и вида, часто недостижимыми для других технологических процессов.

Литейное производство в нашей стране развивалось бурными темпами. До революции в России выпускалось около 0,5 млн. тонн отливок, а в 1980 году он достиг 16,4 млн. тонн. Потребность в отливках промышленности России, рассчитанная по среднему показателю развитых стран 40,8 кг/чел. в год, должна составлять 11 млн. тонн в год с учетом возможности поставок на экспорт. При этом следует отметить тенденцию к снижению массы отливок. Чугунный блок цилиндров сначала имел стенку толщиной 8 мм, затем 4,8 мм, а сейчас 3,2 мм. За рубежом средняя масса отливки уменьшилась за последние годы ~ на 20%. Выпуск такого количества отливок потребует строительство новых литейных цехов и реконструкции и технического перевооружения старых. При их проектировании следует учитывать структуру выпуска отливок в нашей стране. Так, отливки из чугуна составляют ~ 73,5 % от общего выпуска отливок, стальные отливки ~ 20,4 %, отливки из цветных сплавов ~ 6,1 %.

В последние годы наблюдается общая тенденция увеличения доли отливок из цветных сплавов за счет чугунных и стальных отливок, а также замены стальных отливок отливками из высокопрочного и ковкого чугуна.

1.2. Основные задачи, проблемы и положения в области проектирования литейных цехов и заводов

Основной задачей проектирования является создание производств и предприятий, которые к моменту ввода в эксплуатацию будут на уровне мировых технических достижений. Для ее решения необходимо выполнить и другие задачи:

а) улучшить проектно-сметное дело;

б) повысить ответственность проектных, конструкторских и научных организаций за высокий технический и экономический уровень проектных решений.

Для их выполнения проектировщик должен быть в курсе не только передового отечественного и зарубежного опыта, но и располагать данными об ожидаемых достижениях науки, о перспективах развития техники, т. е. комплексом сведений научно-технического прогноза. Предстоящие достижения следует учитывать в любом проекте. Вместе с тем проектировщик должен быть уверен, что данные этого прогноза отражают реальное положение вещей, что новое лучше старого и к определенному времени будет притворено в жизнь.

Проектировщик должен соблюдать следующие основные положения.

1. Предусматривать оптимальную концентрацию, специализацию и кооперацию проектируемого производства на основе современных технологических процессов и оборудования.

2. Рационально размещать объекты производства на застраиваемой территории.

3. Обеспечить нормальные санитарно-гигиенические условия труда и требования экологии.

4. Проектные решения должны обеспечить высокие технико-экономические показатели и освоение вводимых мощностей в нормативные сроки.

Соблюдение этих положений позволит решить следующие основные проблемы, стоящие перед литейным производством.

1. Существенно улучшить качество отливок путем повышения весовой (массовой) точности, улучшения чистоты поверхности, снижения массы отливки за счет уменьшения толщины стенок и изготовления их из высокопрочных сплавов.

2. Снизить стоимость отливки путем рациональной механизации и автоматизации оптимально выбранных технологических процессов, а также разумной специализации, концентрации и кооперации.

3. Создать безотходное и экологически чистое производство отливок.

2. Организация проектных работ в России. Исходные данные для проектирования

2.1. Принципы организации проектных работ

Проектирование выполняется отраслевыми головными проектными институтами, которые утверждаются (лицензируются) министерствами (ведомствами) РФ с сообщением об этом Госстрою России. Кроме того, Госстроем России установлены (лицензированы) территориальные проектные организации, осуществляющие свои функции на закрепленных за ними территориях РФ. Проектирование ведется на основании задания на проектирование, которое выдает директор завода (часто с согласия министерства). Генеральный проектировщик обычно та проектная организация, которая разрабатывает технологическую часть основного производства или проект основных объектов строительства. Генеральный проектировщик несет ответственность за комплексную разработку проектов и смет, обеспечивающих высокий технический

уровень и экономическую эффективность цехов и заводов. Генеральный проектировщик, т.е. ГИПРО, привлекает для выполнения проекта специализированные проектные организации (ГПИ), которые выполняют по его заданиям отдельные части комплексного проекта, например, строительную, санитарно-техническую, транспортную и другие части проекта. Кроме того, он привлекает территориальные проектные организации, которые разрабатывают схемы генеральных планов заводов, обеспечивают единство строительных решений, согласовывают задание на проектирование.

2.2. Стадии проектирования

Проектирование промышленных предприятий ведется по следующим трем стадиям:

А. Составление задания на проектирование с технико-экономическим обоснованием (ТЭО). На этой стадии по укрупненным показателям разрабатывается ТЭО, подтверждающее целесообразность основных положений задания на проектирование.

Б. Разработка проекта.

В. Разработка рабочего проекта.

2.2.1. Составление проектного задания

Проектное задание должно содержать следующие основные сведения.

1. Данные о номенклатуре и мощности предприятия или цеха, номенклатуру продукции или программу производства (проектную мощность), которую задают в натуральном или ценностном выражении. Как правило, задаваемая для проектирования программа производства должна быть близка к оптимальной мощности, установленной для данного производства. Кроме основной продукции в программе производства указывают запасные части, товары широкого потребления, если они включены в выпуск завода, заготовки, полуфабрикаты и узлы по кооперации, а также прочую продукцию. Если строительство завода ведется по очередям, то программу производства показывают как на полную мощность, так и по очередям.

2. Данные о районе, пункте и площадке для предприятия в целом и его отдельных цехов:

а) климатические характеристики района: среднегодовая, среднемесячная и минимальные температуры воздуха за последние несколько лет; расчетная температура наиболее холодной пятидневки, продолжительность периода со среднесуточными температурами ниже 0⁰С в сутках; годовые осадки, число дней с осадками, максимальное суточное количество осадков; нормативная глубина промерзания; сила, направление и повторяемость господствующих ветров;

б) инженерно-геологические условия: наличие просадочных, вечномерзлых грунтов и других специфических условий; уровень грунтовых вод, возможные его колебания, расположение и мощность водоносных горизонтов, степень агрессивности вод;

в) топографические условия: характер рельефа площадки, перепад отметок, уклоны, затопляемость.

г) общие данные о площадке: ее месторасположение, размеры и конфигурация; в чьем владении находится земля, как она используется в настоящее время, степень ее использования для сельского хозяйства; имеются ли на площадке здания, сооружения, надземные и подземные коммуникации и т.д.

3. Данные о режиме работы завода или цеха, при этом указывается количество смен работы в сутки, продолжительность в часах в рабочей недели, расчетное количество праздничных дней в году.

4. Данные о специализации завода или цеха и кооперировании. В этом разделе указывают намечаемую специализацию проектируемого завода или цеха и связанную с ней степень производственного кооперирования. В зависимости от этого устанавливается объем получения со стороны и выдачи на сторону заготовок, полуфабрикатов, изделий, деталей, узлов. Устанавливается также объем прочих видов кооперирования: по ремонтному обслуживанию, инструменту, таре, транспорту, системам энерго- и водоснабжения, канализации и т.д.

5. Данные о местных источниках снабжения сырьем и топливом. Помимо выше указанных кооперируемых поставок указывают наличие, качество и условие транспортировки местных материалов на завод (топливо, формовочные материалы, лес и т.д.)

6. Данные о способах обеспечения предприятия водой, энергоносителями, транспортом и жильем:

а) водоснабжение: место расположения, мощность и пригодность источников воды для хозяйственных и питьевых целей;

б) энергоснабжение: данные об имеющихся предприятиях и устройствах по выработке и распределению тепла, электроэнергии, газа, сжатого воздуха, пара, возможность получения от них этих ресурсов, их количество, параметры и стоимость и т.д;

в) транспортные связи: условия и место примыкания заводских железных и автодорог к дорогам общего пользования, расстояние и условие транспортировки отходов производства к местам свалки и условия организации этих мест и т.д;

г) жилой фонд: наличие и характеристика имеющегося жилого фонда и степень удовлетворения потребности населения в жилой площади; возможность использования наличного жилищного фонда для постоянного или временного размещения строительных и заводских рабочих; ближайшие населенные пункты, располагающие свободным жилищным фондом.

7. Данные о типах основных зданий и сооружений, объемно-планировочные и конструктивные решения с их обоснованием и отражением общеплощадочной унификации конструкций.

8. Данные об условиях по очистке и сбросу сточных вод и газов: условия отведения всех сточных вод и газов, система очистки сточных вод и газов и место расположения очистных сооружений; места выпуска производственных и ливневых стоков.

К проектному заданию должны быть приложены: карта района, ситуационный план местности, генеральный план участка, план завода и схематичный план цехов.

2.2.2. Разработка проекта (рабочего проекта)

Проект (рабочий проект) разрабатывается на основе утвержденного проектного задания. Он должен быть комплексным и состоять из следующих основных частей: а) производственной или технологической; б) транспортной; в) строительной; г) санитарно-технической; д) энергетической; е) экономической.

Полнота разработки проекта определяется возможностью по его данным производить заказы на все виды оборудования. При разработке проекта необходимо максимально использовать типовые проекты.

2.2.3. Выполнение рабочих чертежей

Рабочие чертежи разрабатываются на основе утвержденного проекта. Они составляются в виде:

а) общих видов (планов и разрезов) с окончательным расположением оборудования, фундаментов для него и с привязкой его к строительным конструкциям здания; коммуникаций, связанных с оборудованием (подводка воды, электроэнергии, воздуха, отсосы, пусковые механизмы);

б) чертежей на специальные виды работ со спецификациями на оборудование и материалы (отопление, вентиляция, водоснабжение, канализация);

в) рабочих чертежей инструмента и приспособлений (модельных плит, стержневых ящиков, опок и т.п.);

г) технологических карт.

План цеха вычерчивается в масштабе 1:100 или 1:200, а разрезы соответственно 1:50 или 1:100.

2.3. Варианты переоборудования действующего производства

1. Техническое перевооружение – переоборудование действующего цеха или завода путем установки более современного оборудования на имеющихся площадях.

2. Реконструкция – переоборудование действующего цеха или завода с одновременным увеличением или созданием складских и вспомогательных площадей.

3. Расширение - переоборудование действующего цеха или завода с созданием новых производственных площадей.

Во всех случаях переоборудования следует разрабатывать проектно-сметную документацию.

3. Общие основы проектирования литейных цехов

3.1. Классификация литейных цехов

Литейные цехи классифицируют по: а) роду литейного сплава; б) характеру (серийности) производства; в) массе одной отливки; г) мощности цехов (годовому производству отливок); д) способам производства и отраслям промышленности, которую они обслуживают.

По каждому из этих признаков цехи делятся на ряд категорий.

По роду сплавов делятся на:

а) чугунолитейные (серого, ковкого, высокопрочного и легированного чугуна);

б) сталелитейные (углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей);

в) цветных сплавов, в том числе цехи тяжелых цветных сплавов (бронзолатунных и цинковых) и цехи легких сплавов (алюминиевых и магниевых).

По серийности различают цехи массового, крупносерийного, серийного, мелкосерийного и единичного производства отливок. При определении серийности производства учитывается масса отливки. Так, например, чтобы характер производства считался массовым необходимо изготавливать отливок массой до 20 кг более 20000 шт., а отливок массой от 5000 до 10000 кг только более 1000 шт., для единичного производства, соответственно, не более 300 и 10 шт. (табл. 1).

Таблица 1

Группы отливок по массе, кг	Годовое количество отливок одного наименования при характере производства				
	массовом	крупносерийном	серийном	мелкосерийном	единичном, не более
До 20	200000	35000-200000	3000-35000	300-3000	300
20-100	100000	15000-100000	2000-15000	150-2000	150
100-500	40000	6000-40000	1000-6000	75-1000	75
500-1000	20000	3000-20000	600-3000	50-600	50
1000-5000	4000	300-4000	100-300	20-100	20
5000-10000	1000	150-1000	50-150	10-50	10

более 1000	-	более 75	25-75	5-25	5
------------	---	----------	-------	------	---

По массе одной отливки литейные цехи делятся на шесть групп: цехи особо мелкого, мелкого, среднего, крупного, тяжелого и особо тяжелого литья (табл. 2).

Таблица 2

Литье	Производство	
	Массовое и крупносерийное	Серийное, мелкосерийное и единичное
	Максимальная масса отливки, кг	
Особо мелкое		
Мелкое	10	100
Среднее	50	1000
Крупное	500	5000
Тяжелое	более 500	20000
Особо тяжелое	-	более 20000

Как видно, каждой группе цехов в зависимости от серийности производства соответствует своя максимальная штучная масса отливки. При достаточной загрузке оборудования отливки первых четырех групп можно изготавливать в одном цехе, но в самостоятельных поточных линиях. Цехи тяжелого и особо тяжелого литья рекомендуется проектировать с минимальной массой отливки более 1 т.

По объему производства различают литейные цехи малой, средней и большой мощности. Это деление до известной степени условно и зависит от характеристики литья по массе и серийности производства.

По способам производства литейные цехи делят на 2 группы:

- 1) цехи, производящие отливки в объемные песчаные формы;
- 2) цехи, где отливки изготавливают специальными способами литья (в оболочковые или металлические формы, под давлением, центробежным и др.)

Отдельную классификационную группу представляют литейные цехи, производящие специальные виды отливок: ванны купальные, изложницы, трубы канализационные и др.

По отраслевому признаку литейные цехи характеризуются своей принадлежностью к какой-либо отрасли и определяют характер и масштабы литейного производства, род сплава и массы отливок. Так, например, цехи автотракторной промышленности являются цехами массового и крупносерийного производства, как правило, большой мощности с выпуском мелких и средних отливок из черных и цветных сплавов.

3.2. Режимы работы

Выбор оптимального режима работы литейного цеха определяется следующими основными факторами:

- 1) масштабом производства;
- 2) характером развеса и максимальной массой отливки;
- 3) серийностью производства;
- 4) родом металла и типом плавильных печей;
- 5) видом технологических процессов изготовления форм.

Основными режимами работы литейных цехов являются ступенчатый (последовательный) и параллельный.

Последовательный (ступенчатый) режим работы характеризуется разделением технологических операций по времени и совмещением их по месту выполнения (отделения, участка). Например, формовку на плацу или в кессонах осуществляют в первую смену, во вторую смену производят заливку форм и в третью – выбивку. По этому режиму работают цехи единичного и реже мелкосерийного производства.

Параллельный режим работы характеризуется совмещением по времени и месту выполнения отдельных технологических операций производства отливок. На этом режиме работают литейные цехи массового, крупносерийного и серийного производства. Цехи с параллельным режимом, как правило, работают в две смены. Третья смена отводится для профилактического ремонта оборудования.

Исключением из этого правила пока являются сталелитейные цехи массового и крупносерийного производства (автотракторные). Эти цехи проектируют на работу по трехсменному параллельному режиму. Всегда в три смены работают термические печи непрерывного действия или печи с длительным циклом, а также цехи, оборудованные мартеновскими печами.

Работа в три смены электрических печей обосновывается тем, что ежесуточный перерыв в работе электрических печей влечет за собой повышенный расход электроэнергии и огнеупоров. Однако имеются данные, которые ставят под сомнение этот вывод и показывают, что при соответствующей организации производства и ухода за футеровкой плавильной печи это обстоятельство отпадает.

Работа плавильных электрических печей при двухсменном режиме работы организуется следующим образом. В конце работы второй смены, после выпуска последней плавки, печь, как обычно, заправляется и загружается шихтой. Затем плотно закрывается садочное и выпускное окна печи, засыпаются песком или

заделываются глинистой массой все щели вокруг дверок и на своде вокруг электродов и в таком виде печь оставляется до утра следующих суток. За 1-1.5 часа до начала первой смены специально вышедший на подготовку сталевар по графику начинает включать печи. За ночь, загруженная накануне в печь шихта, прогревается за счет тепла печи от последней плавки, и процесс расплавления идет быстрее и с меньшим расходом электроэнергии. Стойкость футеровки при таком режиме работы практически не уменьшается.

Литейные цехи, работающие по одному из указанных режимов, могут иметь отделения, участки или отдельные виды оборудования, работающие по режиму, отличному от основного режима цеха. Например, в ремонтно-литейных цехах, кроме отделения плацевой формовки, работающего по ступенчатому трехсменному режиму, могут быть отделения формовки с конвейерной или рольганговой системой транспортировки. Последние работают, как правило, по двухсменному параллельному режиму.

3.3. Фонды времени

При проектировании различают три вида годовых фондов времени: а) календарный; б) номинальный или режимный; в) эффективный или расчетный.

Кроме того, различают фонды времени работы рабочих и оборудования. Полный календарный годовой фонд времени Φ_k (в часах) одной единицы оборудования равен произведению числа часов в сутках на число календарных дней в году ($24 \times 365 = 8660$ час.). Φ_k используется только при расчетах складских помещений и количества кессонов и площади плацев на операции охлаждения тяжелых и особо тяжелых отливок.

Номинальный годовой фонд времени работы Φ_n – время в часах, в течение которого могла бы выполняться работа рабочего и оборудования при заданном режиме работы, если бы не было никаких неизбежных потерь. Φ_n оборудования определяется исключением из Φ_k количества часов, приходящихся на выходные и праздничные дни, на нерабочие смены, обеденные и межсменные перерывы, а также на сокращенные смены в предпраздничные дни. Φ_n оборудования при 40-часовой рабочей неделе с непрерывным характером работы составляет при 1-сменной работе 2070 часов, при 2-сменной работе – 4140 часов, при 3-сменной – 6210 часов, а при непрерывном характере работы 6504 часов. Φ_n рабочих является одинаковым независимо от принятого графика работы и равен для производств с 40-часовой рабочей неделей 2070 часов.

Однако Φ_n не может быть полностью использован, так как даже в хорошо организованном производстве имеются неизбежные потери времени по ряду причин, поэтому при проектировании для определения потребного количества оборудования и численности рабочих применяют эффективные фонды времени работы $\Phi_э$, выражающие время, которое в проектных расчетах может быть полностью использовано для загрузки оборудования и рабочих производственной работой. При определении $\Phi_э$ работы рабочих из Φ_n вычитают время невыходов рабочих по следующим причинам: 1) очередной и профессиональный отпуск; 2) отпуск для учебы; 3) болезнь; 4) отпуска женщинам по беременности, родам и уходу за ребенком; 5) время на кормление грудных детей; 6) сокращение продолжительности рабочего дня подростков от 16 до 18 лет; 7) выполнение государственных обязанностей.

Для определения $\Phi_э$ работы оборудования из номинального фонда времени Φ_n , исключают затраты времени для пребывания оборудования в плановых ремонтах. Часть среднего ремонта, малые ремонты, профилактические работы по осмотру и проверке оборудования следует выполнять в выходные дни, а при 2-сменном режиме работы оборудования и в 3 смену. Значения $\Phi_э$ берут из справочника. Простои оборудования, вызванные недостатками организации производства и регламентируемые перерывы для отдыха, устанавливаемые в конвейерном и других производствах, в расчетах эффективных фондов не учтены. Их вводят дополнительно при расчете количества оборудования и численности рабочих в конкретных проектах. Это может быть учтено, в частности, при расчете коэффициентов использования оборудования.

3.4. Структура литейного цеха

Литейный цех можно разделить на производственные и вспомогательные отделения и складские помещения.

К производственным отделениям относят:

- 1) плавильное, включая участок навески шихты;
- 2) формовочно-заливочно-выбивное, включая сушильные установки и участок литых каркасов;
- 3) стержневое, включая сушильные установки и склад стержней;
- 4) смесеприготовительное для формовочных и стержневых смесей;
- 5) термоочистное, включая участки гидроиспытания, исправления дефектов литья и грунтовки отливок.

К вспомогательным отделениям и участкам относят:

- 1) смесеподготовительное отделение, состоящее из участков сушки и просева песка, размола глины и угля, приготовления глинистой суспензии, плакированного песка и подготовки маршалита;
- 2) ковшовые, включающие участки приготовления огнеупорных материалов, ремонта ковшей, сводов, набивки тиглей и набора и сушки стопоров;

- 3) цеховые лаборатории (экспресс-химические для обслуживания плавильных агрегатов, формовочных материалов и др.);
- 4) ремонтно-механические и электроремонтные мастерские;
- 5) мастерская ремонта модельно-опочной оснастки;
- 6) участки получения защитной газовой атмосферы и приготовления проволочных каркасов;
- 7) общецеховые пульты систем управления;
- 8) силовые трансформаторы, подстанции, вентиляционные установки, насосные станции и др.

В состав складских помещений включают склады:

- 1) шихтовых материалов и кокса с разгрузочным устройством;
- 2) формовочных материалов с разгрузочным устройством;
- 3) флюсов;
- 4) огнеупорных и вспомогательных материалов и связующих;
- 5) цеховые готовых отливок и слитков;
- 6) опок и изложниц;
- 7) цеховые модельной оснастки;
- 8) стержневых ящиков, драйеров и плит;
- 9) цехового механика;
- 10) кладовые разных вспомогательных материалов.

4. Составление производственной программы

4.1. Понятие об исходных данных на проектирование и их анализ

Анализ задания на проектирование производится по всем имеющимся в нем сведениям, которые являются исходными для проектирования. В первую очередь анализируют исходные данные для технологической части проекта, основные из которых: 1) производственная программа выпуска отливок; 2) полный комплект чертежей, спецификации и технические условия на литые детали изделий; 3) нормы технологического проектирования; 4) номенклатура запасных частей с указанием количества на годовую программу и др.

При этом определяется по существующей классификации характер проектируемого цеха (завода): 1) по виду литейного сплава; 2) по отраслевому принципу (специализации); 3) по развесу отливок; 4) по мощности; 5) по сложности и ответственности отливок; 6) по серийности.

Задание на проектирование может быть дано:

- в тоннах годового выпуска годных отливок цехом (заводом);
- в комплектах деталей для обеспечения выпуска заводом определенного количества изделий (тракторов, двигателей, станков и т.п.).

В первом случае при составлении программы по заданной массе определяют количество отливок либо каждого наименования, если номенклатура задана (точная, приведенная программа), либо в каждой массовой группе (условная программа).

Во втором случае по заданному количеству комплектов деталей определяют мощность литейного цеха в единицах массы.

Отсюда делается вывод о виде программы (точная, приведенная, условная), наиболее рациональных технологических процессах и степени механизации их. Устанавливается и обосновывается режим работы цеха (завода) и его подразделений. Устанавливаются в связи с режимом работы цеха годовые фонды времени работы рабочих и оборудования.

Затем выясняются особенности задания, связанные с географическим положением пункта проектирования (климатические, инженерно-геологические, топографические условия); расположением основных поставщиков материалов, сырья, полуфабрикатов и потребителей продукции; водоснабжением, электроснабжением, транспортными связями, канализацией и т.д. Указывается, как все эти данные будут влиять на проектируемый цех и его экономику.

Например: 1. Высокий уровень грунтовых вод (<2 м) значительно удорожает строительство и эксплуатацию цехов в одноэтажном исполнении, т.к. требует гидроизоляции приямков, траншей, тоннелей, подвалов, фундаментов. В этом случае часто целесообразно строительство цехов в двухэтажном исполнении.

2. В зависимости от географического положения пункта определяется нормативный запас материалов на складе и т.п.

3. Господствующее направление ветра, определяемое по розе ветров, предъявляет требования по ориентированию площадки строительства относительно этого направления таким образом, чтобы создать наиболее благоприятные условия для аэрации зданий и естественного проветривания заводской территории.

4.2. Способы выражения производственной программы, ее виды и область применения

Производственной программой называют перечень продукции, которая должна быть изготовлена заводом (цехом) за установленный период (год, квартал, месяц). Она может быть выражена в натуральных единицах (штуках), ценностных (рублях).

В литейном производстве имеют место два способа выражения программы: а) в тоннах годового выпуска годных отливок, т.е. в единицах массы; б) в комплектах деталей для обеспечения годового выпуска определенного количества изделий заводом, т.е. в натуральных единицах (штуках).

При этом программа, выраженная в тоннах годных отливок, часто приводится к количеству отливок определенных наименований, выдаваемых цехом в течение года. В производственную программу включают только товарную (реализованную) продукцию.

Различают следующие виды задаваемой для проектирования предприятия (цеха) программы: а) точная (развернутая); б) приведенная; в) условная.

Точной называют программу, в которой номенклатура подлежащих изготовлению изделий (отливок) точно установлена и по этим изделиям полностью имеются исходные данные (чертежи, спецификации, технические условия). В этом случае номенклатура отливок обычно не превышает 40 шт. При большем количестве наименований может применяться приведенная программа.

Приведенной называют программу, включающую не все подлежащие изготовлению изделия (отливки), а только часть их, которые называются представителями. К этим представителям приводят остальные изделия развернутой программы.

Приведенную программу применяют в следующих случаях:

1. Если номенклатура подлежащих изготовлению изделий известна, но весьма обширна. В этом случае в качестве представителей принимают основные изделия, по которым и выдают исходные данные для проектирования. Под основными понимают изделия, имеющие наибольший удельный вес в программе выпуска.

2. Если исходные данные имеются только на часть номенклатуры подлежащих изготовлению изделий, к которым приводят остальные изделия.

Приведение программы заключается в пересчете всей номенклатуры изделий развернутой программы на ограниченное количество изделий-представителей по коэффициентам приведения.

Условной программа называется в том случае, если точные характеристики подлежащих изготовлению и исходные данные для них отсутствуют, а номенклатура изделий задана условно. Поэтому в качестве представителей в этом случае принимают другие известные аналогичные изделия, на которые имеются исходные данные и к которым приводят заданную условную программу. Условная программа применяется при мелкосерийном и единичном производстве, как правило, крупного и тяжелого литья. При этом расчет ведется по укрупненным показателям.

4.3. Точная программа

Если при анализе задания на проектирование установлено, что на всю номенклатуру отливок, подлежащих изготовлению в проектируемом цехе, имеется исчерпывающая документация, а количество наименований отливок в номенклатуре не превышает 40 шт., то составляется точная программа по форме 1.

Она характерна для цехов массового и крупносерийного производства с ограниченной номенклатурой отливок. Эту форму заполняют с разбивкой по видам и маркам сплавов, группам по массе в порядке возрастания номеров деталей.

Форма 1

№ п/п	№ детали	Наименование детали	Материал и марка	Масса, кг		Количество на изделие		Годовая программа выпуска отливок						
				детали	отливки	шт.	масса отливок	на основную программу			на запасные части		Всего	
								шт.	т	%	шт.	т	шт.	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	XY		Ст.	9,8	10	2	20	2000	20	10	200	2	2200	22,0
2			45Л	4,9	5	3	15	3000	15	15	150	0,75	3150	15,75

Заполнение граф 2-8 обычно не вызывает затруднений. Графы же 9-15 заполняют следующим образом. Сначала в графу 11 записывают процент запасных частей по отношению к основной продукции (по данным базового завода). Затем подсчитывают массу условного комплекта $m_{у.к.}$ отливок одного наименования на изделие с учетом запасных частей. Для этого в комплект необходимо включить запасные части и, соответственно, увеличить суммарную массу отливок на одно изделие:

$$гр.8 + \frac{гр.8 \cdot гр.11}{100} = m_{у.к.}$$

Затем заданную годовую массу отливок в тоннах делят на суммарную массу условных комплектов и получают годовое количество условных комплектов $N_{у.к.}$. Если полученное число умножить:

1) на количество штук отливок на изделие (гр.7), то получится годовая программа выпуска отливок определенного наименования в штуках:

$$гр.9 = гр.7 \cdot N_{у.к.}$$

2) массу отливок на изделие (гр.8), то получится годовая программа выпуска отливок определенного наименования в тоннах:

$$\text{гр.10} = N_{\text{у.к.}} \cdot \text{гр.8}$$

Имея данные граф 2-11, а также массу условного комплекта и их годовое количество для отливок одного наименования, легко заполнить графы 12-15. При этих подсчетах удобно пользоваться промежуточной формой 2.

Пример 1. Пусть необходимо выпустить 37750 кг отливок X и Y, массой m 10 и 5 кг, которые идут на изделие в количестве 2 и 3 шт., соответственно. На запасные части приходится 10 и 5 % от основной программы. Требуется определить годовое количество этих отливок.

Масса комплекта отливок на изделие m_k : $2 \cdot 10 = 20$ кг; $3 \cdot 5 = 15$ кг. Масса условного комплекта отливок $m_{\text{у.к.}}$: $20 + \frac{20 \cdot 10\%}{100} = 22$ кг, $15 + \frac{15 \cdot 5\%}{100} = 15,75$ кг. Тогда количество условных комплектов $n_{\text{у.к.}}$ будет: $37750 : (22 + 15,75) = 1000$ шт.

Годовое количество отливок X и Y: на основную продукцию: $1000 \cdot 2 = 2000$ шт.; $1000 \cdot 3 = 3000$ шт.; на запасные части: $2000 \cdot 10\% = 200$ шт.; $3000 \cdot 5\% = 150$ шт.; всего $2000 + 200 = 2200$ шт.; $3000 + 150 = 3150$.

Годовая масса отливок X и Y: на основную продукцию: $1000 \cdot 20 = 20000$ кг, $1000 \cdot 15 = 15000$ кг; на запасные части: $20000 \cdot 10\% = 2000$ кг; $15000 \cdot 5\% = 750$ кг; всего: $20000 + 2000 = 22000$ кг; $15000 + 750 = 15750$ кг; $22000 + 15750 = 37750$ кг. Эти вычисления сделаны для проверки предыдущего расчета. Исходные данные и результаты расчета помещены в ф. 1 и 2.

Форма 2

№ п/п	Номер отливки	Наименование отливки	Материал и марка	Характеристика отливки			Количество отливок на изделие, шт.	Масса комплекта отливок, кг	Проц. запасных частей	Масса условного комплекта отливок, кг
				масса, кг	габариты, мм	масса стержней на отливку, кг				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Первая группа от 0 до 10 кг										
1.	X		Ст.45Л	10			2	20	10	22
2.	Y			5			3	15	5	15,75
Итого по группе										
Среднее по группе										
2. Вторая группа от 20 до _____ кг и т.д.										

4.4. Приведенная программа

Эта программа характерна для цехов серийного производства с номенклатурой до 5000 наименований при повторяемости 200 шт. в год по каждому наименованию. Она составляется, если:

- 1) номенклатура подлежащих изготовлению изделий (отливок) известна, но весьма обширна (>40 шт.);
- 2) исходные данные имеются только на часть номенклатуры.

В первом случае в ф.1 заносят данные об отливках-представителях, которые выбирают из полной спецификации (ф.2) с учетом развеса, сложности, габаритов и т.д. (по рекомендациям лекций). Иными словами, точную развернутую программу сокращают до приведенной.

Если в задании на дипломный проект указан определенный развес отливок, то в спецификацию включают отливки базового цеха только в пределах данного развеса. При выпуске заводом нескольких изделий допускается выбрать отливки для одного-двух изделий, включая и унифицированные, применяемые в нескольких разных изделиях.

При составлении приведенной программы на промежуточном этапе удобно совмещать формы 1 и 2. Это показано условным примером 2.

Пример 2. Пусть дана развернутая программа из 16 наименований отливок развесом от 7 до 180 кг со всеми данными, изготавливаемых из одного сплава в количестве 15 тыс. т годных отливок в год. Необходимо составить приведенную программу из 8 наименований (табл. 3).

Сначала заполняют форму 2 "Полная спецификация отливок", куда заносят необходимые данные по всем отливкам с разбивкой на 6-8 групп по массе (графы 2-9). При этом диапазон массы отливок в каждой группе выбирается в зависимости от максимальной и минимальной масс отливок в полной спецификации. Определение массы условного комплекта отливок (с учетом запасных частей) ведут аналогично примеру 1.

Определяют суммарную массу условных комплектов отливок по каждой группе, а также в целом (гр.9).

Определяют годовое количество условных комплектов отливок каждого наименования путем деления годовой массы отливок по заданной программе на суммарную массу условных комплектов всех наименований отливок, т.е. 15000 т : 1500 кг=10000 условных комплектов.

Определяют годовую массу отливок каждого наименования умножением годового количества условных комплектов на массу одного условного комплекта: 10000 шт.·77 кг=770 т и т.д.

Определяют суммарную годовую массу отливок по каждой группе и по всей номенклатуре. В результате получают заданные по развернутой программе 15000 т (гр.11).

Из каждой массовой группы отбирают отливки-представители, которые будут включены в приведенную программу (ф.1).

Таблица 4 (пример 3)

Изделия	Полная программа			Переводной коэффициент	Приведенная программа												
	Масса одного изделия, кг	Годовой выпуск изделий			Приведенный выпуск		Группа I 0-30 кг		Группа II 30-50 кг		Группа III 50-100 кг		Группа IV 100-500 кг		Группа V 500-2000 кг		
		шт.	т		шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Токарный станок мод. А	1600	1500	2400														
Токарный станок мод. В	1830	4000	7320	2,732	10928	20000	35 382680	0,25 2732	4 43712	0,13 1420	3 32784	0,21 2294	2 21856	0,44 4808	1 10928	0,8 8742	
Фрезерный станок мод. С	1200	1000	1200														
Фрезерный станок мод. Д	1100	800	880														
Отрезной станок мод. Е	1400	3000	4200														
Отрезной станок мод. Н	1333	3000	4000														
Итого		13300	20000		10928	20000	382680	2732	43712	1420	32784	2294	21856	4808	10928	8742	

Примечание: во второй строчке таблицы в числителе приводится количество и масса отливок каждой группы на один станок-представитель, в знаменателе – количество и масса на годовую программу.

Количество представителей берется, как правило, пропорционально количеству отливок в данной группе. Однако возможны ситуации, когда в группе с максимальной массой может быть 3-4 отливки и все они включаются в программу, а из группы мелкого развеса с большим количеством наименований может быть отобрано всего 50-60% отливок.

В число отливок-представителей обязательно включается отливка с наибольшими габаритными размерами данной группы. Отливки-представители должны подбираться так, чтобы средняя масса стержней на отливку в каждой группе, подсчитанная для выбранных представителей, отличалась не более 5-7% от соответствующей цифры полной спецификации. Так как суммарная масса отливок-представителей меньше массы отливок полной спецификации, количество отливок на программу должно пропорционально увеличиваться.

По каждой группе определяют переводной коэффициент делением годовой массы отливок по этой группе в развернутой программе на годовую массу отливок-представителей: (гр. 11:гр. 12)

$$K_1=4030 \text{ т}:2640 \text{ т}=1,53; K_2=4425 \text{ т}:3585 \text{ т}=1,23;$$

$$K_3=1745 \text{ т}:440 \text{ т}=3,97; K_4=4800 \text{ т}:1650 \text{ т}=2,9.$$

Определяют приведенную годовую массу каждого наименования отливок-представителей в пересчете на приведенную программу: 770 т·1,53=1180 т и т. д. (гр. 13). Сумма приведенных годовых масс каждого наименования отливок-представителей дает заданные 15000 т, но уже по приведенной программе.

В заключение определяют годовое количество каждого наименования отливок-представителей делением приведенной годовой массы отливок каждого наименования на массу одной отливки: 1180т:7кг=168500 шт. и т. д. (гр. 13:гр. 3).

В случае отсутствия исходных данных на часть подлежащих изготовлению однотипных изделий (отливок) в качестве изделий-представителей принимают те, на которые эти данные имеются.

Пример 3. Пусть необходимо составить приведенную программу чугунолитейного цеха мощностью 20000 т годных отливок в год для обеспечения выпуска ряда моделей металлорежущих станков А, В, С, Д, Е, Н (табл. 4). Исчерпывающие исходные данные имеются только на токарный станок мод. В.3.1. Приводим всю программу цеха к отливкам токарного станка мод. В. с выпуском 4000 шт. в год и массой отливок для их изготовления 7320 т. Переводной коэффициент равен: 20000/7320=2,732. Общее число станков по приведенной программе: 4000 шт.·2,732=10928 шт.

Определяем годовую массу по каждой группе приведенной программы, перемножая массу отливок в этой группе, приходящуюся на 1 станок мод. В, на приведенное количество этих станков: 0,25т·10928=2732 т и т.д.

Определяем годовое количество отливок в каждой группе приведенной программы, перемножая количество отливок в этой группе, приходящихся на 1 станок мод. В, на приведенное годовое количество этих комплектов: $35 \cdot 10928 = 382680$ шт. и т.д.

По полученным итоговым данным приведенной программы составляют развернутую программу по форме 1 с переходом к конкретным наименованиям отливок станка В.

4.5. Условная программа

Если точные характеристики подлежащих изготовлению изделий и исходные данные для них отсутствуют, а номенклатура задана условно с разбивкой на группы по массе, видам и маркам сплавов, то составляется условная программа. Она характерна для цехов мелкосерийного и единичного производства, имеющих, как правило, обширную номенклатуру отливок (>500 наименований). Программу составляют по форме 3, используя данные подобных действующих цехов, в т.ч. базового.

Пример 4. Пусть необходимо составить условную программу сталелитейного цеха мощностью 100 тыс. т. в год отливок металлургического оборудования. В задании на проектирование (см. форму 3) указано, что 24% от годового выпуска приходится на отливки развесом 2 - 10 т, 34% - (10 - 24 т), 42% - (24 - 60 т).

Форма 3 (пример 4)

Марка сплава	Группа по массе, т	Характеристика отливки в группе				Годовой выпуск отливок	
		по массе, т		по габаритам (l×b×h), м			
		максимальная	средняя	максимальная	средняя	т	шт.
1	2	3	4	5	6	7	8
Ст. 30Л	2-10	10	6	6×3×2	3,5×1,0×0,8	24000	4000
Ст. 30Л	10-24	24	16	7×4×3	4,6×3×2	34000	2125
Ст. 30Л	24-60	60	42	13×4,5×3,5	6×3,8×2,5	42000	1000
Итого						100000	7125

В каждой группе определяем, т. к. она не задана, среднюю массу отливки, которую примем в качестве представителя для разработки конкретной технологии и сравнения со средними показателями для данной группы аналогичных литейных цехов (в т.ч. базового).

Определяем условное годовое количество отливок в каждой группе: $24000 \text{ т} : 6 \text{ т} = 4000$ шт. и т.д. (см. ф.3).

4.6. Составление производственной программы, выраженной в комплектах деталей

В этом случае запасные части (гр. 3, 5 формы 4) принимают сверх заданного количества деталей (гр. 4). Чтобы из механических цехов могло быть выдано заданное количество комплектов деталей (гр. 7), литейные цехи должны подать большее количество отливок (гр. 10), увеличенное на величину брака по вине механического цеха (обычно 0,2-0,3 % от годных отливок), т.е. $\text{гр. 10} = \text{гр. 7} + \text{гр. 9}$. Форму 4 заполняют с разбивкой по видам и маркам сплавов, группам по массе. Данные граф 11 и 12 получают умножением, соответственно, массы детали и отливки на данные графы 10. Разность итоговых данных граф 12 и 11 дает количество стружки, которое необходимо учесть в составе шихты.

Форма 4 (пример 5)

№ детали	Наименование детали	Марка сплава	Количество деталей в год				Брак механических цехов		Годовой выпуск литейного цеха		
			по основной программе, шт.	запасные части		всего, шт.			шт.	Масса, т	
				%	шт.					деталей	отливок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
А	Блок	СЧ20	200000	0,5	1000	201000	0,2	402	201402	76500	80600
Б	Головка	СЧ20	400000	1,0	4000	404000	0,15	606	404606	35980	40460
Итого			600000		5000	605000		1008	606008	112480	121060

Пример 5. Пусть необходимо составить производственную программу чугунолитейного цеха для обеспечения литыми деталями “А” и “Б” выпуска 200000 изделий в год. Масса деталей, соответственно, 380 и 89 кг, отливок - 400 и 100 кг; брак по вине механических цехов - 0,2 и 0,15 %; в запасные части - 0,5 и 1,0 %; на изделие - 1 и 2 детали. Результаты расчета помещены в ф.4.

5. Производительность оборудования и его использование

Различают следующие виды производительности: технологическая $f_{\text{техн}}$, цикловая $f_{\text{ц}}$, техническая $f_{\text{т}}$, действительная $f_{\text{д}}$.

5.1. Согласно основным положениям теории производительности производительным является только то время, которое затрачивается на непосредственное технологическое воздействие, т.е. время t_p рабочих ходов. Технологическая производительность определяется по циклограмме технологического процесса с учетом времени t_p технологических операций, выполняемых на одном рабочем месте, т.е.

$$f_{\text{техн}} = \frac{3600}{t_p} \left[\frac{\text{шт}}{\text{ч}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \frac{\text{м}^2}{\text{ч}}, \frac{\text{т}}{\text{ч}} \right].$$

Пример 6. Встряхивающе-прессовая формовочная машина модели 22111 выполняет две технологические операции: уплотнение смеси $t_p=16$ с и протяжку модели $t_p=2$ с. Ее технологическая производительность: $3600/18=200$ ф/ч. Если протяжку модели осуществить на другом рабочем месте, то $f_{\text{техн}}$ возрастет до $3600/16=225$ ф/ч.

Однако для получения полуформы на этой машине необходимо выполнить и другие, так называемые подготовительно-заключительные операции: подача и установка опоки на стол машины, установка наполнительной рамки, заполнение опоки смесью, удаление готовой полуформы, не выполняемые машиной. Время этих операций, называемых подготовительно-заключительными $t_{п.з}$ составляет 12 с. При встраивании машины в автоматическую линию подготовительно-заключительные операции выполняются соответствующими механизмами без участия рабочего и время работы этих механизмов называется временем холостых ходов t_x . Таким образом, длительность рабочего цикла $t_{\text{ц}}$, в течение которого изготовлена полуформа, равно:

- в неавтоматизированном производстве $t_{\text{ц}}=t_p+t_{п.з}$;
- в автоматизированном производстве $t_{\text{ц}}=t_p+t_x$.

5.2. Цикловая производительность оборудования - количество годной продукции, вырабатываемой им в единицу времени при реальном его конструктивном воплощении и условии бесперебойной работы. Она определяется по формуле:

$$f_{\text{ц}} = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} \left[\frac{\text{шт}}{\text{ч}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \frac{\text{м}^2}{\text{ч}}, \frac{\text{т}}{\text{ч}} \right].$$

Для машины 22111 $f_{\text{ц}}=3600 \text{ с}/30 \text{ (с/ф)}=120$ ф/ч. В автоматах и автоматических линиях непрерывного действия $t_x=0$ и цикловая производительность равна технологической. В остальных случаях она меньше ее и определяется по формуле: $f_{\text{ц}} = \eta \cdot f_{\text{техн}}$.

Величина η называется коэффициентом производительности и характеризует степень непрерывности протекания технологического процесса в машине или линии. Для машины 22111 $\eta=120/200=0,6$. Это означает, что возможности, заложенные в технологическом процессе, использованы только на 60%. Чем выше степень непрерывности технологического процесса ($\eta \rightarrow 1$), тем удачнее решены задачи конструирования механизмов и устройств, тем выше конструктивное совершенство линии. Таким образом, технологическая и цикловая производительности характеризуют оборудование как с точки зрения прогрессивности технологического процесса, положенного в основу оборудования, так и конструктивного совершенства ее механизмов и устройств, систем управления и т.д.

Следует отметить, что длительность рабочего цикла и всех его элементов может изменяться в процессе работы оборудования. Так, время подготовительно-заключительных операций существенно зависит от квалификации рабочего. В автоматическом оборудовании длительность рабочего цикла изменяется в меньшей степени. Причинами изменений могут быть: зависимость времени срабатывания гидравлических механизмов от температуры и вязкости масла, а пневматических механизмов от колебаний давления воздуха в сети; степень износа инструмента и оснастки; износ уплотнения пневмо- и гидроцилиндров; колебания в твердости заготовок; текучести формовочной смеси и т. д. В проектных же расчетах автоматического оборудования пользуются средней паспортной длительностью рабочего цикла и поэтому технологическая и цикловая производительности принимаются постоянными.

5.3. На практике цикловая производительность недостижима из-за неизбежных простоев, которые называются внецикловыми.

Внецикловые простои разделяются на простои по техническим $t'_{\text{тех}}$ и организационно-техническим причинам $t'_{\text{орг}}$. Промежуточное положение занимают простои $t'_{\text{см}}$, связанные с переналадкой оборудования на выпуск продукции другого наименования.

5.3.1. К техническим простоям относят потери времени по следующим причинам (на примере автоматической литейной линии):

а) простои по инструменту t'_i . В эти простои входит время t'_i , которое линия простаивает из-за неработоспособности инструментов: смена неожиданно вышедшей из строя модели (опоки, заливочного ковша, фрезы для вырезания стояка, чаши и вент каналов) на годную; регулирование, подналадка, мелкий

ремонт (зачистка, затяжка) моделей отливок, литниковой системы, воронок, центрирующих и направляющих штырей и втулок, заливочных ковшей; ожидание слесарей-модельщиков и т.п. $t'_{и}$ до 2%;

б) простои из-за брака $t'_б$. Когда инструмент и механизмы работают, но годной продукции нет и время, затраченное на выпуск бракованной продукции, относится к простоям ($t'_б$ до 6-8%). В литейном производстве эти простои учитывают при расчете программы запуска;

в) простои по оборудованию $t'_{об}$ из-за неработоспособности механизмов и устройств вследствие неожиданных поломок, отказов в работе, разрегулирования, загрязнения, износа и т.д. Это время на ремонт и регулирование механизмов, замену преждевременно изношенных деталей и узлов, получение запасных частей, устранение отказов оператором, ожидание наладчика, ремонтного мастера, слесарей, электриков и т.д.

Примеры причин этих простоев: зависание смеси в бункере; неточная подача и несрабатывание конечного выключателя; засорение устройства обдува и опрыскивания моделей; разрегулирование механизма протяжки моделей; некачественная очистка лада модельной плиты и опоки от формовочной смеси; засорение лада плиты и опоки смесью, упавшей с опоки; наличие металла, приварившегося к опоке, и т.п. $t'_{об}$ до 11%.

Таким образом, $t'_{тех} = t'_{и} + t'_б + t'_{об}$. Потери времени $t'_{тех}$ иногда называют собственными.

5.3.2. К организационным простоям относят потери времени по следующим причинам: а) простои из-за предыдущих участков (отсутствие металла 2%, смеси 3%, моделей, стержней 2%, ковшей; простои транспорта, подвозящего эти материалы, и т.п.); б) простои последующих участков (простои транспорта оборотной смеси, выбитых отливок и т.п.); в) подготовка к работе и уборка 1,8%, г) контроль качества форм, полуформ; д) несвоевременный приход и уход рабочих; отсутствие электроэнергии, сжатого воздуха и т.д. $t'_{орг}$ до 15-19%.

5.3.3. К простоям при переналадке оборудования на изготовление продукции другого наименования относят потери времени $t'_{см}$ на смену моделей отливок, литниковой системы и воронок, фрез для вырезания стояка и чаши; замену программоносителя и т.п. Если переналадка осуществляется в нерабочее время (обеденный и межсменный перерыв, третья смена), то время $t'_{см}$ не влияет на производительность линии и не учитывается в расчете. В случае переналадки в рабочее время $t'_{см}$ необходимо учитывать при расчете количества оборудования. В современных автоматических линиях смена моделей может производиться в цикле работы линии, и поэтому $t'_{см}$ не учитывают.

5.4. Влияние внецикловых простоев на производительность оборудования оценивают с помощью коэффициента использования $K_{ис}$, который численно равен доле времени работы машины $t_{ц}$ в общем периоде наблюдения $t'_{набл}$. В проектных расчетах количества оборудования $t'_{набл} = \Phi_{э}$.

$$K_{ис} = \frac{t'_{ц}}{t'_{набл}} = \frac{t'_p + t'_x}{(t'_p + t'_x) + t'_{тех} + t'_{орг}}$$

Фактическая (действительная) производительность f_d оборудования - производительность реальной машины в реальных условиях эксплуатации с учетом потерь:

$$f_d = K_{ис} \cdot f_{ц} = \frac{3600}{(t'_p + t'_x) + t'_{орг} + t'_{тех}}$$

5.5. При сравнительном анализе и выборе из нескольких вариантов оборудования пользуются технической производительностью, которой является производительность реальной машины при условии обеспечения ее всем необходимым с учетом лишь собственных потерь.

$$f_T = K_{т.и.} \cdot f_{ц} = \frac{3600}{t'_p + t'_x + t'_{тех}}$$

Здесь

$$K_{т.и.} = \frac{t'_{ц}}{t'_{набл} - t'_{орг}} = \frac{t'_p + t'_x}{t'_p + t'_x + t'_{тех}}$$

коэффициент технического использования. Для литейных линий $K_{т.и.} = 0,8 - 0,9$.

Важным показателем надежности оборудования является среднее время восстановления t_v отказа, которое затрачивается на обнаружение, устранение причин отказов и ремонт по устранению его последствий. Вычисляется как математическое ожидание времени восстановления работоспособности.

$$t_v = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} t_{пр,i}}{N_B},$$

где $t_{пр,i}$ - продолжительность отдельных простоев линии при восстановлении ее работоспособности после отказа, мин.;

N_B - число простоев по техническим причинам.

Значения $K_{т.и.}$ и t_v некоторых механизмов автоматических формовочных линий, приходящиеся на 1 час его работы, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Механизмы	$K_{т.и.}$	t_v , мин.
1	2	3
Формовочные автоматы:		
многопозиционные	0.880 – 0.920	5.4 – 8.4
однопозиционные	0.900 – 0.940	4.2 – 6.6
Механизмы выбивки:		
выбивные решетки	0.900 – 0.980	1.2 – 6.6
прошиватели	0.890 – 0.950	3.0 – 7.2
Механизмы сборки форм:		
на литейном конвейере	0.940 – 0.970	1.8 – 4.2
стационарные	0.950 – 0.980	1.2 – 3.0
Кантователи	0.940 – 0.980	1.2 – 4.2
Распаровщики	0.900 – 0.980	1.2 – 6.6
Грузоукладчики	0.900 – 0.960	2.4 – 6.6
Литейные конвейеры	0.920 – 0.990	0.6 – 5.4
Шагающие конвейеры	0.900 – 0.980	1.2 – 6.6
Приводные рольганги	0.998 – 0.999	0.0 – 0.1
Сталкиватели	0.991 – 0.994	0.4 – 0.5
Пнеumoцилиндры	0.994 – 0.998	0.1 – 0.4
Гидроцилиндры	0.992 – 0.995	0.3 – 0.5
Электроприводы	0.998 – 0.999	0.0 – 0.1

5.6. Раньше при расчетах количества оборудования использовался коэффициент загрузки K_z , который равен доле времени, когда данное оборудование загружено (обеспечено всем необходимым) в данных конкретных условиях, т.е.

$$K_z = \frac{(t'_p + t'_x) + t'_{тех}}{(t'_p + t'_x) + t'_{тех} + t'_{орг}} = \frac{K_{ис}}{K_{т.и.}}$$

6. Расчет количества оборудования

Технологическое литейное оборудование бывает периодического (дуговые и индукционные печи, одночашечные смесители с вертикальными катками, камерные печи и т.п.) и непрерывного действия (вагранка, шнековый смеситель, проходные печи и т.п.).

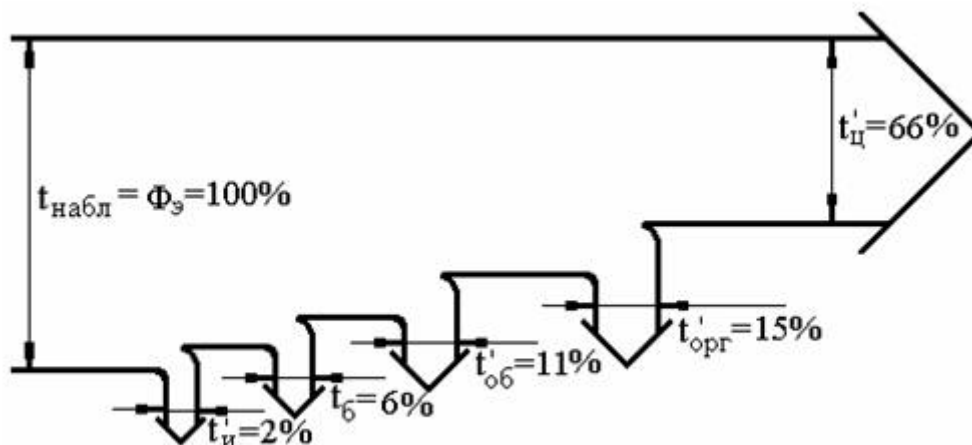


Рис 5.1. Диаграмма баланса затрат Φ_z

В проектных расчетах часть оборудования периодического действия с малым периодом работы (менее 15 мин.) относят к непрерывному (формовочные и стержневые машины, смесители и т.п.). Такое оборудование имеет часовую производительность $f_{ц}$, т.е. в течение часа выдает продукцию (формы, стержни, отливки, смесь и т.д.) не менее 4 раз.

Расчет количества единиц оборудования непрерывного и периодического ($t_{ц} > 5$ мин.) действия различен.

6.1. Расчет количества единиц многих видов оборудования, имеющего часовую производительность, ведут по формуле:

$$n_p = \frac{N \cdot K_n}{f_{ц} \cdot (\Phi_z - t'_{см})}, \quad (1)$$

здесь: N - годовое количество или объем изготавливаемой на этом оборудовании продукции, так называемая программа запуска (форм, полуформ, отливок, съемов стержневых ящиков, количество металла, смеси, окрашенной поверхности и т.п.), шт., m^3 , m^2 , т;

Φ_z - эффективный расчетный фонд времени работы оборудования, ч. Берут из [1, 2].

K_n - коэффициент неравномерности работы оборудования, учитывающий изменения в выдаче и потреблении жидкого металла, формовочных и стержневых смесей, стержней, отливок, которые обусловлены, в основном, изменением номенклатуры отливок в текущем планировании, т.е. сменой моделей на формовке. Поэтому для формовочного оборудования $K_n = 1$. Для другого оборудования K_n принимают обычно равным: в массовом и крупносерийном производстве - 1,0 ... 1,1; в серийном - 1,1 ... 1,2; в единичном - 1,2 ... 1,4.

Уточненные нормы коэффициента неравномерности работы оборудования приведены в таблице 6.

При обслуживании одним агрегатом нескольких потоков необходимо коэффициент неравномерности принимать с учетом неравномерности работы этого оборудования.

Таблица 6

Наименование оборудования	Коэффициент неравномерности работы оборудования в производствах		
	единичное и мелкосерийное	серийное и мелкосерийное	крупносерийное и массовое
1	2	3	4
Плавильное: вагранки и электропечи	1.2 – 1.4	1.1 – 1.3	1.0 – 1.2
Смесеприготовительное	1.2 – 1.4	1.2 – 1.4	1.1 – 1.3
Формовочное	1.0	1.0	1.0
Стержневое	1.2 – 1.3	1.2	1.1
Печи для сушки стержней и форм	1.2 – 1.3	1.1 – 1.2	1.0 – 1.1
Гидро- и дробеметные камеры	1.2 – 1.3	1.1 – 1.2	1.0 – 1.1
Печи для термообработки отливок	1.2 – 1.3	1.1 – 1.2	1.0 – 1.1

$f_{ц}$ - цикловая часовая производительность оборудования, т/ч, шт/ч, м/ч, м²/ч. Обычно берут из паспорта либо на базовом заводе. Для термических печей и сушил определяется следующим образом:

а) для методических печей толкательного типа

$$f_{ц} = \frac{L_{п} \cdot m_1}{t_{ц} \cdot l_1}; \quad (2)$$

б) для горизонтальных печей непрерывного действия

$$f_{ц} = 60 \cdot v_{к} \cdot m_2; \quad (3)$$

в) для вертикальных сушил непрерывного действия

$$f_{ц} = \frac{F_{п} \cdot L_{к} \cdot i \cdot \kappa_{и}}{t_{об} \cdot S}; \quad (4)$$

где $L_{п}$, $L_{к}$, l_1 - длина печи, конвейера и поддона, соответственно, м;

m_1 , m_2 - масса отливок на одном поддоне и метре длины печи, соответственно, т и т/м;

$t_{ц}$ - продолжительность цикла термообработки с учетом времени загрузки и выгрузки, ч;

$t_{об}$ - длительность оборота конвейера сушила, ч;

$v_{к}$ - скорость конвейера, м/ч;

$F_{п}$ - площадь полки этажерки, м²;

i - число полок этажерки;

S - расстояние (шаг) между подвесками этажерок, м;

$\kappa_{и}$ - коэффициент использования площади полок, равный 0,6-0,8;

$t'_{см}$ - общее время смены инструмента (моделей, стержневых ящиков и т.п.) и последующей настройки машин и автоматов, ч. Учитывается только в том случае, если переналадка производится в рабочее время, а не в третью смену или в обеденные и межсменные перерывы (обычно в многономенклатурном производстве). Общие потери времени на смену инструмента и настройку определяются по формуле:

$$t'_{см} = e \cdot p \cdot t_{см}; \quad (5)$$

где e - количество наименований изделий (отливок, стержней и т.п.), изготавливаемых на оборудовании (при расчете по приведенной программе находят умножением количества наименований изделия-представителя на переводной коэффициент);

p - число партий в год по каждому наименованию (берут на базовом заводе). В массовом и крупносерийном производстве обычно $p=12$ (по одной партии в месяц);

$t_{см}$ - время на каждую смену инструмента, ч. (Берут на базовом заводе или в справочниках).

Значения $t_{см}$ при замене моделей для некоторых размеров форм приведены в табл.7

Таблица 7

Размеры формы, мм	Время $t_{см}$, ч
500×400	0.066 – 0.10
800×600	0.13 – 0.20
1200×1000	0.25 – 0.33
1200×1000	0.41 – 0.50

6.2. Расчет количества единиц оборудования периодического действия ведут по формуле:

$$n_{р} = \frac{N \cdot t_{ц} \cdot \kappa_{и}}{\Phi_{з} \cdot Q}; \quad (6)$$

здесь $t_{ц}$ - продолжительность одного периода (цикла) работы, включая время подготовительно-заключительных операций, ч. (например, выпуска металла из печи, ее подготовки к плавке, загрузки шихты);

Q - количество продукции, изготавливаемой за один период, т, м³.

Для дуговых плавильных печей Q обычно равно ее вместимости Q ; для камерных сушил $Q=V \cdot \kappa_{и}$; для камерных термических печей $Q=F_{п} \cdot q$,

где V - внутренний объем сушила, м³;

$\kappa_{и}=0,16-0,20$ - коэффициент использования объема сушила;

$F_{п}$ - площадь пода термической печи, м²;

q - удельная нагрузка на 1 м² пода печи, приводится в справочниках и принимается от 0,35 до 3,5 т/м² в зависимости от рода сплава, массы отливки и толщины ее стенки.

6.3. Некоторые виды универсального оборудования, производительность которого определяется квалификацией рабочего (зачистные станки, твердомеры, сварочные установки для заварки дефектов и

отрезки прибылей и т.п.), рассчитывают по трудоемкости обработки одного изделия (или тонны изделий), которую берут по данным базового завода, справочника или общемашиностроительных нормативов [20, 21].

Расчетное количество n_p единиц оборудования всегда меньше количества $n_{пр}$ единиц, принятых к установке в проектируемом цехе. Принятое количество определяется по формуле:

$$n_{пр} = \frac{n_p}{K_{ис}} \quad (7)$$

Для литейного оборудования рекомендуется $K_{ис}=0,7 - 0,85$. Однако, если неавтоматическое оборудование принято к установке в количестве от 1 до 3 единиц, то допускается в отдельных случаях снижение $K_{ис}$ до величины $\leq 0,5$ и до 0,67, соответственно. Это называется резервированием оборудования и повышает надежность соответствующего звена технологической цепочки. $K_{ис}$ уникального оборудования, однако, не рекомендуется ниже 0,7 (автоматические формовочные линии и т.п.).

Следует отметить, что производительность всего литейного цеха определяет формовочное отделение, поэтому $K_{ис}$ плавильного, смесеприготовительного и стержневого оборудования, обеспечивающих формовочное отделение жидким металлом, смесями и стержнями, не должен существенно превышать $K_{ис}$ основного формовочного оборудования. Так как дуговые плавильные печи допускают перегруз, то при таком сопоставлении $K_{ис}$ печей можно принимать по их максимальной производительности.

7. Проектирование формовочно-заливочно-выбивных отделений с разовыми объемными формами

7.1. Методика проектирования

При проектировании этих отделений необходимо решить следующие основные вопросы:

- 1) распределить номенклатуру отливок по группам в зависимости от вида и марки сплава, массы, сложности и габаритов отливки и т.п.;
- 2) выбрать вид формы: песчано-глинистые (сырые или сухие) или самотвердеющие (из ЖСС или ХТС) и т.п.;
- 3) выбрать способ уплотнения: встряхивание, вибрация, прессование, комбинированный, без уплотнения;
- 4) определить оптимальные размеры форм, количество отливок в форме, ее металлоемкость;
- 5) рассчитать годовое количество форм;
- 6) определить степень механизации отделения и выбрать оборудование (ручная, машинная формовка или на автоматических линиях);
- 7) рассчитать количество оборудования в отделении;
- 8) произвести технологический расчет литейного конвейера;
- 9) рассчитать участок заливки литейного конвейера;
- 10) рассчитать площади формовочных плацев и кессонов, количество сушил для форм, парк опок;
- 11) обосновать организационно-планировочные решения.

7.2. Распределение отливок по группам. Выбор вида форм и способа их уплотнения

Началом проектирования формовочного отделения является распределение заданной номенклатуры на группы по массе и анализе этих групп с целью выбора рационального метода изготовления форм. Причем анализ проводится с учетом вида и марки сплава, массы отливки, конфигурации, класса точности и серийности производства. На основании анализа для каждой группы устанавливается экономически выгодный способ изготовления форм и разрабатывается технологическая документация по принятому процессу.

При этом следует учитывать, что:

- а) отливки массой до 500 кг рекомендуется изготавливать в сырых песчано-бентонитовых формах, а отливки массой выше 500 кг – в подсушиваемых или сухих песчано-бентонитовых формах, а также в формах из самотвердеющих смесей, наливная формовка эффективна для отливок массой > 1 т;
- б) производство мелких и средних отливок предусматривают в групповых потоках, специализированных по детальному признаку или по общности технологического процесса в формах преимущественно одного размера. Производство тем эффективнее, чем меньше интервал по массе и габаритам отливки;
- в) безопочные формы с вертикальным разъемом предъявляют специфические требования к проектированию и простановке стержней и по этой причине применяются в основном для мало- и бесстержневых отливок;
- г) формы для ребристых цилиндров и других деталей сложного профиля плохо уплотняются прессованием;
- д) для стальных отливок можно применять ХТС только на основе смол и катализаторов, обеспечивающих содержание азота в отливках $< 0,01\%$, из-за повышенного брака по ситовидной пористости.

7.3. Определение оптимальных размеров форм и ее металлоемкости

Оптимальные размеры форм для каждой или нескольких групп выбирают с учетом технической и экономической эффективности, имеющегося производственного опыта и уточняют, исходя из параметров принимаемого технологического оборудования. Имеется тенденция к увеличению размеров форм. Однако, если площадь плоскости разъема увеличивается, то повышается опасность прогиба песчаного тела формы, особенно низкой. Для формы каждой высоты есть критическая площадь плоскости разъема, при которой требуются поддерживающие ребра или крестовины. С увеличением высоты опоки пакет формовочной смеси становится жестче и опасность прогиба уменьшается.

При определении количества и расположения отливок в форме необходимо учесть ряд требований:

а) максимально использовать полезную площадь и объем формы с тем, чтобы металлоемкость формы была максимальной, и не было неоправданных излишков формовочной смеси;

б) помимо требований максимальной металлоемкости следует стремиться к тому, чтобы металлоемкости форм для различных отливок были равны, что облегчит автоматизацию заливки. При многономенклатурном производстве это возможно решить либо размещением различных отливок в одной форме с помощью многосекционных модельных плит, либо такой организацией работы формовочного оборудования, при которой одновременно изготавливаются несколько наименований отливок в формах равной металлоемкости.

7.4. Определение годового количества форм

Годовое количество разовых объемных форм, изготавливаемых для выполнения проектной программы выпуска отливок в массовом, крупносерийном и серийном производстве, получают при заполнении формы 5.

Заполняют ее следующим образом:

1) в графы 1, 2, 3, 5, 8 вносят соответствующие данные из регламента технологического процесса и чертежа отливки;

2) в графы 7, 9, 12 вносят данные либо из регламента, если размер опок, количество отливок и смеси в форме не изменены по сравнению с базовым цехом (заводом), либо на основе эскизных технологических проработок дипломника. В последнем случае объем смеси в форме получают расчетом по формуле:

$$V_{см} = V_{\phi} - V_{мод} = V_{\phi} - (V_{м} + V_{ст}), \quad (8)$$

где $V_{\phi} = l \cdot b \cdot (h_{в} + h_{н})$, м³;

$V_{мод}$ - объем, занимаемый моделями отливок, литников, прирублей и т.п. с учетом знаков стержней, м³;

$V_{м} = m_{\phi} / \rho$ - объем залитого металла в форме, м³;

ρ - плотность залитого сплава, т/м³;

m_{ϕ} - металлоемкость формы, т;

$V_{ст}$ - объем стержней в форме, м³. Берется из регламента либо определяется из соотношения:

$$V_{ст} = m_{ст} / \gamma_{ст},$$

где $m_{ст}$ - масса стержней в форме, т;

$\gamma_{ст}$ - объемная масса уплотненного стержня, т/м³;

3) в графах 7,8 должна соблюдаться четкая последовательность записи габаритных размеров, а именно: длина (l) × ширина (b) × высота (h);

4) в графу 4 вносят соответствующие данные из гр. 11 формы 4, если программа задана в комплектах деталей;

5) в графу 6 вносят данные, полученные умножением гр. 4 на гр. 5;

6) в графу 11 вносят результат деления гр. 4 на гр. 9;

7) в графу 13 вносят результат умножения гр. 11 на гр. 12.

В окончательном виде форма 5 должна учитывать распределение отливок по поточным линиям (конвейерам, участкам).

Номер отливки	Наименование отливки	Марка сплава	Количество отливок в год	Масса отливок, кг		Внутренний размер опоки, мм		Габариты отливки, мм	Число отливок в форме	Масса отливки в форме, кг	Форма 5 (пример 7)	
				одной	на год	Годовое число форм	Объем формовочной смеси в форме, м ³					
							одной				на год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T4.40.126		СЧ20	726242	1,2	871491	620×500×150/150	135×135×26	4	4,8	181561	0,046	8351,8
04.39.105		СЧ20	374835	3,09	1161987	620×500×150/150	200×200×48	4	12,36	93709	0,0446	4179,4
T4.37A.138		СЧ20	257865	3,4	876740	620×500×150/150	150×150×42	4	13,6	64466	0,045	2900,97
04.40.101		СЧ20	357496	3,5	1251237	620×500×150/150	200×175×82	4	14,0	89374	0,0436	3896,7
G48.70.102		СЧ20	699968	3,7	2589883	620×500×150/150	137×71×102	6	22,2	116662	0,0455	5308,1
T4.39.114		СЧ20	455727	5,5	2500500	620×500×150/150	235×235×30	2	11,0	227863	0,0448	10208,0
04.39.111		СЧ20	382523	18,4	7038414	620×500×150/150	405×405×94	1	18,4	382523	0,031	11858,2
04.39.112		СЧ20	308171	24,6	7580995	620×500×150/150	540×456×92	1	24,6	308171	0,024	73960,1
Итого					23877247					1464329		54099,1

Брак форм и отливок учитывают добавлением к полученным итоговым значениям по каждому потоку (участку) 4-6% от годового количества форм одного размера. Графы 12,13 - дополнительные и используются при расчетах оборудования для приготовления формовочных смесей.

Годовое количество форм, их размеры и металлоемкость являются основными исходными данными проекта цеха в целом. На их основе определяют ритм поточного производства и проектируют не только формовочно-заливочно-выбивное отделение, но и другие производственные отделения, обслуживающие его. В проекте приводят итоги по форме 6.

Сводка количества форм			Форма 6		
Поточная линия, конвейер, участок	Группа отливок по массе, кг	Внутренний размер опоки, мм	Годовой выпуск		Среднечасовое количество форм
			отливок, т	форм, шт	
Литейный конвейер с автоматами 22821	20	500×400×150/150	12000	1270000	350
Литейный конвейер с автоматами АЛ 91265 СМ	20-100	800×7000×300/300	18000	380000	104

Пример 7. Пусть необходимо рассчитать годовое количество форм и заполнить форму 5 для группы №1, включающей 8 наименований отливок из серого чугуна СЧ20 развесом от 1,2 до 24,6 кг с известными исходными данными. Производство крупносерийное и массовое на автоматических линиях фирмы Г.Фишер [1, стр.100].

Заполняем черновой вариант формы 5, располагая отливки в порядке возрастания массы. Распределить их по потокам пока не представляется возможным, т.к. неизвестно количество потоков.

Полученное в гр.11 суммарное годовое число форм одного размера увеличиваем на 6% для учета брака форм и отливок:

$$1464329 + 1464329 \cdot 0,06 = 1551189.$$

Для других групп отливок расчет производится аналогично.

7.5. Определение степени механизации отделения и выбор оборудования

7.5.1. Определение степени механизации

Степень механизации формовочно-заливочно-выбивного отделения определяется в основном массой отливки и серийности производства, т.е. с увеличением масштаба производства степень механизации повышается, а с увеличением массы отливки – понижается. Например, отливки массой до 500 кг в массовом и крупносерийном производстве рекомендуется изготавливать на автоматических линиях, а свыше 500 и до 5000 кг – на формовочных машинах или пескометом, которые в сочетании с различными конвейерами и рольгангами образуют поточные механизированные линии, в основном со скользящей модельной оснасткой. Следует отметить, что наиболее трудно поддается механизации операция простановки стержней. Однако и

здесь есть опыт механизации и даже автоматизации этой операции с помощью стержнеукладчиков, которые укладывают как отдельные стержни, так и комплект стержней.

7.5.2. Формовочное оборудование

При выборе из всего многообразия типов формовочных линий необходимого типа следует исходить из конкретных условий проекта. Так, при сравнении производительности формовочных автоматов различного типа показано, что наиболее рациональными являются однопозиционные автоматы с прямолинейным проходом опок. Преимущества этих автоматов в сравнении с многопозиционными особенно сказываются в условиях работы с частой сменой модельной оснастки. Многопозиционные автоматы, несмотря на сокращение общего машинного времени, пока не находят широкого применения. Это объясняется сложностью конструкции этих автоматов и пониженной надежностью системы управления, эксплуатация которой в условиях литейного цеха затруднительна.

В последнее время получает распространение безопасная формовка с горизонтальным и вертикальным разъемом форм все увеличивающихся размеров (до 1000 мм). Это обусловлено исключением из процесса формовки потока опок.

В формовочном отделении, равно как и в других отделениях, следует стремиться устанавливать оборудование (линии) одного типоразмера, что облегчит обслуживание, ремонт и взаимозаменяемость.

Выбранное формовочное оборудование, и в особенности автоматические линии, должно обеспечивать: а) удовлетворительное качество всех изготавливаемых форм; б) оптимальные условия их заливки; в) необходимое скрепление форм и время охлаждения отливок; г) сохранность отливок при выбивке; д) оптимальную производительность и т.п.

Это проверяется по наиболее массивным, сложным и тонкостенным отливкам, предусмотренным для изготовления на этом оборудовании (линии).

7.5.3. Транспорт

Современные автоматические формовочные линии при производительности 200-240 форм/ч требуют охлаждающей зоны большой длины (до 300-400 м). С целью сокращения длины тележечного конвейера ему придают дополнительные петли в горизонтальной плоскости, что, однако, требует дополнительной площади. По второму варианту применяют конвейер с двухшарнирной цепью, позволяющей изгибать его трассу в горизонтальной и вертикальной плоскостях и давать дополнительные петли в двух или трех ярусах. Это усложняет и удорожает конвейер, а также увеличивает парк дорогостоящих опок.

В связи с этим заслуживают внимания: 1) ранняя выбивка кома смеси с отливкой (без его разрушения) с последующим охлаждением кома на рольгангах или пластинчатых транспортерах; 2) раздельная выбивка верхней и нижней полуформы; 3) установка форм в стопку на заливке и охлаждении; 4) многоярусные охлаждающие рольганги.

В мелкосерийном поточном производстве формы рекомендуются транспортировать на рольгангах, шагающих конвейерах и т.п., но не кранами из-за возможности смещения стержней при неосторожном приносе и установке формы.

На современных линиях верхнюю полуформу догружают грузами. Перекладка грузов с охлаждающей зоны конвейера на зону сборки осуществляется автоматически. Иногда вместо грузов применяют утяжеленную верхнюю опоку.

Транспортировка жидкого металла на участок заливки осуществляется с помощью автопогрузчиков или монорельсовыми тележками с верхним управлением. Автопогрузчики обеспечивают большую скорость подачи металла от любого плавильного агрегата, но требуют отличного состояния пола.

Для транспортировки отливок после выбивки применяют пластинчатые, подвесные, цепные и толкающие конвейеры. Обычно цепные конвейеры следует применять тогда, когда нет возможности применять пластинчатые, которые в сочетании с современными формовочными линиями, имеющими высокую производительность 200-240 форм/ч, должны иметь чрезмерно большую длину (200-300 м) для того, чтобы отливка успела охладиться. При обычном цепном конвейере очень трудно автоматизировать операции загрузки отливок в люльки. Подвесные же толкающие конвейеры являются универсальными.

При производстве отливок массой до 0.5 т рекомендуется применять подвесные конвейеры, пневмоподъемники, электротали на монорельсах и кран-балки с максимальной грузоподъемностью до 5 т. В некранных пролетах, имеющих сложное оборудование (формовочные автоматы и т.п.), предусматривают грузоподъемные средства для ремонтных целей (в местах предусмотренных паспортом).

7.5.4. Оборудование для заливки и выбивки

Убыстрение темпа изготовления форм в потоке (12 с и менее) в условиях массового и крупносерийного производства делает необходимой автоматическую заливку. Установки для автоматической заливки выпускают преимущественно за рубежом с применением: электромагнитного насоса, дозирующего заливочного ковша с индукционным подогревом, промежуточного, стопорного, барабанного ковша с дозированием массы металла и др. Следует отметить, что наиболее надежно такие установки работают в сочетании с конвейером периодического действия.

Для механизированной заливки используют электрифицированные тележки с кабиной для оператора и дистанционным управлением передвижением и поворотом ковша.

При поточном производстве отливок массой до 1000 кг устанавливают автоматические выбивные устройства различных конструкций. При выбивке форм с продавливанием смеси и отливок выбивная решетка должна иметь длину не менее 6 м или ставят две решетки последовательно. Это связано с высокой производительностью формовочных линий и повышенной прочностью формовочной смеси. Для крупных форм комплектуют из выбивных решеток четырех, пяти и т.д.-секционные решетки с накатными укрытиями. Выбивка крупных отливок в опоках с крестовинами производится отдельно из верхней и нижней полуформ. Для этого вдоль конвейера располагают две установки. На первой снимается и выбивается верхняя полуформа и опока возвращается на формовку. Затем извлекается отливка и выбивается нижняя установка на другой установке.

7.6. Расчет количества формовочного оборудования

Основные положения по расчету количества оборудования приведены в п.6. Их практическое применение поясним примерами.

Пример 8. Необходимо рассчитать количество автоматических линий мод. НИИТСХМ с размерами опок 900×600×200/200 мм и цикловой производительностью $f_{ц}=150$ ф/час при следующих исходных данных: 2-сменный режим работы; годовое количество форм, изготавливаемых в опоках этого размера, равно $N=1323808$ (с учетом 5% брака форм и отливок), из них 425634 формы для 14 наименований отливок из чугуна СЧ18 массой от 10 до 50 кг и 898174 формы для 7 наименований отливок из чугуна СЧ20 массой от 11.5 до 19.6 кг.

Сначала определим общее количество линий по формуле (1):

$$n_p = \frac{N \cdot K_{ис}}{(\Phi_{э} - t'_{см}) \cdot f_{ц}} = \frac{425634}{3645 \cdot 150} = 0.78.$$

где $t'_{см}=0$ - потому что смена модельной оснастки предусмотрена в нерабочее время. Осуществить это позволяет 2-х сменный режим работы с обеденными и межсменными перерывами.

Принимаем 3 линии с общим $K_{ис}=2.42/3=0.81$. Значение $K_{ис}$ несколько превышает рекомендуемое 0.7 – 0.8. Это предполагает довольно высокую загрузку линий и требует четкой организации их работы и обслуживания. Однако, учитывая их высокую стоимость и малый срок морального и физического старения, следует принять 3 линии.

Распределим отливки по линиям в зависимости от марки сплава. Лучшим вариантом является тот, когда отливки из одного сплава изготавливают на одной линии. Если так не получается, то приходится изготавливать отливки из разных сплавов на одной линии по второму варианту при следующих видах организации работы:

а) отливки из одного сплава изготавливают, например, в первой смене, а отливки из другого сплава - во второй. При этом желательны равенство количества форм в разных сменах;

б) в течение месяца сначала изготавливают партии отливок из одного сплава, а потом из другого.

Распределим отливки по 1-му варианту:

а) для отливок из серого чугуна СЧ18:

$$n_p = \frac{N \cdot K_{ис}}{\Phi_{э} \cdot f_{ц}} = \frac{425634}{3645 \cdot 150} = 0.78$$

Принимаем одну линию с $K_{ис}=0.78$;

б) для отливок из серого чугуна СЧ20

$$n_p = \frac{898174}{3645 \cdot 150} = 1.64.$$

Принимаем 2 линии с $K_{ис}=0.82$.

Легко видеть, что линия для отливки из СЧ18 имеет $K_{ис}$ меньше, чем линии для отливок из СЧ20. В этом случае целесообразно уравнивать загрузку путем перевода нескольких наименований отливок с линий №2 и №3 на линию №1. Для этого, прежде всего, необходимо из номенклатуры отливок выделить те, которые по техническим условиям допускаются к изготовлению из чугуна СЧ18. Если эти отливки по габаритам, сложности, металлоемкости формы или другим причинам не могут быть переведены для изготовления на линию №1, то переводят другие подходящие отливки, и работу на этих линиях организуют, например, по варианту 2б.

Пример 9. Необходимо рассчитать количество формовочных линий модели 5840 (НИИтракторосельхозмаш) с размерами опок 900×600×250/250 мм и цикловой производительностью $f_{ц}=140$ ф/час при следующих исходных данных: $N=2189227$ форм (с учетом 5% брака отливок и форм) для 180 наименований отливок из стали 40Л массой до 50 кг при 3-сменном режиме работы.

Определим общее количество линий по формуле (1):

$$n_p = \frac{N \cdot K_k}{(\Phi_3 - t_{см}') \cdot f_{ц}} = \frac{2189227 \cdot 1}{(5340 - 648) \cdot 140} = 3.3.$$

где $t'_{см} = e \cdot p \cdot t_{см}$ - время, затраченное на смену модельной оснастки в год;
 $e=180$ - количество наименований отливок в спецификации, формуемых на линии этого типоразмера;
 $p=12$ - число партий в год по каждому наименованию отливки (обычно 1 партия в месяц для крупносерийного и массового производства);

$t_{см}=0.3$ ч - время на смену модельной оснастки;

$t'_{см}=180 \cdot 12 \cdot 0.3=648$ ч.

Принимаем 4 линии с коэффициентом использования $K_{ис}=3.3/4=0.83$, помня о том, что частично модели можно заменять в обеденные и межсменные перерывы. Это снизит $K_{ис}$.

7.7. Расчет технологических параметров литейного конвейера

Этот расчет может быть проектным или проверочным. Проектный расчет выполняют при компоновке литейной поточной линии из отдельных стандартных или нестандартных агрегатов. Проверочный расчет необходим для определения правильности выбора поточных линий, поставляемых в комплекте.

В этом случае определяют следующие параметры: минимально необходимую скорость литейного конвейера v_k^p , общую его длину L_k , и длину участков формовки $L_{ф}$, заливки L_3 , охлаждения $L_{охл}$, выбивки $L_{выб}$.

7.7.1. Технологически необходимую скорость конвейера определяют по формуле:

$$v_k^p \geq \frac{N \cdot S_{\phi} \cdot K}{60 \cdot \Phi_3 \cdot i} \quad [\text{М/МИН}], \quad (9)$$

здесь N - годовое количество форм, предусмотренное для изготовления на этой поточной линии, шт.;
 S_{ϕ} - шаг форм на конвейере, обычно равный расстоянию между центрами форм с учетом интервала между ними (0.2-0.6 м), м²;

$K=1.15 - 1.2$ - коэффициент запаса скорости, учитывающий возможные пропуски при установке форм на платформы конвейера непрерывного действия либо интервалы больше принятых (при транспортировке форм приводными ролями). В автоматических линиях с пульсирующим конвейером $K=1$;

i - число форм на одной платформе; в автоматических формовочных линиях обычно $i=1$.

Полученное значение v_k^p сравнивают:

а) при проектном расчете со скоростью конвейеров аналогичного назначения, которая находится в пределах 1.6 - 10 м/мин. Большие значения соответствуют формам малого размера;

б) при проверочном расчете со значением скорости $v_k^п$, указанной в паспорте линии. Если $v_k^p > v_k^п$, то необходимо уменьшить $K_{ис}$ линии либо выбрать другую линию.

7.7.2. Длина конвейера на участке формовки $L_{ф}$ определяется количеством и типом установленных формовочных машин (автоматов), организацией формовки, простановки стержней, сборки форм и подачи опок к машинам. Если простановка стержней осуществляется после формовочных машин (автоматов), то $L_{ф}$ можно рассчитать по формуле:

$$L_{ф} = n_{пр} \cdot l_0 \cdot l_{пс} = n_{пр} \cdot l_0 + v_k^p \cdot t_{пс}, \quad (10)$$

где $n_{пр}$ - количество машин (или пар), расположенных вдоль оси движения конвейера, шт;

l_0 - расстояние между осями машин (или пар), м;

$l_{пс} = v_k^p \cdot t_{пс}$ - длина участка для простановки стержней, м;

$t_{пс}$ - время простановки стержней для форм наибольшей сложности, мин. Берется обычно на базовом заводе.

7.7.3. Для расчета минимально необходимой длины участка заливки L_3 выбирают из всех форм, изготавливаемых на линии, форму с максимальным технологически необходимым временем заливки $t_{зал}$. Обычно это форма с максимальной металлоемкостью m_{ϕ} . Заливка на конвейере осуществляется по трем основным вариантам.

7.7.3.1. В неподвижную форму (обычно на пульсирующих, шагающих или рольганговых конвейерах). При этом время заливки формы должно быть, как правило, меньше времени остановки формы. В этом случае длину участка заливки определяют, исходя из числа и габаритов заливочного и сопутствующих устройств.

7.7.3.2. В движущуюся на конвейере непрерывного действия форму, когда заливочный ковш (установка) во время заливки формы движется синхронно с конвейером, а после окончания заливки этой формы ожидает следующую или совершает возвратное движение к ней на величину шага S_{ϕ} .

Длину участка заливки в этом случае определяют по формуле:

$$L_3 = v_k^p \cdot t_{\text{оп.зал}} \cdot C, \quad (11)$$

здесь C - количество одновременно работающих заливочных ковшей (установок). Определяется при построении графика заливки по методу Половинкина П.И. либо для заливочных установок по формуле (1); $t_{\text{оп.зал}}$ - время опорожнения заливочного ковша (установки), мин, определяемое по формуле:

$$t_{\text{оп.зал}} = t'_{\text{зал}} \cdot n + \frac{S_{\phi}}{v_k^p - v_y} \cdot (n - 1), \quad (12)$$

где $t'_{\text{зал}} = t_{\text{зал}} + t_{\text{п.з}}$ - время цикла заливки одной формы, мин;

$t_{\text{п.з}} = (0.6-0.9) t_{\text{зал}}$ - время подготовительно-заключительных операций при заливке формы (наклон, фиксация ковша), мин;

$n = q_{\text{зал}} / m_{\phi}$ - количество форм, заливаемых из одного ковша. Берут на базовом заводе или в справочниках [10, 11];

$q_{\text{зал}}$ - масса металла в заливочном ковше (емкость), кг. Расчет оптимальной емкости заливочного ковша;

v_y - скорость перемещения заливочного ковша (установки) при его возврате от залитой формы к незалитой, мин. Обычно $v_y \geq v_k$.

7.7.3.3. В движущуюся на конвейере непрерывного действия форму, когда заливочная установка во время заливки движется синхронно с конвейером, а после заливки формы возвращается в исходное положение, длина L_3 определяется по формуле:

$$L_3 = v_k^p \cdot t'_{\text{зал}} \cdot C. \quad (13)$$

Т.к. путь, проходимый формой за время $t_{\text{зал}}$, как правило, значительно больше S_{ϕ} (особенно в высокопроизводительных линиях), то для возврата в исходное положение для заливки следующей формы установка должна иметь нецелесообразно высокую скорость. Поэтому принимают, как минимум, две установки для заливки форм через одну.

Помимо аналитического расчета длины L_3 при заливке в движущуюся форму весьма эффективен графический метод Половинкина П.И., дающий наглядное представление обо всей заливке.

7.7.3.4. Расчет участка заливки по методу Половинкина П.И.

Наиболее просто решается вопрос о заливке на конвейерах периодического действия, т.е. в неподвижную форму. При этом время заливки формы должно быть, как правило, меньше времени остановки формы. Однако ускорение темпа формовки (12 с и менее) делает необходимой автоматическую заливку в движущуюся форму. При этом необходимо помимо технических задач решить и ряд организационно-планировочных в том числе определить: 1) количество одновременно работающих установок и расстояние между ними; 2) длину заливочного участка; 3) необходимую скорость возврата установки в исходное положение.

Решить эти задачи, а также дать наглядное представление обо всей организации заливки движущихся форм на конвейере позволяет метод Половинкина П.И., разработанный вначале для механизированной заливки ковшами, циркулирующему по подвесному пути.

Этот метод заключается в построении графика заливки в координатах путь-время. При этом по оси абсцисс откладывается путь, проходимый формами на конвейере, а по оси ординат – время. Движение каждой формы, находящейся на конвейере, изображается на графике прямой с углом наклона по оси ординат $\alpha = \arctg v_k$. Расстояние по горизонтали между соседними наклонными прямыми равно шагу форм S_{ϕ} .

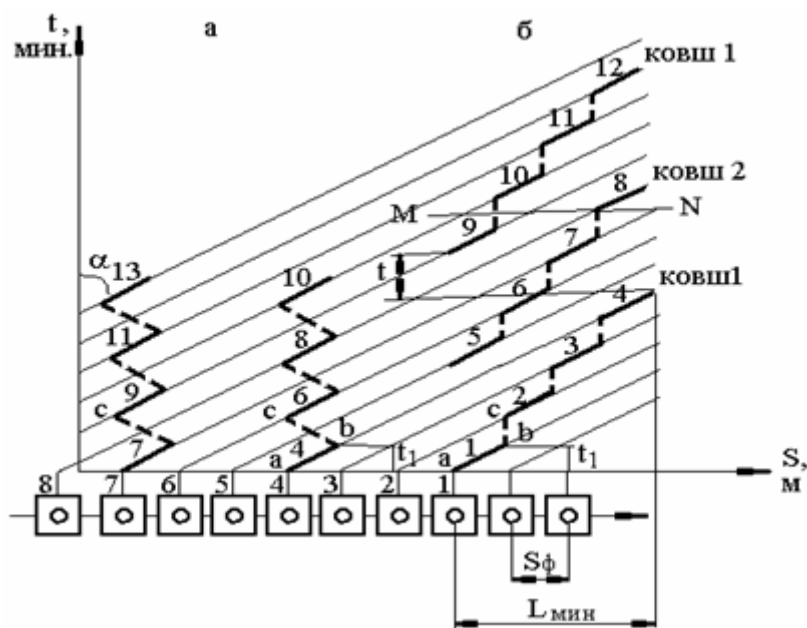


Рис. 7.1. График заливки

на конвейере. Операция заливки каждой формы изображается на графике отрезком наклонной прямой, имеющем протяженность по времени, равную продолжительности заливки одной формы t_1 (отрезок ab). Ожидание заливщиком очередных форм после заливки предыдущих или возврат заливочной установки в исходное положение изобразится, соответственно, вертикальными (см. рис. 7.1, б) и наклонными (см. рис. 7.1, а) отрезками bc .

На графике 7.1, б каждый ковш с металлом заливает 4 формы, после чего транспортируется к печи или стендовому ковшу для нового наполнения металлом. Если через t минут ковш успевает снова прибыть на заливочную площадку, то на подвесном пути в данном случае достаточно иметь два ковша. Необходимая длина заливочной ветви конвейера по графику получается $L_{\text{мин}}$ плюс запас по концам в обе стороны (2-4 м в зависимости от размера ковшей). Заливка может быть организована также с помощью заливочных установок, имеющих возвратно-поступательное движение. Т.е. при заливке установка движется синхронно с формой, а после заливки быстро возвращается в исходное положение и ожидает следующую незалитую форму. Из графика 2, а легко видеть, что таких установок должно быть не менее двух, т.к. установка после заливки формы №4 не успевает вернуться в исходное положение, чтобы заливать форму №5. Таким образом, эти установки заливают формы через одну.

7.7.3.5. Расчет оптимальной вместимости заливочного ковша по методу Кульбовского И. К.

Вместимость заливочного ковша выбирают из следующих соображений:

- 1) ковш должен обеспечивать удобство заливки формы расплавом без расплескивания, что имеет место при заливке малых форм с небольшой воронкой из ковша большой вместимости, поэтому число малых форм, заливаемых из одного ковша, обычно не превышает 20, т.е. $q_{\text{зал}} = (1 \dots 20)m_{\text{ф}}$;
- 2) ковш должен обеспечивать минимально возможное число перемещений к месту заполнения;
- 3) время $t_{\text{оп.зал}}$ полного опорожнения заливочного ковша с оптимальной скоростью разливки не должно превышать времени $t_{\text{охл}}$, в течение которого температура металла в нем снизится от заданного технологией верхнего (начального) уровня $T_{\text{н}}$ до нижнего (конечного) $T_{\text{к}}$, т.е. основное условие разливки:

$$t_{\text{оп.зал}} \leq t_{\text{охл}} \quad (14)$$

Причем

$$t_{\text{охл}} = \frac{T_{\text{н}} - T_{\text{к}}}{V_{\text{охл}}}, \text{ МИН}, \quad (15)$$

где $V_{\text{охл}}$ - скорость падения температуры металла в ковше, °C/мин. Для конического ковша берут из табл. 8, а для других из справочников.

Скорость падения температуры в коническом ковше.

1) для чугуна

Таблица 8

Вместимость, т	до 0.1	0.25–0.4	0.63–1.0	1.0–5.0	10.0
Скорость, °C/мин	20-30	10-20	до 10	До 5	2 - 3

2) для стали

Вместимость, т	до 0.15	0.15- 0.7	0.7-4.5	4.5- 6.0	6.0-12.5	12.5- 15.0	15.0- 20.0
Скорость, °С/мин	25- 60	9-25	5-12	5-10	3-6	2-4	1.5- 3.5

Примечание. Рекомендуемое расчетное время отбора жидкой углеродистой стали из раздаточных (разливочных) ковшей различной вместимости: 4т - 12...15мин; 6-8т - 18...35мин; 16т - 23...45мин. Нижнее значение относится к механизированной заливке.

Если на линии изготовляют отливки нескольких наименований, то расчет, естественно, следует вести для отливки, у которой разность $T_n - T_k$ наименьшая. Обычно это тонкостенная отливка.

Время $t_{оп.зал.}$ можно определить по формуле:

$$t_{оп.зал.} = \frac{1000 \cdot q_{зал.} \cdot t_{зал.}}{60 \cdot m_{\phi}}, \quad (16)$$

где $q_{зал.}$ - вместимость заливочного ковша, т;

m_{ϕ} - металлоемкость формы, кг; принимают по отливке, принятой для расчета $t_{охл.}$; $t'_{зал.}$ - цикл заливки одной формы металлоемкостью m_{ϕ} . Определяют по формуле $t'_{зал.} = t_{зал.} + t_{п.з.}$; $t_{п.з.}$ - вспомогательное время перемещения и фиксации ковша, обычно равно $(0,6 \div 0,9)t_{зал.}$.

Время заполнения $t_{зал.}$ формы металлоемкостью m_{ϕ} , необходимое для определения $t'_{зал.}$, можно определить любым известным способом. Например, для стальных отливок это можно сделать по формулам Дубицкого Г.М., предусматривающим два случая применения:

а) узкое сечение в литниковой системе - стояк:

$$t_{зал.} = K_M \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m_{\phi}}, \quad (17)$$

б) узкое место в литниковой системе - питатель:

$$t_{зал.} = K_M \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m_{\phi} / n}, \quad (18)$$

здесь $K_M = 0,9 \dots 2,3$ - коэффициент, учитывающий массу отливок, марку металла, тип формы;

δ - преобладающая толщина стенки отливки, мм;

n - количество отливок в форме, шт.

Подставив в формулу для определения $t_{оп.зал.}$ значение $t_{охл.}$, $t_{зал.}$, $t_{п.з.}$ из соответствующих формул, можно определить максимальную вместимость заливочного ковша:

$$q_{зал.} < \frac{60 \cdot m_{\phi} \cdot (T_n - T_k)}{1000 \cdot v \cdot (K_M \sqrt[3]{\delta \cdot m_{\phi} / n} + t_{п.з.})}, \quad (19)$$

Следует отметить, что эта формула пригодна и для случая, когда металл разливают по схеме: плавильная печь - раздаточный ковш - заливочный ковш - форма. При этом определяют вместимость разливочного ковша, заменяя металлоемкость формы m_{ϕ} вместимостью заливочного ковша (см. расчеты плавильного отделения).

На практике вместимость заливочного ковша находится в пределах $q_{зал.} = (1 \dots 20)m_{\phi}$. При этом, чем больше m_{ϕ} , тем меньше $q_{зал.}/m_{\phi}$. Подробно расчет иллюстрируется примером 11.

7.7.4. Длину участка охлаждения отливок $L_{охл.}$ определяют по формуле:

$$L_{охл.} = v_K^p \cdot t_{охл.}, \quad (20)$$

здесь $t_{охл.}$ - время охлаждения отливки для выбивки, мин. Определяют либо расчетом [10, 11], либо по справочнику для каждого наименования отливок и в формулу (20) подставляют максимальное для выбранного размера формы. Следует учитывать, что при прочих равных условиях отливки без стержней и болванов остывают быстрее, а из чугуна быстрее чем из стали.

Расчет участка охлаждения должен вестись очень тщательно, т.к. несоблюдение установленного времени выдержки отливок в форме может привести к их короблению, трещинам или отбелу.

7.7.5. Длину участка выбивки $L_{выб.}$ определяют исходя из принятого процесса выбивки форм (выдавливанием, вибрацией, с предварительной разборкой или без нее и т.п.) и габаритов оборудования (по планировке).

Длина конвейера L_K складывается из определенных ранее длин его участков и является минимально необходимой с технологической точки зрения. С организационной точки зрения поточная линия должна

иметь накопительный участок собранных форм для согласованной работы формовочного и плавильного отделений. Длина накопительного участка L_n определяется и сравнивается с L_3 . Если $L_n > L_3$, то принимается L_n .

Пример 10. Необходимо провести проверочный технологический расчет тележного конвейера линии “Гизаг” с внутренним размером опок $1000 \times 800 \times 300/300$ мм и следующими исходными данными: $N=510500$ форм (с учетом брака отливок и форм); $\Phi_3=3645$ ч; $f_{ц}=180$ ф/ч; $K_{ис}=0,78$; максимальная масса отливки из стали 45Л $m_{отл}=m_{ф}=125$ кг с преобладающей толщиной стенки $\delta=20$ мм; конвейер тележный пульсирующий (12с покой, 8с движение); паспортное время охлаждения отливок на конвейере до выбивки при такте 20с $t_{охл}^n=26$ мин; шаг форм $S_{ф}=1,6$ м; длина конвейера $L_k=195,2$ м.

Определяем технологически необходимую скорость конвейера по формуле (9):

$$v_k^p \geq \frac{N \cdot S_{ф} \cdot K}{\Phi_3 \cdot 60} \geq \frac{510500 \cdot 1,6 \cdot 115}{3645 \cdot 60} \geq \frac{938000}{218500} \geq 4,28, \quad \text{м/МИН}$$

Паспортная скорость конвейера не указана, но дано, что при минимальном такте 20с производительность 180 ф/ч, следовательно, максимальная скорость движения конвейера:

$$v_k^п = \frac{f_k \cdot S_{ф}}{60} = \frac{180 \cdot 1,6}{60} = 4,8, \quad \text{м/МИН}$$

Так как $v_k^p < v_k^п$, то конвейер обеспечивает необходимую скорость.

Проверим возможность заливки формы металлоемкостью $m_{ф}=125$ кг на пульсирующем конвейере во время его остановки в течение 12с. Время заливки составит по формуле (17):

$$t_{зал} = K_M \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m_{ф}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{20 \cdot 125} = 17,6, \quad \text{с}$$

Легко видеть, что оканчивать заливку придется в движущуюся форму. Это предъявляет особые требования к заливочным устройствам и форме, выполнить которые можно следующими путями:

- заливочное устройство (или часть его в виде мерного ковша) совершает возвратно-поступательное движение вместе с конвейером во время заливки и быстрый возврат в исходное положение после заливки;
- в форме выполняется литниковая чаша объемом, эквивалентным объему заливаемого в форму металла.

Рассчитаем количество заливочных установок для варианта «а». Для этого сначала определим время цикла заливки одной формы $t'_{зал}$ с учетом подготовительно-заключительного времени $t_{п.з}$, воспользовавшись формулой:

$$t'_{зал} = t_{зал} + (0,6+0,9) \cdot t_{зал} = 16,6+0,6 \cdot 17,6 = 28 \text{ с}$$

Тогда цикловая производительность заливочной установки составит:

$$f_{ц} = \frac{3600}{t'_{зал}} = \frac{3600}{28} = 128 \text{ ф/ч}$$

Количество заливочных установок определим по формуле (1):

$$n_{ур} = \frac{N \cdot K_{ис}}{\Phi_3 \cdot f_{ц}} = \frac{500000 \cdot 1,1}{3645 \cdot 128} = 1,2$$

где $N=500000$ - количество форм с учетом только брака отливок. Принимаем 2 установки с $K_{ис}=0,6$. Длина участка заливки позволяет разместить 2 любые установки.

10.4. Определим длину охлаждающего участка конвейера:

$$L_{охл} = v_k^p \cdot t_{охл} = 4,28 \cdot 39 = 167, \quad \text{м}$$

где $t_{охл}=0,65$ ч=39 мин для выбивки при 700 °С.

$L_{охл}$ получилась очень большой, если учесть, что длина всего конвейера $L_k=195,2$ м. Следовательно, такая отливка не может быть изготовлена на этой линии.

Пример 11. Пусть необходимо рассчитать оптимальную вместимость заливочного ковша для заливки жидкой стали на автоматической линии с непрерывным движением ($v_k^p=4$ м/мин) форм размером 1000×800 мм. На линии изготавливаются тонкостенные отливки, для которых нужно строго соблюдать технологический режим заливки по температуре, т.е. интервал между начальной T_n и конечной T_k температурами заливки наименьший и равен 60 °С. Заливка ведется с помощью механизированной тележки, во время заливки движущейся синхронно с конвейером, а после нее совершающей возвратное движение на величину $S_{ф}=1,6$ м со скоростью $v_y = -v_k$. Металлоемкость формы указанной отливки $m_{ф}=125$ кг; преобладающая толщина стенки отливки $\delta=20$ мм; время цикла заливки $t'_{зал}=28$ с.

По рекомендациям п.7.7.3.5. и справочников [10, 11] примем вместимость $q_{зал}=8 \cdot m_{ф}=8 \cdot 125=1000$ кг. По справочнику [10] ближайшее стандартное значение вместимости $q_{зал}=1$ т. Проверим правильность выбора.

В табл. 8 указано, что для ковшей вместимостью 0,7-4,5т скорость охлаждения $v_{\text{охл}}=12 - 5$ °С/мин. Примем 11 °С/мин. Тогда время охлаждения металла в ковше ниже технологически допускаемой температуры T_k определится по формуле (15):

$$t_{\text{охл}} = \frac{T_n - T_k}{v_{\text{охл}}} = \frac{60}{11} = 5,45, \text{ МИН}$$

Время опорожнения заливочного ковша найдем по формуле (12):

$$t_{\text{оп.зал}} = t'_{\text{зал}} \cdot n + \frac{S_{\Phi}}{v_k + v_y} \cdot (n - 1) = 0,47 \cdot 8 + \frac{1,6}{4 - (-4)} \cdot 7 = 5,16, \text{ МИН}$$

Т.к. $t_{\text{охл}} > t_{\text{оп.зал}}$, то ковш выбран правильно. Максимальное значение вместимости ковша, удовлетворяющее этому условию, будет равно:

$$q_{\text{зал}}^{\text{max}} > q_{\text{зал}} \cdot \frac{t_{\text{охл}}}{t_{\text{оп.зал}}} = 1 \cdot \frac{5,45}{5,16} = 1,05, \text{ т}$$

7.7.6. Расчет площадей формовочно-заливочно-выбивных отделений

Площадь этих отделений при изготовлении форм на поточных линиях определяется по планировке после расстановки соответствующего оборудования. При изготовлении же форм на плацу и в кессонах рассчитывают полезную площадь (нетто) F_n , которую выделяют из общей площади отделения (брутто) F_6 .

7.7.6.1. Формовка на плацу

В этом случае комплект одной формы перемещается с участка на участок и в зависимости от вида и продолжительности технологической операции занимает площади различных размеров. Поэтому сначала рассчитывают площади (нетто) отдельных участков, а затем их суммируют. Таким образом, площадь F_n отделения является суммой площадей участков:

$$F_n = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 \quad (21)$$

где F_1 - изготовление полуформ; F_2 - упрочнения (сушки) полуформ; F_3 - сборки форм; F_4 - заливки; F_5 - охлаждения отливки в форме; F_6 - выбивки формы; F_7 - оперативного склада модельной оснастки.

Площадь каждого из участков $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$ определяется по формуле:

$$F = \sum_{j=1}^U \frac{F'_{\text{оп.}j} \cdot N_j \cdot t_{\text{ср.}j} \cdot K_n}{\Phi_{\text{э}} \cdot m_{\text{ср.}j}}, \quad (22)$$

где $j=1,2,3,\dots,U$ - индекс, указывающий размер опок; N_j - годовая масса отливок, изготовленных в опоках j -того размера с учетом брака отливок, т. Обычно разбивка на группы по массе предполагает изготовление отливок этой группы в опоках одного размера (гр. 7 ф. 3);

$m_{\text{ср.}j}$ - средняя масса отливки в этой группе, т (гр. 4 ф. 3);

$t_{\text{ср.}j}$ - средняя продолжительность технологических операций (изготовления полуформ и их упрочнения, сборки форм, заливки, выбивки) для j -того размера опок на каждом участке, ч. Берется по нормативам или на базовом заводе.

$F'_{\text{оп.}j}$ - площадь, приходящаяся на одну форму при выполнении технологических операций на различных участках, м^2 . Так, при изготовлении полуформ (F_1) и их сборке (F_3):

$$F'_{\text{оп.}j} = 2,5 \cdot (l'_j + 0,4) \cdot (b'_j + 0,4) \quad (23)$$

при упрочнении и ожидании упрочнения (F_2) или при ожидании заливки и заливке форм (F_4):

$$F'_{\text{оп.}j} = (l'_j + 0,4) \cdot (b'_j + 0,4) \quad (24)$$

при установке пустых опок на участке выбивки (F_6) или при охлаждении отливок в форме (F_5):

$$F'_{\text{оп.}j} = 0,85 \cdot (l'_j + 0,4) \cdot (b'_j + 0,4) \quad (25)$$

где l'_j, b'_j - габаритные размеры опок, м;

2,5 - коэффициент, учитывающий место для полуформ, моделей и комплекта стержней;

0,85 - коэффициент, учитывающий уменьшение проходов (<0,8м) между опоками и формами на участках выбивки (F_6) и охлаждения (F_5).

Следует отметить небольшое отличие в расчете площади участка охлаждения F_5 . Поскольку выполнение этой операции может происходить без участия людей и оборудования и за пределами рабочего времени $\Phi_{\text{э}}$, то при расчете F_5 в формулу (22) подставляют значение календарного фонда времени Φ_k .

Площадь оперативного склада моделей рассчитывают по формуле:

$$F_7 = \sum_{j=1}^U 2 \cdot F_{Mj} \quad (26)$$

либо $F_7 = (0,05 - 0,1) \cdot (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6)$,

где F_{Mj} - площадь моделей для опоки j -того размера, м^2 .

7.7.6.2. Формовка в кессоне

В этом случае основные операции по изготовлению отливки осуществляются на одном месте (в кессоне). Площадь, занимаемая одной формой, равна:

$$F'_{\text{оп}} = [1' + (1...3)] \cdot [b' + 2...3] \quad (27)$$

Площадь же кессонов F_k зависит от годового количества форм, подлежащих изготовлению, площади $F_{\text{оп}}$ и средней продолжительности изготовления отливки в каждой группе. Последняя величина складывается из времени основных операций (формовки, сборки, упрочнения, охлаждения). Время этих операций неодинаково и может превышать одну смену и даже сутки. Поэтому при расчете площадей, занятых на каждой операции, необходимо пользоваться различными значениями фонда времени: для односменной $\Phi_{\text{э}1}$, двухсменной $\Phi_{\text{э}2}$, и круглосуточной работы Φ_k .

Общую площадь кессонов определяют так:

$$F_k = \sum_{j=1}^U \frac{N_j \cdot F'_{\text{оп}j} \cdot K_H}{m_{\Phi j}} \cdot \left(\frac{t_{1j}}{\Phi_{\text{э}1}} + \frac{t_{2j}}{\Phi_{\text{э}2}} + \frac{t_{3j}}{\Phi_k} \right) \quad (28)$$

где t_{1j} - суммарное время операций, выполняемых в одну смену, ч (формовка, сборка, заливка);

t_{2j} - суммарное время операций, выполняемых в две смены, ч (формовка, упрочнение, охлаждение);

t_{3j} - суммарное время операций, выполняемых в три смены и в выходные дни (упрочнение формы, охлаждение отливки), ч.

Общую площадь F_k делят на количество кессонов определенных размеров. Обычно для каждого размера опок, который выбирается различным в зависимости от максимальных габаритов отливки в группе, предусматривают отдельный кессон на несколько форм (от 3 до 10).

В состав полезной площади кессонного формовочного отделения (нетто) F_H включают площадь, необходимую для отделки верхних полуформ, хранения опок, моделей, стержней, поданных на сборку и т.п., примерно равную расчетной площади кессонов, т.е. $F_H \sim 2F_k$.

Для определения общей площади формовочно-заливочно-выбивного отделения (брутто) F_6 с формовкой на плацу и в кессоне к принятой полезной площади F_H добавляют согласно технологической планировке площади, занятые формовочным, сушильным, выбивным и другим оборудованием с необходимыми проходами для его обслуживания и проездами согласно нормам технологического проектирования, а также площади, не обслуживаемые грузоподъемными средствами (по 1-1,5 м) вдоль каждого ряда колонн и по 2-3 м по торцам.

Пример 12. Пусть необходимо рассчитать полезную площадь кессонного формовочно-заливочно-выбивного отделения при следующих исходных данных (табл. 9).

Площадь $F'_{\text{оп}}$, занимаемую формой, определим приближенно, исходя из габаритов средней отливки в каждой группе:

$$\text{группа 1: } F'_{\text{оп}1} = (4+1) \cdot (1,2+2) = 5,2 \cdot 3,2 = 16 \text{ м}^2$$

$$\text{группа 2: } F'_{\text{оп}2} = (4,6+1) \cdot (3+2) = 5,6 \cdot 5 = 28 \text{ м}^2$$

$$\text{группа 3: } F'_{\text{оп}3} = (6,3+2) \cdot (4+3) = 8,3 \cdot 7 = 58 \text{ м}^2$$

Площадь кессона для отливок каждой группы определим по формуле (28):

$$F_{k1} = \frac{3570 \cdot 16 \cdot 1,2}{9 \cdot 1} \cdot \left(\frac{8}{2030} + \frac{32}{3975} + \frac{80}{8760} \right) = 154, \text{ м}^2$$

Полученные результаты заносят в табл. 9.

Время операций взято из нормативов [18, 19].

Таблица 9

№ кессона	Группа по массе, т	Годовое число отливок		Средняя масса отливки, т	Габаритные размеры отливок, м		Средний полный цикл изготовления отливки, сутки	Средняя площадь, занятая одной формой, м ²	Расчетная площадь кессона, м ²	Принятые размеры кессона, м
		тыс. тонн	шт.		средние	максимальные				
1	6-10	3,57	398	9	4×1,2×1	6×3×2	5	16	154	19×5××4
2	10-20	2,4	134	18	4,6×2××2,2	7×4×3	8	28	146	24×5××4
3	20-80	2,03	45	45	6,3×4×3	15×5××4	12	58	151	23×7××5
Всего		8,0	577						451	

Для изготовления отливок первой группы примем 2 кессона площадью 95 м² и 60 м² с размерами 19×5×4 и 12×5×4 метра на одновременное размещение, соответственно, 3 и 2 форм.

Для отливок второй группы примем кессоны с размерами 24×5×4 м на 4 формы. Для отливок третьей группы примем кессон размером 29×7×5 м на 3 формы.

Полезную площадь кессонного отделения получим из :

$$F_n = 2F_k = 2 \cdot 451 = 902 \text{ м}^2.$$

7.7.7. Расчет парка опок

Расчет парка опок ведут исходя из величины цикла их оборота. Для поточного производства рассчитывают по формуле:

$$П = (1,25 \dots 1,30) \cdot f_{ц} \cdot t_{об}, \quad (29)$$

где (1,25...1,30) - коэффициент, учитывающий резерв и ремонтный задел парка опок (15% - резерв и 15% - на ремонте);

$t_{об}$ - цикл оборота опок, ч. Рассчитывают отдельно для верхней и нижней опок, либо берут на базовом заводе.

Пример 13. Пусть необходимо для условий примера 10 рассчитать парк опок.

Определим по чертежу линии путь, проходимый каждой из опок:

$$\text{верхняя: } S^B = 2 \cdot 45 + 2 \cdot 12 = 114 \text{ м,}$$

$$\text{нижняя: } S^H = 2 \cdot 18 + 2 \cdot 45 + 2 \cdot 12 = 150 \text{ м.}$$

Определим время оборота опок:

$$\text{верхняя: } t_{об}^B = S^B / U_k^P = 114 / 4,28 = 27 \text{ мин} = 0,45 \text{ ч,}$$

$$\text{нижняя: } t_{об}^H = S^H / U_k^P = 150 / 4,28 = 35 \text{ мин} = 0,58 \text{ ч.}$$

Парк опок.

$$\text{Верхних: } П^B = 1,3 \cdot 0,45 \cdot 180 = 105.$$

$$\text{Нижних: } П^H = 1,3 \cdot 0,58 \cdot 180 = 136.$$

7.8. Организационно-планировочные решения

Проектируя формовочно-заливочно-выбивное отделение для массового и крупносерийного производства, формовочные линии следует устанавливать в пролете по одной, оставляя проезд вдоль фронта линий нормальной ширины, желательно с обеих сторон (для лучшего обслуживания линии). Длина пролета для размещения линий без смесеприготовительного участка составляет обычно 108-120 м. В каждой линии следует предусмотреть свою отдельную смесеприготовительную установку, которую обычно располагают в одном пролете с линией, как ее продолжение.

При проектировании производства средних и особо крупных отливок в упрочняемых формах в потоке его (т.е. поток) обычно комплектуют из отдельных агрегатов и нестандартного оборудования. При этом формовочное и выбивное оборудование и межагрегатные транспортные средства располагают у литейного конвейера так, чтобы в потоке не происходило разобщение комплекта и вращения опок вокруг вертикальной оси, т.е. опоки устанавливают на модельные плиты и при сборке форм каждый раз в одинаковом положении. Поэтому формовочное оборудование и межагрегатные транспортные средства располагают различно (с поворотом на 90°). Вместимость бункера должна обеспечивать работу в течение 1,5-2 ч. Сборка форм производится на специальных транспортных устройствах или непосредственно литейном конвейере. Перестановка сборных форм с использованием грузоподъемных средств не рекомендуется. Для упрочняемых форм при поточном производстве получили распространение газовые проходные сушила. Могут применяться и сушила других типов.

В составе поточных формовочных отделений рекомендуется предусматривать участки для изготовления опытных отливок, оснащенные соответствующими формовочными автоматами.

Формовочные отделения тяжелого литья следует размещать на площадках с низким уровнем грунтовых и весенних вод (не менее 5-6 метров ниже нулевой отметки). Поэтому при проектировании кессона необходима его гидроизоляция, если этот уровень выше.

Ширина пролетов зданий в одноэтажном и двухэтажном исполнении принимается равной: 18 или 24 м при максимальной массе отливки до 2 т и 24 м – при массе от 2 до 5 т. Более предпочтительна ширина 24 м. При изготовлении отливок массой свыше 5 т проектируются только одноэтажные здания с шириной пролетов 24 и 30 м. Высота уровня пола второго этажа обычно составляет 7,8 м и только при производстве крупных отливок с применением металлоконструкций допускается 8,4 м при соответствующем обосновании.

8. Проектирование плавильных отделений

8.1. Методика проектирования

При проектировании плавильных отделений необходимо: 1) составить баланс металла; 2) выбрать тип и производительность печи с технико-экономическим обоснованием; 3) рассчитать оптимальную вместимость ковшей и печи; 4) рассчитать количество печей; 5) согласовать работу плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений; 6) рассчитать оптимальный состав среднегодовой шихты; 7)

выбрать и рассчитать количество оборудования для набора, подогрева и загрузки шихты, обработки расплава, удаления шлака и т. д.; 8) обосновать организационно-планировочные решения.

При этом должно применяться современное оборудование и прогрессивные методы плавки с обязательным экономическим обоснованием. Все процессы (уборка шлака, шихтовка, транспорт шихты и жидкого металла и др.) должны быть механизированы и по возможности автоматизированы.

8.2. Расчет баланса металла

Баланс металла составляют для расчета количества печей. При отсутствии исчерпывающей документации (в единичном и мелкосерийном производстве) для его составления пользуются данными базового завода (цеха) или удельными показателями выхода годных отливок, угара и потерь в процентах от металлической завалки.

При наличии исчерпывающей документации (в массовом, крупносерийном и серийном производстве) данные для составления баланса металла при заполнении формы 8 берут из формы 7 «Количество жидкого металла в формах».

Ее заполняют следующим образом (см. пример 14)

- 1) В графы 1, 2, 4, 5, 6, 7 вносят исходные данные из регламента технологического процесса.
- 2) В графе 3 записывают данные из гр. 14 ф. 1 или гр. 11 ф. 4 (в зависимости от выражения программы).
- 3) В графу 8 вносят значение $B_{годн}$ (в %), которое определяют, руководствуясь следующими соображениями.

При проектировании литейного цеха учитывается брак отливок (внешний и внутренний), который принимается по данным базового завода и сравнивается с данными передовых заводов. Если на базовом заводе брак превышает брак передовых заводов, то его корректируют, указав, какие мероприятия приняты для снижения брака по всем видам в проектируемом цехе (заводе). На предприятиях процент брака обычно исчисляется по отношению к количеству отливок, предъявленных СТК, т. е. по отношению к сумме: годные плюс брак. Так как в формах 1 и 4 «Программа цеха» [5] указано только количество годных отливок, то заводской процент брака нужно пересчитывать по формуле:

$$B_{годн} = \frac{100 \times B_{пред}}{100 - B_{пред}}$$

здесь $B_{годн}$ – процент брака по отношению к годным отливкам (заносится в форму 7);

$B_{пред}$ – процент брака по отношению к предъявленному ОТК (заводской).

Заполнение граф 9-15 производится на основании элементарных расчетов: гр.9=гр.3×гр.8; гр.10=гр.9× $m_{отл}$; гр.11=гр.3+гр.9; гр.12= гр.11:гр.14; гр.13=гр.5×гр.12; гр.14=гр.6×гр.12; гр.15=гр.7×гр.12;

Затем составляется баланс металла для каждой марки сплава (см. ф.8). По статьям 1, 2, 3, 5, используют данные (в тоннах) соответствующих граф: 3, 14, 10, 15, ф.7.

Количество жидкого металла в формах												Форма 7		
№ отливки	Марка сплава	Годовое количество отливок, шт.	Отливок в форме, шт.	Масса в 1 форме, кг			Брак литейного цеха			Годовое число с учетом брака		Годовое количество тонн		
				Отливки	Литниковое, выпороз, прибылей	Всего	%	шт / год	т/год	Отливки	Форм	Залитых отливок	Литниковое, выпороз, прибылей	Всего металла в форме
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
04.38.157	Ст.45Л	147945	4	17,6	9,2	26,8	4,0	5918	26,039	153863	38465	676,984	353,878	1030,862
04.45.530	Ст.45Л	67248	4	18,8	20,4	39,2	2,0	1345	6,321	68593	17148	322,382	349,819	672,201
04.46.102	Ст.45Л	67868	4	6,5	5,8	12,3	1,5	1018	3,308	68886	34443	223,878	199,769	423,648
Т4.30.129	Ст.45Л	216874	2	20,0	5,6	25,6	1,08	2386	23,860	219260	109630	2192,600	613,928	2806,528
Т4.31.104	Ст.45Л	72292	2	12,2	12,4	24,8	2,0	1446	8,820	73738	36869	449,801	457,175	906,976
Т4.56.258	Ст.45Л	58536	2	14,4	9,0	23,4	1,4	820	5,904	50356	29678	427,363	267,102	694,465
04.30.107	Ст.45Л	44131	2	29,0	6,0	35,0	2,2	971	14,079	45102	22551	353,979	135,306	789,285
030.122	Ст.45Л	44132	2	36,0	12,0	48,0	3,8	1677	30,186	45809	22904	824,544	274,848	1099,392
030.10	Ст.45Л	88813	2	44,0	34,0	78,0	2,2	1954	42,988	90767	45383	1996,852	1543,022	3509,874
Т4.30.168	Ст.45Л	46989	1	42,0	35,0	77,0	3,4	1598	67,116	48587	48587	2040,654	1700,543	3741,199
Итого									228,40	4837961	405658	808,988	5895,392	15704,33

Исходные данные (в тоннах) по статьям 4, 6, пока неизвестны. Однако их процент от металлозавалки может быть взят на базовом заводе, если в проекте не изменены плавильные печи, метод плавки, разливки. В противном случае этот процент берут по литературным данным с обязательной ссылкой на источник, а правильное, по нормам проектирования.

Таким образом, одна часть статей баланса выражена в единицах массы (т), а другая – в относительных единицах (%). Выражение всех статей баланса в одинаковых единицах легко осуществить после нахождения массы металлозавалки М, принятой за 100 %, по формуле:

$$M = \frac{Г + Л + Б}{100 - (С + У)} \quad (30)$$

Следует иметь в виду, что значение (%) металла бракованных отливок, будут соотноситься между собой, как $Б < Б_{пред} < Б_{годн}$.

Пример 14. Пусть необходимо по исходным данным примера 8 составить баланс металла. Выплавка стали 45Л осуществляется в дуговых печах вместимостью 3 т обычным способом. Разливка стали механизированная по схеме: печь – раздаточный ковш – заливочный ковш – форма.

Решение.

Процент угара и безвозвратных потерь принимаем 6%, руководствуясь рекомендациями [1]

Процент сливов и сплесков принимаем 2% по данным завода с аналогичной схемой разливки.

Массу металлозавалки определяем по формуле:

$$M = \frac{(9808,938 + 5895,392 + 228,404) \times 100}{100 - (2 + 6)} = 17320 \text{ т.}$$

Определим проценты: Г, Л, Б от металлозавалки по формулам:

$$Г = \frac{9808,938}{17320} \times 100 = 56,68\% ; \quad Л = \frac{5895,392}{17320} \times 100 = 34\%$$

$$Б = \frac{228,404}{17320} \times 100 = 1,32\%$$

Определим массу сливов, сплесков (С), угара и безвозвратных потерь (У) по формулам:

$$С = \frac{17320 \times 2}{100} = 364,4 \text{ т.}; \quad У = \frac{17320 \times 6}{100} = 1040 \text{ т.}$$

Полученные результаты вносим в форму 8.

Пример 15. Пусть необходимо изготовить 40000 тонн годных стальных средних отливок (Г) из стали 30Л. При заполнении формы 8 металл литниковых систем (Л) составил 20000 тонн, а металл бракованных отливок (Б) составил 2000 тонн. По данным базового завода процент сливов и сплесков (С) равен 2%, а угара и безвозвратных потерь (У) - 5%.

Массу металлозавалки получим по формуле:

$$M = \frac{(40000 + 20000 + 2000) \times 100}{100 - (2 + 5)} = 66660 \text{ т}$$

Имея эти данные легко заполнить форму 8 недостающими (см. ф.8). Баланс металла имеет большое техническое и экономическое значение и считается важнейшим сводным технологическим документом. По нему можно определить технический уровень в цехе: рациональность ведения плавки (угар); качество технологии формы (литники, прибыли, и т. п.); соблюдение технологической дисциплины (брак) и т. п. Исходя из баланса, легко видеть, какое количество металла подлежит включению в состав шихты и последующему переплаву (литники, прибыли, брак, сливы и т. п.).

Выход годного за последние годы стабилизировался и составляет в среднем по стране 71-71% для чугуна и 60-61% для стали. Однако эти данные нельзя использовать в расчете. Необходимо принимать этот процент по отраслевым нормам и видам литья.

№ п.п.	Статьи баланса	Баланс металла		Форма 8	
		Сталь 45Л		Сталь 30Л	
		тонн	%	тонн	%

1	Годные отливки	9808,938	56,68	40000	60,0
2	Металл литниковых систем	5895,392	34,00	20000	30,0
3	Металл бракованных отливок	228,404	1,32	2000	3,0
4	Сливы, сплески, тех. пробы, экспериментальные	346,4	2,0	1330	2,0
5	отливки и т. п.	16279,13	94,0	63330	95,0
6	Жидкий металл	1040,0	6,0	3330	5,0
7	Угар, безвозвратные потери Металлическая завалка	17320,0	100	66660	100

8.3. Выбор типа плавильных печей

8.3.1. Критерии выбора

Тип и производительность плавильных печей выбирают с учётом следующих критериев [13].

1. Вида и качества сплава. При этом решают следующие основные вопросы:

а) какова температура плавления и перегрева подлежащих заливке сплавов;

б) как определить показатели качества жидкого металла и положительное или отрицательное влияние на них типа плавильного агрегата (химические и физические реакции между компонентами шихты, садкой и печной атмосферой и стенками ванны печи).

2. Вида сырья и энергоносителей; какие следует применять или имеются в распоряжении.

3. Объёма производства, т. е. объёма массы жидкого металла, которую нужно выплавить и перегреть за определённый период работы. При этом необходимо выяснить, как в количественном и качественном отношении следует поставлять общую массу в течение периода работы.

4. Группы отливок по массе.

5. Режима плавильного отделения и др.

8.3.2. Печи для плавки чугуна

Основным плавильным агрегатом для плавки рядовых марок серого и ковкого чугуна остаётся вагранка. Её основными достоинствами являются непрерывность плавки и высокий тепловой КПД при нагреве и расплавлении чугуна, достигающий 45%. Однако, при перегреве жидкого чугуна он падает до 5%. Перегрев же жидкого чугуна в электропечи происходит при тепловом КПД порядка 55%, а нагрев до температуры плавления при КПД, равном 20-30%. Следовательно, плавить чугун экономичнее в вагранке, а перегревать - в электропечах. Кроме того, электропечи не имеют таких недостатков вагранки, как трудность получения жидкого металла с точным химическим составом и его низкая температура – 1400-1450°С, не говоря о насыщении серой.

Поэтому для получения чугуна с повышенными свойствами, а также легированных высокопрочных, применяют:

а) дуплекс-процесс вагранка-электропечь (дуговая, индукционная тигельная или канальная);

б) электрическая печь (дуговая, индукционная тигельная или канальная);

в) сочетание двух электрических печей в дуплекс-процессе (тигельная + канальная; дуговая + индукционная канальная).

При этом первый агрегат служит только для расплавления чугуна, а второй (миксер) для доводки химического состава, перегрева и накопления жидкого чугуна. Электромиксеры желательно устанавливать вместимостью не менее двухчасовой производительности плавильных печей. При этом обеспечивается усреднённое постоянство химического состава и температуры металла, выдаваемого на заливку. Рекомендуется монтировать миксеры на весовые датчики для непрерывного контроля расхода расплава.

Кроме того, индукционные тигельные и канальные печи успешно применяются и для выплавки чугуна рядовых марок. В этом случае применяют дешёвую шихту: стружку, легковесную обрезь и т. п. в количествах, компенсирующих разницу между затратами электроэнергии при индукционной плавке и стоимостью кокса при ваграночной плавке. Эта разница в среднем составляет около 10% себестоимости жидкого чугуна. При плавке в индукционных печах возможно понижение угара элементов и увеличение выхода годных отливок [12].

Наряду с ростом выплавки чугуна в индукционных печах развивается производство чугуна и в электродуговых печах. Некоторые фирмы при больших масштабах производства отдают предпочтение последним.

В СНГ выпускаются:

1. Вагранки производительностью от 5 до 50 т/ч (закрытого типа с горячим дутьём, коксогазовые, газовые, с основной футеровкой, с водяным охлаждением, металлургические).

2. Дуговые печи вместимостью от 3 до 50 тонн с поворотным сводом и выкатной ванной.

3. Индукционные печи тигельного типа промышленной частоты вместимостью от 1 до 25 тонн. Могут служить как для плавки (ИЧТ), так и для перегрева (ИЧТМ).

4. Печи индукционные канального типа с частотой 50 Гц (ИЧКМ) вместимостью от 2,5 до 100 тонн для работы в миксерном режиме. С энергетической точки зрения миксеры ИЧКМ экономичнее миксера ИЧТМ ввиду более высокого теплового КПД. Кроме того, наличие отъёмных каналов позволяет заменять изношенные новыми, даже не опорожняая печь.

8.3.3. Печи для плавки стали

В фасонно-сталелитейном производстве используют главным образом:

а) электродуговые печи типа ДСН, ДСП и СДП вместимостью от 3 до 50 т;

б) индукционные тигельные печи с частотой более 50 Гц типа ИСТ с вместимостью тигля от 0.06 до 10 т;

в) кислородные конверторы вместимостью 2-20 т.

Для повышения производительности электродуговых печей на 10-20% применяют кислород. Начинает находить применение кислородно-конверторный процесс, при котором сталь получают дуплекс-процессом: чугун из вагранки подаётся в конвертор, где продувается кислородом высокой чистоты (99.5%). По данным зарубежных фирм заводская себестоимость одной тонны жидкой стали, выплавленной в таком конверторе, в 1,5 раза ниже себестоимости электростали [1, 2, 8, 12]. Появились сталеплавильные печи постоянного тока типа ДСПТ.

8.3.4. Печи для плавки цветных сплавов

Несмотря на то, что в существующих цветнолитейных цехах ещё широко применяются топливные (газовые и мазутные) тигельные и отражательные поворотного и стационарного типа печи, при проектировании новых цехов следует отдавать предпочтение электрическим печам, особенно индукционным тигельного и канального типов с частотой 50 Гц.

В СНГ выпускают следующие виды электрических печей:

а) индукционные тигельные и канальные печи для плавки алюминия типа ИАТ и ИАК с вместимостью тигля, соответственно, 0,4-6,0 т и 1,0-6,0 т;

б) индукционные тигельные печи (50 Гц) для плавки магниевых сплавов типа ИГТ с вместимостью тигля от 0,25 до 4,0 т;

в) индукционные тигельные печи (50 Гц) для плавки медных сплавов типа ИЛТ с вместимостью тигля от 1 до 25 т;

г) индукционные канальные печи для плавки медных сплавов типа ИЛК с вместимостью тигля от 0,6 до 16 т;

д) печи сопротивления для плавки и выдержки алюминиевых и цинковых сплавов типа САТ, САК и САН вместимостью от 0,15 до 3 т.

При выборе плавильного агрегата для алюминия следует учитывать, что при частой смене марок алюминиевых сплавов, периодической работе плавильных печей, а также при использовании в качестве шихты вторичного алюминия с большим содержанием стружки, вызывающей интенсивное зарастание плавильных каналов, рекомендуется принимать к установке печи типа ИАТ вместо ИАК.

Дуговые печи вызывают местный высокий перегрев металла, а значит, повышенный угар его и газонасыщение. Печи сопротивления имеют низкую стойкость хромалевых и нихромовых нагревательных элементов.

8.4. Расчет оптимальной вместимости плавильной печи по методу Кульбовского И.К.

Он применим при следующей организации разливки металла:

1) печь периодического действия - заливочный ковш - форма;

2) печь периодического действия - не обогреваемый накопитель (раздаточный ковш) - заливочный ковш - форма.

После выбора типа печей (особенно печей периодического действия) нужно найти оптимальную вместимость разливочного ковша и печи и только после этого рассчитывать количество печей. Это гарантирует отсутствие в плавильном и формовочно-заливочном-выбивном отделениях несоответствия между работой плавильных печей периодического действия и поточных линий.

Для ритмичной работы линий необходимо, чтобы суммарная металловместимость накапливаемых под заливку форм была достаточной для разливки, которая может считаться оптимальной, если обеспечиваются установленные технологией скорость заполнения, начальная T_n и конечная T_k температуры заливаемого металла и продолжительность простаивания форм до заливки.

Время $t_{оп}$ полного опорожнения ковша с оптимальной скоростью разливки не должно превышать времени $t_{охл}$, в течение которого температура металла в нём снизится от заданного технологией верхнего уровня T_n до нижнего T_k , т. е. основное условие заливки

$$t_{оп} < t_{охл}$$

причём,

$$t_{\text{охл}} = \frac{T_{\text{н}} - T_{\text{к}}}{v_{\text{охл}}}$$

где $v_{\text{охл}}$ – скорость падения температуры металла в ковше, °С/мин.

Для случая, когда формы заливают непосредственно из разливочного ковша его вместимость определяют по методу Кульбовского И.К., изложенному в п. 7.7.3.5. В случае, когда из разливочного ковша металл подается в малые заливочные ковши, ход рассуждений остается таким же.

Для расчета вместимости плавильной печи вначале задаются коэффициентом d , учитывающим во сколько ковшей выпускается плавка. При выпуске в 1, 2, 3, ... d ковшей он соответственно равен 1, 2, 3, ... d . Для сталеплавильных печей (дуговых, индукционных, тигельных) наиболее выгодным является выпуск всего содержимого печи в один ковш ($d=1$), но по условиям работы цеха плавка может выдаваться и в два ковша ($d=2$). При плавке чугуна и цветных металлов в индукционных печах с зумпфом металл забирается порциями, например, $d=3$ при сливе $1/3$ и $d=4$ при сливе $1/4$ вместимости печи.

Следует помнить, что коэффициент отбора d металла в заливочный или раздаточный ковш в каждом случае определяется типом сплава, технологическим процессом его выплавки, режимом разливки, возможностью выдержки металла в печи без потери его качества, режимом работы формовочного и заливочного участков, массой отливки, типом формовочных агрегатов и др.

Вместимость печи определяется по формуле:

$$Q = d \times q$$

где $q = q_{\text{зал}}$ - при первом варианте организации разливки, т;

$q = q_{\text{р}}$ - при втором варианте организации разливки, т.

При этом вместимость раздаточного ковша, являющегося не обогреваемым накопителем, из которого металл выдается в малые заливочные ковши, определяется аналогично вместимости заливочного ковша по формуле:

$$q_{\text{р}} < \left[q_{\text{зал}} \times (T_{\text{н}} - T_{\text{к}}) \right] / \left[\Delta T \times t_{\text{об.зал}} \right], \text{ т}$$

где $t_{\text{об.зал}}$ - время цикла оборота заливочного ковша, мин, равное времени опорожнения заливочного ковша $t_{\text{оп.зал}}$ плюс время $t_{\text{тр}}$, затраченное на его транспортировку к месту заполнения и обратно. $t_{\text{тр}}$ определяется по планировке с учетом пути и скорости транспортирования заливочного ковша и укрупненно может быть принято (0,3...0,6) $t_{\text{оп.зал}}$. Таким образом:

$$t_{\text{об.зал}} = t_{\text{оп.зал}} + t_{\text{тр}} = t_{\text{оп.зал}} + (0,3...0,6) \times t_{\text{зал}}$$

Пример 16. Пусть необходимо разлить в формы 63330 тонн жидкой стали при работе дуговых плавильных печей в две смены ($\Phi_3=3890$ ч.) для обеспечения бесперебойной работы автоматической линии с непрерывным движением форм. На этих линиях изготавливается тонкостенная отливка, для которой нужно строго соблюдать технологический режим заливки по температуре, т.е. интервал между начальной $T_{\text{н}}$ и конечной $T_{\text{к}}$ температурами заливки наименьший и равен 50°C . Интервал между температурой металла в раздаточном ковше после выпуска из печи $T_{\text{в}}$ и конечной $T_{\text{к}}$ перед разливкой в заливочный ковш принят 120°C . Сталь разливают обычным способом: печь - раздаточный ковш - заливочный ковш - форма. Металлоемкость формы указанной отливки $m_{\text{ф}}=44$ кг, время заливки $t_{\text{зал}}=12$ с, время транспортировки от разливочного (раздаточного) ковша до формы и обратно $t_{\text{тр}}=1$ мин, время заливки с учетом подготовительно - заключительных операций $t'_{\text{зал}}=20$ с. Примем, что из одного заливочного ковша будем заливать 5 форм. Тогда его вместимость составит $44 \times 5 = 220$ кг. По справочнику (или ГОСТу) выбираем ближайшее стандартное значение вместимости $q_{\text{зал}}=0,25$ т. Проверим правильность выбора. В табл. 8 указано, что для ковшей вместимостью 0,15-0,7 т скорость охлаждения составляет $9-25^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ для выбранного ковша получаем $\Delta T=20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ (путем интерполяции)

Время охлаждения металла в ковше ниже технологически допустимой температуры $T_{\text{к}}$, определяется по формуле:

$$t_{\text{охл}} = (T_{\text{н}} - T_{\text{к}}) / \Delta T = 50 / 20 = 2,5 \text{ мин.}$$

Время опорожнения заливочного ковша определим по формуле:

$$t_{\text{оп.зал}} = \frac{1000 \times q_{\text{зал}} \times t'_{\text{зал}}}{60 \times m_{\text{ф}}} = \frac{1000 \times 0,25 \times 20}{60 \times 44} = 2 \text{ мин}$$

Из условия $t_{\text{оп}} < t_{\text{охл}}$ определим максимальное значение вместимости заливочного ковша:

$$q_{\text{зал}} \leq \frac{60 \times m_{\text{ф}} \times (T_{\text{н}} - T_{\text{к}})}{1000 \times V \times t'_{\text{зал}}} < \frac{60 \times 44 \times 50}{1000 \times 20 \times 20} < 0,33 \text{ т}$$

Ближайшее стандартное значение вместимости ковша равно 0,25 т и соответствует выбранному ранее.

Вместимость конического раздаточного ковша определим аналогично, учитывая, что из него обычно заполняют несколько заливочных ковшей. Ориентировочно примем вместимость около 1т. Из табл. 8 определяем скорость охлаждения металла в таком ковше $\Delta T=10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Зная допустимый интервал $(T_{\text{в}}-T_{\text{к}})=120^{\circ}\text{C}$, получим максимальную вместимость раздаточного ковша по формуле:

$$q_{\text{р}} < \frac{(T_{\text{в}} - T_{\text{к}}) \times q_{\text{залив.}}}{V \times t_{\text{об. залив.}}} < \frac{120 \times 0,25}{10 \times 3} < 1 \text{ т}$$

Здесь $t_{\text{об. залив.}} = t_{\text{оп. залив.}} + t_{\text{тр.}} = 2 + 1 = 3$ мин.

По справочнику (или ГОСТу) примем ближайшее значение вместимости ковша - 1т.

Из стандартного ряда вместимостей дуговых печей видно, что наименьшую вместимость 3т имеет печь ДСП-3. Следовательно, коэффициент отбора металла из печи равен 3, т. е. разливать металл придется в три ковша. Однако, при этом существенно снизится производительность плавильных печей. В этом случае целесообразно рассмотреть вариант увеличения вместимости заливочного ковша, например, до 0,4 т и повторить расчет. Однако, независимо от результата окончательное решение вопроса о вместимости печи возможно только после согласования работы плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений.

8.5. Расчет количества плавильных печей

В расчете количества плавильных печей используется годовое количество $N_{\text{ж}}$ жидкого металла из ф.8. Необходимое количество пар вагранок определяется по формуле:

$$n_{\text{р}} = (N_{\text{ж}} \times K_{\text{н}}) / (\Phi_{\text{з}} \times f_{\text{ц}})$$

При этом производительность вагранки рекомендуется по возможности принимать на меньше часовой потребности P в металле данной марки, что позволяет избежать излишнего количества малых вагранок. Необходимо стремиться к меньшему числу вагранок. В связи с этим заслуживают внимания металлургические вагранки с длительным циклом работы (до 10-12 дней), которые не нуждаются в дублере. Расчет печей периодического действия производят по формуле

$$n_{\text{р}} = (N_{\text{ж}} \cdot t_{\text{пл}} \cdot K_{\text{н}}) / (\Phi_{\text{з}} \cdot Q_{\text{п}}),$$

где $t_{\text{пл}}$ - продолжительность плавки в часах с учетом времени на загрузку шихты, выпуск металла из печи и ее подготовку к плавке.

Продолжительность плавки изменяется в следующих случаях [1, 2, 3, 8]:

1. При плавке с применением кислорода время $t_{\text{пл}}$ для дуговых печей уменьшается на 10-20 %; при подрезке шихты кислородом в период плавления на 7-12 %; при продувке ванны кислородом в окислительном периоде на 10-12 %.

2. При выплавке легированных сталей в дуговых печах вместимостью до 6 т время плавки увеличивается на 20 %, выше 6 т-на 10 % по сравнению с выплавкой углеродистой стали.

3. При применении устройств для предварительного подогрева шихты время плавки уменьшается в соответствии с температурой подогрева (~ на 20-30 %).

4. Для индукционных тигельных печей в справочниках часто указывается время плавки на твердой шихте. При работе с зумпфом это время изменяется пропорционально количеству загруженной в тигель твердой шихты. Так, например, при выплавке чугуна с температурой выдачи на разливку 1400°C печь ИЧТ-6 имеет теоретическую продолжительность плавки на твердой шихте 2,65 ч, а практическую продолжительность 3,8 ч (с учетом времени загрузки шихты, выпуска металла из печи и подготовку тигля к плавке), с применением же зумпфа 50% - 3,15 ч.

5. При основном процессе время плавки на 15-30% больше, чем при кислом, из-за необходимости удаления из расплава серы и фосфора.

6. Для индукционных тигельных печей (50 Гц) в справочниках приводятся данные о времени плавки в установках, состоящих из двух или одного тиглей и одного основного трансформатора. Если применяется установка из трех тиглей и двух основных трансформаторов, то она считается эквивалентной двум первым. Коэффициент использования $K_{\text{ис}}$ плавильных печей рекомендуется 0,8-0,85, т.к. они допускают возможность более интенсивного использования относительно средней производительности.

Пример 17. Пусть необходимо выплавить $N_{\text{ж}}=63330$ т жидкой стали 30Л в печах ДСП-3 вместимостью $Q_{\text{п}}=3\text{т}$ при двухсменном режиме работы $\Phi_{\text{з}}=3890$ ч. Определить количество печей.

8.4.1. Расчетное количество печей определим по формуле:

$$n_{\text{р}} = \frac{N_{\text{ж}} \times t_{\text{пл}} \times K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{з}} \times Q} = \frac{63330 \times 2 \times 1,1}{3890 \times 3} = 11,8$$

где $t_{\text{пл}} = 2\text{ч}$ - с учетом времени подготовительно-заключительных операций.

Принимаем предварительно $n_{\text{пр}}=14$ печей с коэффициентом использования $K_{\text{ис}} = 11,8/14 = 0,84$.

8.6. Согласование работы плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений

Плавильное отделение призвано обеспечить потребность формовочно-заливочно-выбивного отделения в жидком металле. В производстве (особенно автоматизированном) возникающая потребность должна удовлетворяться без промедления, чтобы не снизилась производительность формовочно-заливочно-выбивного отделения из-за отсутствия металла. Если же предложение металла будет больше, чем потребность в нем, его придется разливать в чушки или выдерживать в плавильной печи, что снижает эффективность работы плавильного отделения. Таким образом, необходима согласованная работа плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений. При этом работу плавильного отделения подчиняют работе формовочно-заливочно-выбивного отделения.

Способ согласования зависит от сочетания вида плавильной печи и линии.

1. Если для обеспечения непрерывной работы линии любой производительности выбрана плавильная печь непрерывного действия (например, вагранка), то необходимо согласовать равенство часовой потребности P формовочно-заливочно-выбивного отделения в металле данной марки и часовой производительности печи (вагранки) f_u . Возможность вагранки накапливать некоторое количество металла позволяет компенсировать кратковременные (до 0,25 ч) простои линии. Выполнить условие $P=f_u$ на практике можно только в хорошо организованном производстве.

2. Если для выплавки металла выбрана печь периодического действия, а металл разливают по одной из схем: а) печь - раздаточный ковш - заливочный ковш - форма; б) печь - заливочный ковш - форма,

то для согласованной работы необходимо, чтобы темп выдачи τ металла из плавильных печей был меньше или равен времени опорожнения $t_{он}$ раздаточного ковша (или заливочного), т.е. $\tau < t_{он}$. Здесь ковш является не обогреваемым накопителем металла. В этом случае вместимость такого накопителя зависит от допустимого технологией разлива времени $t_{охл}$ охлаждения расплава в ковше, темпа τ выдачи металла из плавильных печей, времени $t_{он}$ опорожнения раздаточного (заливочного) ковша и может быть определена расчетом по методике Кульбовского И. К. [17] или графическим методом Штольца К. [16].

3. Согласованной работы любого вида печи и линии легко добиться, если между ними иметь какой-либо обогреваемый накопитель металла (копильник, миксерную печь и т.п.). При этом возможны два варианта:

3.1. Если накопитель используется только для компенсации неравномерности потребления металла, то его суммарную минимальную вместимость Q_n определяют:

а) для сочетания "печь непрерывного действия (вагранка)-накопитель" по формуле:

$$\sum_{i=1}^n Q_{Hi} \geq P \cdot K_H,$$

где $j=1, 2, \dots, n$ - количество накопителей, соответствующее либо принятому количеству плавильных печей, либо количеству поточных линий, либо количеству одновременно выплавляемых марок сплавов;

$P=(N \times K_H)/\Phi_3$ - часовая потребность формовочно-заливочно-выбивного отделения в металле данной марки, т/ч; 7

K_H - коэффициент неравномерности работы соответствующего оборудования;

б) при попарной работе вагранки и накопителя:

$$Q_H = f_u \times K_H$$

в) для сочетания "печь периодического действия - накопитель":

$$Q_H = (Q_n \cdot 60) / \tau$$

3.2. Если в накопителе предусмотрено проведение каких-либо технологических процессов (усреднение или доводка химического состава, выдержка для дегазации, перегрев для последующего модифицирования и т.п.), то вместимость накопителя увеличивается и определяется:

а) для сочетания "печь непрерывного действия (вагранка) - накопитель" по формуле:

$$\sum_{i=1}^n Q_{Hi} \geq 4,5 \cdot P$$

б) при попарной работе вагранки и накопителя:

$$Q_H = 4,5 \times f_u ;$$

в) для сочетания "печь периодического действия - накопитель":

$$Q_H = (1 \dots 2) Q_n .$$

Более подробно вопросы согласования работы плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений в случае использования обогреваемого накопителя рассмотрены К.Штольцем, применившим графический метод [16].

Рассмотрим согласование по методу Кульбовского И.К. Для этого вначале определяют интервал выдачи плавков плавильным отделением по формуле :

$$\tau' = t_{ин} / n_{пр}$$

Затем определяют требуемый интервал выдачи плавков для удовлетворения потребности формовочно-заливочно-выбивного отделения в жидком металле данной марки по формуле:

$$\tau = (60 Q_n K_{ис})/P,$$

где $P = (N_{ж} K_n)/\Phi_3$ - среднечасовая потребность формовочных линий в металле данной марки, равная отношению количества жидкого металла $N_{ж}$ к эффективному фонду времени Φ_3 работы этих линий (с учетом коэффициента неравномерности K_n потребления жидкого металла).

В идеальном варианте $\tau = \tau'$. Однако на практике этого достичь невозможно. Поэтому применяют накопители жидкого металла в виде раздаточного или разливочного ковша и форм в виде накопительного участка линии, т.е. создают резерв металла и форм. При этом желательно не иметь существенного резерва форм и металла. Наличие резерва определяется разностью между значениями интервала выдачи плавков τ' и времени разливки ковша $t_{оп}$. Если $\tau' - t_{оп} < 0$, то в ковше имеется металл, для разливки которого нужны формы, а если $\tau' - t_{оп} > 0$, то металл в печи еще не готов к разливке и также необходим резерв форм, чтобы не останавливать работу линии. Таким образом, при интервале выдачи плавков τ' и времени разливки ковша $t_{оп}$ время пребывания форм на линии до заливки составит $(\tau - t_{оп})$. Оно не должно превышать допустимого технологическим процессом времени $t_{ож}$ ожидания формой заливки, в течение которого качество формы существенно не ухудшается. Если $(\tau - t_{оп}) > t_{ож}$, то следует принять печи меньшей вместимости или организовать отбор металла из печи порциями (т.е. увеличить d), чтобы уменьшить интервал выдачи плавков, т.е. сократить разницу $(\tau - t_{оп})$.

Накопительный участок для бесперебойной работы линии должен принять формы за время $(\tau - t_{оп})$, поэтому его суммарная длина может быть определена по формуле:

$$L_{Н1} = S_{\phi} \times f_{ц} \times \frac{\tau - t_{оп}}{60}$$

Здесь S_{ϕ} - шаг форм на накопительном участке линии, м.

Длину накопительного участка линии следует также привести в соответствие с вместимостью q_p разливочного ковша:

$$L_{Н2} = (1000 \cdot q_p \cdot S_{\phi}) / m_{\phi}$$

Если $L_{Н2} > L_{Н1}$, то длину накопительного участка принимают равной $L_{Н2}$.

Следует отметить, что при этом расчете переменными для каждого случая являются τ и $t_{оп}$. Интервал выдачи плавков зависит от общей производительности отделения, вида сплава, типа и вместимости плавильных печей и режима отбора металла из них. Время опорожнения ковша зависит от технологических параметров изготавливаемых отливок: их массы, толщины стенки, марки металла и размера форм. Так, например, в цехах с большим объемом выпуска близких по технологическим параметрам легких и средних отливок, изготавливаемых на высокопроизводительных линиях, величина $(\tau - t_{оп})$ стремится к нулю и поэтому величина $L_{Н1}$ имеет также небольшое значение. При изготовлении же на линиях крупных отливок с большой толщиной стенок величины $(\tau - t_{оп})$ и $L_{Н1}$ являются значительными. В этих условиях формовочные линии на базе тележечных конвейеров могут быть непригодны и следует применять линии на базе шагающих, рольганговых или других конвейеров с многоветвевыми накопительно-заливочными участками (типа УЗТМ, Кюнкель-Вагнер, Г. Фишер и др.).

Как видно, выбирать тип линии следует не только по условиям оптимального формообразования, но и по обеспечению на них оптимального режима заливки форм.

Пример 18. Для условий предыдущих примеров 16 и 17 необходимо определить длину участка накопления форм, установленных на линии с шагом $S_{\phi}=1,5$ м. Цикловая производительность линии $f_{ц}=130$ ф/час.

Определим требуемый интервал выдачи плавков по формуле:

$$\tau = \frac{60 \times Q_n \times K_{ис}}{P} = \frac{60 \times 3 \times 0,84}{17,35} = 8,7 \text{ мин}$$

Здесь $P = (N_{ж} \times K_n)/\Phi_3 = (63330 \times 1)/3645 = 17,35$ т/ч.

Плавильное отделение может обеспечить выдачу металла через:

$$\tau' = t_{пл}/n_{пп} = 120/14 = 8,56 \text{ мин.}$$

Сопоставление этих данных свидетельствует о том, что предложение металла плавильным отделением незначительно превышает потребность формовочно-заливочно-выбивного отделения.

Определим время опорожнения раздаточного ковша:

$$t_{оп} = (q_p \times t_{об.зал}) / q_{зал} = (1 + 3)/0,25 = 12 \text{ мин}$$

Разность $(\tau - t_{оп}) = 8,56 - 12 = -3,44$ мин.

Следовательно, в ковше имеется резерв металла, для разливки которого немедленно необходимы формы.

Определим длину участка линии для накопления такого резерва форм по формуле:

$$L_{Н1} = \frac{S_{\phi} \cdot f_{ц} \cdot (\tau - t_{оп})}{60} = \frac{1,5 \cdot 130 \cdot (8,56 - 12)}{60} = 11,2 \text{ м}$$

Приведем длину накопительного участка $L_{н1}$ линии в соответствие с вместимостью раздаточного ковша по формуле (8.20):

$$L_{Н2} = \frac{1000 \cdot q_p \cdot S_{\phi}}{m_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 1,5}{44} = 34 \text{ м}$$

Следовательно, линия должна иметь накопительный участок длиной 34 м.

Пример 19. Рассчитать оптимальную вместимость плавильных печей и длину накопительного участка формовочных линий для нового сталелитейного цеха, в котором будут выпускать отливки двух технологических групп для грузовых железнодорожных вагонов. К первой группе отнесены отливки типа “боковина тележки” и “шкворневая балка”, ко второй - типа “корпус автосцепки” и др. Каждая группа формируется на линиях разных типов. Для обеих групп: количество отливок в форме $n=2$ шт; коэффициент, учитывающий выпуск плавов в несколько ковшей $d=1$; технологически допустимое время ожидания формой заливки $t_{ож}=2$ ч; время на перемещение и фиксацию ковша при заливке (по условиям цеха) $t_{п.з.}=20$ с; разливка по схеме: печь - заливочный ковш - форма. Другие исходные данные первой и второй групп: размер опоки в свету 2200×2700 и 1200×1600 мм; металлоемкость формы по жидкому металлу, принятая для расчета $m_{\phi}=1000$ и 500 кг; толщина стенки отливки $\delta=18$ и 40 мм; допустимая конечная температура заливки форм $T_k=1530$ и 1510°C ; скорость понижения температуры в ковше $\Delta T=2$ и $3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$; весовой коэффициент $K_M=1,15$ и $0,9$; шаг форм на заливочном участке линии $S_{\phi}=3,5$ и $2,5$ м; цикловая производительность формовочной линии $f_{ц}=25$ и 60 ф/ч; среднечасовая потребность линии в жидком металле $P=16$ и 20 т/ч, соответственно. Стандартный ряд вместимостей крановых ковшей для стали: $0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 30,0; 40,0$ т. Стандартный ряд вместимостей дуговых сталеплавильных печей: $3,0; 6,0; 12,0; 25,0; 50,0$ т.

Решение.

Определим технологическое время заливки одной формы по формуле Дубицкого Г.М. для случая сужающейся литниковой системы, в которой узким местом является питатель:

Группа 1:

$$t_{зал} = K_M \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot \frac{m_{\phi}}{n}} = 1,15 \cdot \sqrt[3]{18 \cdot \frac{1000}{2}} = 24 \text{ с};$$

Группа 2:

$$t_{зал} = K_M \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot \frac{m_{\phi}}{n}} = 0,9 \cdot \sqrt[3]{40 \cdot \frac{500}{2}} = 19,3 \text{ с}.$$

Тогда полный цикл заливки одной формы равен, соответственно:

$$t'_{зал} = t_{зал} + t_{п.з.} = 24 + 20 = 44 \text{ с}; \quad t'_{зал} = 19,3 + 20 = 39,3 \text{ с}.$$

Определим расчетную вместимость заливочного ковша:

Группа 1:

$$q_{зал} \leq \frac{60 m_{\phi} (T_{н} - T_k)}{1000 \cdot \Delta T \cdot t'_{зал}} \leq \frac{60 \cdot 1000 \cdot (1560 - 1530)}{1000 \cdot 2 \cdot 44} \leq 20,5 \text{ т}.$$

Группа 2:

$$q_{зал} \leq \frac{60 \cdot 500 \cdot (1570 - 1510)}{1000 \cdot 3 \cdot 39,3} \leq 15,3 \text{ т}.$$

При заданном $d=1$ расчетная вместимость плавильных печей для отливок первой группы должна быть $<20,5$ т, а для второй $<15,3$ т. Однако по стандартному ряду вместимостей дуговых печей наиболее близкими к расчетным являются печи ДСП-25 с продолжительностью плавки $t_{пл}=3,8$ ч и ДСП-12 ($t_{пл}=2,9$ ч).

По рекомендациям [1] желательно иметь один тип печей в плавильном отделении. Однако, если принять только печи ДСП-25, то продолжительность плавки для отливок второй группы возрастает в $3,8/2,9=1,3$ раза; плавку придется разливать в два ковша, чтобы соблюсти температурные режимы, но разливать в два ковша на одной линии невозможно из-за отсутствия второго мостового крана.

Применение же только печей ДСП-12 увеличило бы их количество для отливок второй группы почти в два раза с соответствующим увеличением капиталовложений. Поэтому для обеспечения высокого качества отливок при оптимальных затратах следует принять два типа плавильных печей: ДСП-25 и ДСП-12.

8.6.4. В соответствии с принятой увеличенной вместимостью печей для отливок первой группы изменим и вместимость ковша до 25 т. Однако при этом изменится и скорость охлаждения в нем расплава с 2 до $1,5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Проверим его пригодность:

$$t_{охл} = (T_n - T_k) / V = (1570 - 1530) / 1,5 = 26,7 \text{ мин.}$$

$$t_{он} = \frac{q_{зал} \cdot t_{зал} \cdot 1000}{m_{\phi} \cdot 60} = \frac{25 \cdot 44 \cdot 1000}{1000 \cdot 60} = 18,3 \text{ мин.}$$

Поскольку время охлаждения металла в ковше больше времени его опорожнения, то ковш вместимостью 25 т обеспечит технологические условия заливки.

Определим требуемый интервал выдачи плавок, приняв $K_{ис} = 0,8$ из рекомендуемого диапазона 0,8...0,85.

группа 1:

$$\tau = \frac{60 \cdot Q_n \cdot K_{ис}}{P} = \frac{60 \cdot 25 \cdot 0,8}{16} = 75 \text{ мин.}$$

группа 2:

$$\tau = \frac{60 \cdot 12 \cdot 0,8}{20} = 28,8 \text{ мин.}$$

Определим время опорожнения заливочного ковша вместимостью 12 т (для отливок второй группы):

$$t_{он} = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 39,3}{20} = 15,7 \text{ мин.}$$

Определим время ожидания формой заливки:

$$\text{группа 1: } t_{ож} = \tau - t_{он} = 75 - 18,3 = 66,7 \text{ мин.}$$

$$\text{группа 2: } t_{ож} = 28,8 - 15,7 = 13,1 \text{ мин.}$$

Легко видеть, что расчетное время ожидания формой заливки меньше технологически допустимого времени $t_{ож} = 2 \text{ ч.}$

Рассчитаем длину накопительного участка линии, исходя из значений $(\tau - t_{он})$:

группа 1:

$$L_{Н1} = S_{\phi} \cdot f_{\psi} \cdot \frac{\tau - t_{он}}{60} = 3,5 \cdot 25 \cdot \frac{66,7}{60} = 96 \text{ м.}$$

группа 2:

$$L_{Н1} = 2,5 \cdot 60 \cdot \frac{13,1}{60} = 32,6 \text{ м.}$$

Рассчитаем длину накопительного участка линии с учетом разливки полного ковша:

Группа 1:

$$L_{Н2} = \frac{1000 \cdot q_p \cdot S_{\phi}}{m_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 25 \cdot 3,5}{1000} = 87,5 \text{ м.}$$

Группа 2:

$$L_{Н2} = (1000 \cdot 12 \cdot 2,5) / 500 = 60 \text{ м.}$$

Сравнивая значения $L_{Н1}$ и $L_{Н2}$, приходим к выводу, что следует принять следующие длины накопительных участков:

группа 1: 96 метров, т.к. $L_{Н1} > L_{Н2}$;

группа 2: 60 метров, т.к. $L_{Н1} < L_{Н2}$.

8.7. Расчет оптимального состава среднегодовой шихты

Для расчета процесса загрузки печей и отделения хранения и подготовки шихтовых материалов составляется среднегодовая шихта по каждой марке сплава. Это может быть шихта базового завода, но обязательно должен быть сделан ее расчет и доказано, что принятая шихта является наиболее экономичной из возможных вариантов. Рассчитывают ее одним из известных способов (графическим, аналитическим, подбором) [6].

Например, необходимое количество X любой шихтовой составляющей может быть определено по формуле:

$$X = [K \times B \times G - (p_2 b_2 q_2 + p_3 q_3 b_3 + \dots + p_n b_n q_n)] / p_1 b_1,$$

где $K = 100 / (100 - \Pi)$ - коэффициент, учитывающий общие безвозвратные потери при плавке;

Π - общие безвозвратные потери при плавке, %. Берут из справочников или на базовом заводе;

B - заданное содержание определенного химического элемента в готовом металле, %;

G - заданная масса готового жидкого металла, кг. Для плавильных печей периодического действия с полным их опорожением G равна вместимости печи по жидкому металлу;

p_1, p_2, \dots, p_n - усвоение элемента из 1, 2, ... n-ой шихтовых составляющих. Определяется как: $p = (100 - Y) / 100$,

где Y - угар определенного химического элемента в 1, 2, ... n-ой шихтовой составляющей, %;

q_1, q_2, \dots, q_n - массы шихтовых составляющих, кг.

При этом следует учитывать существующее положение и тенденции в балансе металла страны, данного экономического региона, завода и цеха. Так, в целом по стране увеличивается доля машинного металлолома, передельных чугунов и снижается количество доменных. На крупных машиностроительных заводах обычно имеется много металлических отходов в виде стружки, облоя, высечки, которые подлежат переплаву. В шихте должен быть учтен возврат собственного производства (бракованные отливки, литники, прибыли, выпоры, сливы, технологические пробы, скрап). Их количество известно из баланса металла. При расчете следует также учитывать зависимость угара элементов от типа плавильного агрегата, способа плавки, выдержки и перегрева, состояния шихты. Эти данные берут либо на базовом заводе, либо из литературы с обязательной ссылкой на источник.

8.8. Выбор и расчёт количества других видов оборудования

8.8.1. Шихтовка

Набор и взвешивание шихты (шихтовка) осуществляют или магнитными кранами с регулируемой подъёмной силой магнитной шайбой, или с помощью системы индивидуальных дозаторов с тензометрическими или магнитоупругими датчиками. В последнем случае для подачи металлических компонентов шихты в дозаторы в системе устанавливают встряхивающие бункера с траковыми, вибрлотковыми или другого типа питателями. Взвешенные дозы каждой составляющей металлической шихты выдают на реверсивный пластинчатый конвейер, который подаёт шихту к воронке, расположенный над загрузочной бадьёй (мульдой, корзиной).

При любой системе шихтовки металлических компонентов, взвешенные в заданных количествах неметаллические компоненты (кокс, известняк) загружают в бадью во время кратковременной остановки её на пути следования к плавильному агрегату. В сталелитейных цехах и при большом объёме шихтовки отдают предпочтение магнитным шайбам с регулируемой грузоподъёмностью.

Количество мостовых кранов рассчитывают по объёму шихтовки, числу перемещений и их дальности в транспортной части проекта.

Вместимость загрузочной бадьи (мульды, корзины) выбирают в зависимости от вместимости и производительности печи. Так, печи периодического действия загружают одной бадьёй (малые печи) или несколькими (большие печи). При совместной загрузке в вагранку шихты, топлива и флюсов вместимость бадьи определяется по нормам:

Таблица 10

Внутренний диаметр шахты вагранки, мм	1100	1300	1500	1800	2100
Вместимость бадьи, м ³	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5

8.8.2. Предварительный подогрев шихты

При загрузке влажной шихты (например, стружки) в ванны с жидким металлом в индукционных печах возможно разбрызгивание расплава и даже взрыв. Поэтому шихту стали подсушивать, подогревая её перед загрузкой в специальных печах. При этом оказалось целесообразным подогревать шихту до более высоких температур, чтобы одновременно с подсушкой повысить также производительность плавки. Так, производительность плавки при подогреве шихты до 600°C возрастает на 30-40% в зависимости от температуры выпуска жидкого металла. Оптимальной температурой подогрева считают 300-400°C, т. к. окисление и связанный с этим угар железа начинается уже при 480°C и после 600°C резко усиливается.

Существует ряд различных установок для предварительного подогрева шихты. Одни из них предусматривают подогрев в бадьях, соответствующих диаметру тигля, другие в печах непрерывного действия. При этом наиболее целесообразны циркуляционные печи, работающие на дешёвом природном газе, что даёт экономию электроэнергии на 15-20%. Скорость нагрева в таких печах зависит от плотности шихты и её объёма. Так, при насыпной массе стальной стружки 600 кг/м³ температура достигает 300°C за 4 мин, а при массе 1250 кг/м³ - за 12 мин. При этой же массе нагрев отходов листовой обрезки, оборотного материала и лома занимает 15 мин. При нагреве пакета размером 400×400×400 мм температура через 27 мин достигает в наружных зонах 500°C, а в центральной части только 150°C. Однако влага и большая часть масла из пакета при этом уже удалена.

Кроме того, продолжительность подогрева зависит от требуемой температуры нагрева. Так, при нагреве до 500°C нужно 4 мин, а при нагреве до 650°C – 12 мин.

Помимо указанных достоинств подогрев шихты позволяет также:

- 1) удалить из шихты примеси легкоплавких цветных металлов (свинец, олово, цинк и т. д.);
- 2) улучшить состояние окружающей среды в связи с уменьшением дымообразования при плавке;

3) снизить стоимость плавки.

Расчёт количества установок ведётся по формулам (1) или (6). При этом необходимо согласование вместимости и производительности печей для подогрева шихты и плавки, для чего строят график их работы или рассчитывают по формулам.

8.8.3. Загрузка шихты в печь

Для загрузки вагранок по-прежнему остаётся наиболее приемлемым наклонный подъёмник, при котором эта операция легко автоматизируется. Возможна также непрерывная загрузка вагранок пластинчатыми транспортёрами или другими средствами. При реконструкции могут быть оставлены существующие монорельсовые тележки и шаржирные краны.

Для загрузки индукционных печей рекомендуются пластинчатые (подогретая шихта) и ленточные (холодная шихта) конвейеры, а также направляющие желоба. Они позволяют контролировать скорость подачи материалов в печь и исключают возможность зависания шихты, которое имеет место при загрузке бадьями. Зависание шихты часто является причиной разрушения футеровки индукционных печей.

Для загрузки электродуговых печей применяют бадьи (корзины) с раскрывающимся днищем.

8.8.4. Обработка расплава, удаление шлака

При производстве высокопрочного чугуна применяют автоклавы с вместимостью ковша от 0,3 до 15 т. Получают распространение встряхивающие ковши для десульфурации и гомогенизации состава жидкого чугуна с помощью обожжённой порошковой извести или гранулированного карбида кальция. Перемешивание жидкого металла и вводимых в ковш компонентов ускоряет реакции между ними, обеспечивая десульфурацию на 80-90 %. Ковш типа МСМ вместимостью от 2 до 10 т поставляет Польша. Количество автоклавов и встряхивающих ковшей определяют по формуле (6).

Способ удаления шлака зависит от типа печи. От вагранки шлак обычно уносится потоком воды в гранулированном виде в ёмкости, расположенные на складе шихты. Из этих ёмкостей шлак извлекается либо грейфером, либо в перфорированных бадьях. От печей периодического действия обычно удаляется в шлаковнях, либо сливается из ковша на устройстве грануляции.

8.8.5. Расчёт количества других видов оборудования

После расчёта количества плавильных печей, как основного вида оборудования в плавильном отделении, определяют число других видов технологического оборудования (для набора, подогрева и загрузки шихты, обработки расплава, удаления шлака и т.п.).

Пример 20. Необходимо рассчитать количество установок для подогрева шихты в бадьях и согласовать их работу с работой плавильных печей при следующих исходных данных: установка одновременно подогревает только одну бадью вместимостью $Q_{\delta}=3$ т; вместимость плавильной печи $Q_{п}=3$ т; полное время плавки (с учетом загрузки и выгрузки печи) $t_{пл}=2$ ч; количество плавильных печей $n_{пр}=14$; годовая металлозавалка $M=66660$ т; температура подогрева шихты $T_{под}=350^{\circ}\text{C}$; полное время подогрева (с учетом загрузки и выгрузки установки) $t_{под}=30$ мин; эффективный годовой фонд времени работы установок и печей $\Phi_3=3890$ ч.

Рассчитаем количество установок:

$$n_p = \frac{M \times t_{под} \times K_{ис}}{Q_{\delta} \times \Phi_3} = \frac{66660 \times 0,5 \times 1,1}{3 \times 3890} = 3,14$$

Принимаем 4 установки с

$$K_{ис} = 3,14/4 = 0,785$$

Проверим согласованность работы плавильных печей и установок для подогрева шихты. Интервал выдачи плавков (опорожнения плавильных печей) определяем по формуле:

$$\tau = t_{пл} / n_{пр} = 120/14 = 8,56$$

Интервал выдачи бадей с подогретой шихтой определяем по формуле:

$$\tau = t_{под} / n_{пр} = 30/4 = 7,5$$

Поскольку 7,5 мин меньше 8,56 мин, то принятое количество установок обеспечит 14 печей подогретой шихтой.

8.8.6. Расчет количества ковшей

Расчет потребного количества разливочных ковшей (парка ковшей) понятен из нижеприведенного примера.

Пример 21. Пусть необходимо определить потребное количество сталеразливочных ковшей вместимостью $q=8$ т при следующих исходных данных: продолжительность охлаждения ковша после разлива перед его ремонтом $t_{охл}=1,5$ ч; текущего ремонта $t_{р.т.}=1,5$ ч; сушки и подогрева ковша $t_{под}=1,5$ ч; установки под желоб печи и заполнения расплавом $t_{зап}=0,3$ ч; капитального ремонта и подогрева $t_{р.к.}=5$ ч; сушки и разогрева после капитального ремонта $t_{раз}=4$ ч; число разливок (циклов) из ковша между его

капитальными ремонтами $n_{ц.к.}=40$; число циклов работы ковша до его текущего ремонта $n_{ц.т.} = 6$; годовой фонд времени работы ковша $\Phi_3=3980$ ч; годовое количество жидкого металла $N_{ж}=110000$ т; вместимость дуговой сталеплавильной печи $Q_{п}=6$ т; плавка выдается в один ковш; $K_{н}=1,1$.

Найдем продолжительность $t_{ц.п.}$ полного цикла работы ковша между капитальными ремонтами по формуле:

$$t_{ц.п.} = n_{р.т.} \times (t_{ожл} \times t_{р.т.} \times t_{под}) + t_{зап} \times n_{ц.к.} + t_{р.к.} + t_{раз} =$$

$$= 6(1,5 + 1,5 + 1,5) + 0,3 \times 40 + 5 + 4 = 48$$

здесь $n_{р.т.} = n_{ц.к.} / n_{ц.т.} = 40 / 6 = 6$ - число полных текущих ремонтов одного ковша.

Рассчитаем число капитальных ремонтов ковша в год:

$$n_{ц.т.} = \Phi_3 / t_{ц.п.} = 3890 / 48 = 81$$

Найдем годовое число разливок (циклов) из одного ковша:

$$n_{ц.т.} = n_{р.к.} \times n_{ц.к.} = 81 \times 40 = 3240$$

Определим необходимое годовое количество разливок (плавов):

$$n_{раз} = \frac{N_{ж} \times K_{н}}{Q_{п}} = \frac{110000 \times 1,1}{6} = 20166$$

Определим расчетное количество ковшей:

$$n_{р} = n_{раз} / n_{ц.т.} = 2166 / 3240 = 6,22.$$

Принимаем $n_{р} = 7$ ковшей.

Следует отметить, что вычисления также могут быть выполнены и с помощью формулы:

$$n_{р} = \frac{N_{ж} \times t_{ц.п.} \times K_{н}}{Q_{п} \times n_{ц.к.} \times \Phi_3}$$

8.9. Организационно-планировочные решения

При проектировании плавильных отделений не следует забывать о площадях, необходимых для размещения вспомогательного (стенды для сушки и ремонта ковшей и т. п.) и сопутствующего оборудования, которое является составной частью плавильных агрегатов. К такому оборудованию относят: воздуходувки, рекуператоры, устройства для шихтовки при ваграночном процессе; печные трансформаторные подстанции дуговых электропечей; помещения для конденсаторных батарей индукционных печей и т. п. Это оборудование часто занимает площади, равнозначные площадям, отведённым для собственно плавильных агрегатов. Так, при установке печей ИЧТ удельная площадь, приходящаяся на 1т номинальной ёмкости, находится в пределах от 70 м²/т для печей вместимостью 0,7 т и до 40-55 м²/т для печей вместимостью 30 т. Из всей площади около 45% процентов занимает сопутствующее оборудование (трансформаторы, конденсаторная батарея, насосная установка, вентиляторы, фильтры, приборы контроля, автоматики и управления).

Габаритные размеры подстанций электрооборудования электрических печей, размеры плавильных пролётов, оборудованных различными печами, а также их привязочные размеры приведены в справочниках [1, 2].

Следует отметить, что в них даны минимально необходимые размеры плавильных пролётов, которые могут быть скорректированы с учётом объёмно-строительного решения здания цеха в целом. Кроме того, при разработке рабочих чертежей некоторые параметры здания уточняют, что связано в основном с изменением габаритных размеров и конструкций приобретаемого плавильного и транспортного оборудования в сравнении с ранее выпускаемым. Получает распространение дополнительный пролет.

Ширину плавильных пролётов принимают 18, 24, 30, 36 м. Пролёты в 30 и 36 м применяют при установке высокопроизводительного оборудования для дуплекс-процесса. Рекомендуются следующие отметки пола второго этажа: 7,2; 7,8; 8,4 м.

Электромиксеры рекомендуется располагать рядом с плавильными печами, обеспечивая непосредственно подачу жидкого чугуна из печей в миксеры по желобам. В этом случае исключается задолженность мостовых кранов, крановщиков и рабочих по обслуживанию перелива металла из плавильных печей в миксеры. И, что особенно важно, такое размещение плавильных и раздаточных печей исключает дополнительное загрязнение жидкого чугуна неметаллическими включениями.

Установка дуговых печей возможна в двух вариантах:

1. Печи и печные трансформаторные подстанции размещают в смежных пролётах. При этом шихту в печи загружают в плавильном пролёте.

2. Печи и печные подстанции размещают в одном пролёте с выдачей жидкого металла в смежный пролёт. При этом шихту в печи загружают на складе шихты или во вспомогательном пролёте.

Установка индукционных тигельных печей обычно осуществляется в четырёх вариантах:

1. Две печи и один основной трансформатор, при этом одна печь является резервной.
2. Три печи и два основных трансформатора, при этом одна печь является резервной.
3. Две печи и два трансформатора, из них один основной, другой – вспомогательный. Дополнительный трансформатор позволяет переключать любую из двух печей на работу в миксерном режиме и вести плавку и раздачу металла непрерывно. При этом производительность установки по сравнению с первым вариантом увеличивается в 1,3 раза.
4. Три печи, два основных и один вспомогательный трансформатор. Каждый из тиглей может работать в миксерном режиме. Плавка и выдача металла ведётся непрерывно, а производительность увеличивается в 2,6-2,7 раза.

9. Проектирование стержневых отделений

9.1. Методика проектирования

При проектировании стержневых отделений необходимо:

- 1) определить организационную структуру отделения и объем производства стержней; 2) распределить стержни по группам в зависимости от их массы, габаритов и сложности; 3) выбрать способ изготовления стержней каждой группы (из ХТС, ЖСС, в нагреваемой оснастке, тепловой сушкой) ; 4) определить степень механизации отделения и выбрать оборудование для изготовления стержней, их обработки, транспортировки; 5) рассчитать количество оборудования; 6) обосновать организационно-планировочные решения.

9.2. Организационная структура. Объём производства

Первой задачей, которую надо решить при проектировании стержневых отделений, является определение их организационной структуры. Различают две основные структуры: а) по технологическому признаку изготовления стержней (например, в нагреваемой или холодной оснастке и т.п.); б) по признаку продолжения потока формовки.

Выбор той или иной структуры зависит от сочетания объема производства, характера стержней и номенклатуры отливок.

Первый вид структуры характерен при массовом и крупносерийном производстве мелких и средних отливок. Тем не менее высокая производительность современных автоматических формовочных линий оправдывает создание децентрализованных стержневых участков для каждой линии. Однако, при наличии в цехе нескольких формовочных линий рациональным может оказаться решение, когда одна из линий, например, производящая блоки цилиндров, будет иметь свой самостоятельный стержневой участок, а несколько других линий – свой стержневой участок. В отдельных случаях целесообразно создание специальных линий для определенных стержней.

Второй вид структуры характерен при серийном, мелкосерийном и единичном производстве крупных и тяжёлых отливок, т. к. в условиях оптимального масштаба этих производств целесообразно создать одно централизованное стержневое отделение для обслуживания нескольких формовочных отделений. Допускается проектирование одного общего стержневого отделения на два формовочных, если они находятся в составе одного литейного цеха. Как показывает практика, при достаточном масштабе производства следует предусматривать для каждого формовочного отделения самостоятельное стержневое отделение для исключения элементов обезлички в процессе эксплуатации проектируемого цеха. Объём стержневых работ зависит главным образом от масштаба производства и сложности отливок, т. е. количества и массы стержней на отливку. Он определяется при заполнении граф 1-8 формы 9.

9.3. Распределение стержней по группам и способам изготовления

Независимо от структуры отделения всю номенклатуру стержней необходимо распределить на группы по массе согласно рекомендациям табл. 11. Данные о средней величине объёма и массы стержня используют при отсутствии технологических материалов о стержнях отливок проектной программы.

Выбор смесей и способов получения различного вида стержней в значительной мере определяется их размерами, сложностью и серийностью производства.

В массовом и крупносерийном производстве рекомендуется изготавливать стержни с отверждением их в горячей или холодной оснастке. При выборе типа смеси для этих способов следует помнить, что для стальных отливок пригодны смеси только на фурановом связующем. Стержни с фенольными, фенолформальдегидными связующими и т. п. вызывают в стальных отливках газовые раковины вследствие выделения азота. В чугунных же отливках они применяются с успехом. Уплотнение стержней до 100 кг производится, как правило, пескодувным способом; стержни свыше 100 кг уплотняют встряхиванием и пескомётом

Следует отметить, что отверждение в оснастке по сравнению с традиционным отверждением в печи повышает точность и качество стержней и отливок, уменьшает расход смеси, цикл изготовления стержня; полностью исключает применение сушил, каркасов и в большинстве случаев подгонку и склейку. С целью повышения производительности машин, изготавливающих стержни по горячей оснастке, следует предусматривать по возможности пустотелые стержни, т. к. эта производительность уменьшается с увеличением толщины стержня.

.Форма 9	Продолжительность, ч		19	<p>Примечания.</p> <p>1. Форма заполняется с учётом организационной структуры отделения.</p> <p>2. Данные графы 7 используют для расчёта смесителей и расхода материалов.</p> <p>3. При определении годового количества и массы стержней следует учитывать потери, которые имеют место из-за брака отливок, форм, из-за поломки стержней и т. п. Эти потери составляют около 10 %.</p> <p>4. При крупносерийном и массовом производстве номенклатуру, количество, размеры и другие технологические параметры стержней определяют по технологическим картам и вносят в форму 9.</p> <p>5. При отсутствии технологических разработок и чертежей на часть или всю номенклатуру отливок количество стержней можно определить по нормам расчётного количества стержней на 1 т годового чугунного и стального литья, которые приведены в справочниках.</p> <p>6. При серийном, мелкосерийном и единичном производстве размеры и другие параметры стержней определяют по технологическим разработкам, выполненным на чертежах отливок.</p> <p>7. Нормы продолжительности цикла сушки и подсушки стержней в зависимости от их размеров, применяемых смесей и температуры сушки приведены в справочниках. Для массового и крупносерийного производства режим уточняют в зависимости от конкретной номенклатуры стержней, связующих и типов сушил.</p> <p>8. Если в проекте нет сушил непрерывного действия, то соответствующие графы исключают.</p>	
	Площадь сушильников, м ²	на год	18		
		одного	17		
	Количество	Сушильников в год	16		
		Стержней на сушильнике	15		
	Габариты сушильника		14		
	Программа и оборудование	Тип машины			13
		Съёмов ящиков в год			12
		Стержней в ящике, шт			11
	Общие данные	Способ изготовления (тип смеси)			10
		Габариты (l×b×h), мм	ящика		9
			стержня		8
		Масса стержней	на год с учетом потерь		7
			на отливку		6
		Количество стержней	на год с учетом потерь		5
			на отлив-ку		4
	Номер стержня		3		
	Годовое количество отливок		2		
	Ном-ер отливки		1		

Таблица 11

Группы стержней					
Пределы				Средняя величина	
по объёму, дм ³		по массе, кг		объём, дм ³	массы, кг
До 0,6		До 1		0,3	0,5
Св.0,6	до 1,5	Св. 1,0	до 2,5	1,05	1,75
1,5	3,5	2,5	6,0	2,5	4,25
3,5	6,0	6,0	10,0	4,75	8,0
6,0	10,0	10,0	16,0	8,0	13,0
10,0	15,0	16,0	25,0	12,5	20,5
15,0	24,0	25,0	40,0	19,5	32,5
24,0	36,0	40,0	60,0	30,0	50
36,0	60,0	60,0	100,0	49,0	80
60,0	150,0	100,0	250,0	105	175
150,0	360,0	250,0	600,0	255	425
360,0	600,0	600,0	1000,0	480	800
600,0	1000,0	1000,0	1600,0	800	1300
1000,0	1500,0	1600,0	2500,0	1250	2050

Рекомендуется также расчленять стержни на части с последующей их склейкой, стремясь при этом к максимальной равномерности стержня по толщине. В отдельных случаях допустимо проектировать изготовление стержней из смесей, требующих тепловой сушки в сушилах. Это может оказаться целесообразным для массивных стержней, облегчение которых невозможно. При распределении стержней по сушилам следует исходить из потребного цикла сушки и типоразмера оборудования. Стержни, выполняющие полости отливки, требующие повышенной чистоты, следует окрашивать с последующей подсушкой.

В мелкосерийном и единичном производстве рекомендуется:

1) изготавливать стержни с отверждением их в холодной оснастке или методом тепловой сушки в сушилах;

2) применять шире жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС). Они целесообразны при размерах партии отливок 1000-1500 шт. в год. Эти смеси не требуют уплотнения и тепловой сушки, однако требуют обязательной окраски из-за малой плотности.

Данные о выбранной смеси и способе изготовления стержней вносят в графу 10 формы 9.

9.4. Выбор оборудования

После выбора способа изготовления стержней подбирают соответствующее оборудование. При этом учитывают оптимальную степень механизации процесса, необходимый разъем стержневого ящика, массу стержня и количество стержней в ящике. Так, машины для изготовления стержней по горячим ящикам делятся на две группы: с горизонтальной плоскостью разреза и с вертикальной. Первую группу рекомендуется применить для изготовления сложных стержней, вторую – для простых. При горизонтальной плоскости разреза протяжка стержня и приём его из ящика осуществляются более плавно, чем при вертикальной, что позволяет избегать поломок стержней.

В нашей стране и за рубежом выпускается различное оборудование, позволяющее механизировать и автоматизировать процесс изготовления практически любых стержней. Так, для изготовления быстровысыхающих стержней массой до 100 кг из смесей с малой сырой прочностью выпускают пескодувные машины мод. 2Б83, 9128Б7, 9128Б5, 9128Б9, 310. Для кантовки и вытяжки стержней из стержневых ящиков выпускают полуавтоматы 9128Б5, 9128Б7, Д9128Б9, комплектуют поворотными вытяжными машинами 28П6М, 28П8М и 28П9, соответственно. Для изготовления стержней массой до 10 кг в горячих ящиках выпускают машины и автоматы на основе пескодувных машин мод. 4554Б2, 4532Б, 4701, 4509А и др.

Уплотнение средних (40-150 кг) и крупных (от 150 до 2500 кг) стержней из смесей с высокой сырой прочностью можно производить на встряхивающих формовочных машинах мод. 232М, 233М, 234М, 235М и др. и пескометами. Для изготовления стержней из ЖСС выпускают установки периодического действия мод. 19413, 19114М и 19415 (производительностью 5-30 т/ч). Для изготовления быстрсамоотверждающихся стержней из ХТС в холодных ящиках выпускают специальные пескодувные машины со встроенными скоростными смесителями (например, КСBS-12.1 и др.) При отверждении стержней тепловой сушкой рекомендуется устанавливать сушила какого-либо одного типа – вертикального или горизонтального. В последнее время отдают предпочтение вертикальным сушилам, которые занимают меньшую площадь, позволяют создать более оперативные специализированные линии и автоматизировать процесс загрузки и разгрузки сушила. Сушила и стержневые машины желательно устанавливать одних параметров с одинаковой схемой организации работ.

После отверждения стержней следуют операции отделки, калибровки, склейки, окраски с последующей подсушкой в сушилах горизонтального действия. Промышленность выпускает установки для

зачистки поверхности склеивания средних и крупных стержней, а также краскомешалки с пульверизаторами. В связи с этим заслуживают внимание новые автоматизированные установки окрашивания стержней методом окунания или обливания.

Транспорт стержней осуществляют подвесными цепными и толкающими конвейерами, приводными роулангами, ленточными транспортерами, кран-балками и мостовыми кранами, электрифицированными тележками, электрокарами.

После выбора оборудования заполняют остальные графы формы 9.

9.5. Расчет количества оборудования

Количество оборудования для изготовления стержней рассчитывают по формуле (1). При этом за программу запуска N принимают годовое количество съемов ящиков с учетом потерь ($\leq 10\%$), числа гнезд в ящике или деления стержня на две части и более.

Коэффициент использования стержневого оборудования принимают $K_{ис} = 0,7-0,85$, но не более коэффициента использования формовочного оборудования. Аналогично $K_{ис}$ сушила не должен превышать $K_{ис}$ стержневого оборудования. Расчет количества сушил периодического действия (камерных) ведут по формуле (6), а количество рабочих мест на финишных операциях обработки стержней рассчитывают по трудоемкости.

Пример 17. Определить необходимое количество стержневых машин КСБС-12 при следующих исходных данных: съемов ящиков в год $N=581912$ (с учетом потерь); фонд времени $\Phi_3=3645$; цикловая производительность машины 30 съемов/час; коэффициент неравномерности $K_H=1,1$.

Расчет проведем по формуле:

$$n_p = (N \times K_H) / (\Phi \times f_{\psi}) = (581912 \times 1,1) / (3645 \times 30) = 5,85$$

Принимаем 8 машин с $K_{ис} = 0,73$.

9.6. Организационно-планировочные решения

При массовом и крупносерийном производстве поточные линии следует выполнять комплексными, включая в их состав оборудование как для изготовления, так и операций отделки и сборки стержней. В случае применения горизонтальных сушил их размещают в первых этажах двухэтажных зданий или поднимают над уровнем рабочего этажа при одноэтажных зданиях. Учитывая малую "живучесть" смесей для горячих ящиков, желательно, чтобы каждый участок был оснащен своим смесеприготовительным оборудованием. При этом бункера над машинами следует делать небольшими с вертикальными водоохлаждаемыми стенками. Вообще в последнее время наблюдается тенденция приближения устройств по приготовлению смеси к машинам для изготовления стержней и даже совмещения их в одном агрегате (например, при изготовлении стержней из ХТС). О приготовлении смеси будет изложено позднее.

При проектировании стержневых отделений для мелкосерийного и единичного производства отливок обычной машиностроительной номенклатуры массой > 100 кг площади стержневых отделений должны составлять не менее 70% площади формовочных отделений. Для сложных и многостержневых отливок размеры стержневого отделения могут быть одинаковыми с формовочным. При производстве отливок массой > 500 кг стержневые отделения следует располагать параллельно и рядом с формовочными пролетами, так как в противном случае затрудняется подача стержней на сборочные участки. Все крупное оборудование и сооружения целесообразно располагать у стен, между колоннами или в соседних вспомогательных пролетах (сушила, установки для приготовления и раздачи ЖСС и др.), чтобы не перегораживать и не загораживать стержневой пролет. При проектировании механизированных участков изготовления стержней из ЖСС и ХТС следует предусматривать уборку отходов смеси от позиций заполнения ящика, срезки излишков смеси, кантовки стержней и т.п. При производстве отливок массой более 100-500 кг стержневые отделения оборудуют мостовыми кранами и кран-балками.

При проектировании стержневых отделений не следует забывать о таких подсобных участках, как каркасная мастерская, приготовления краски, склад стержней и стеллажный склад ящиков, переработки бракованных стержней. Для подачи и смены оснастки на стержневых машинах, монтажа и демонтажа узлов машин при их ремонте необходимо предусматривать подъемно-транспортные средства.

При каждом стержневом отделении необходимо иметь промежуточный оперативный склад стержневой оснастки, т.к. с уменьшением серийности производства возрастает роль грузопотока оснастки, который имеет большое значение для этих отделений. Предусматривать в составе каждого стержневого отделения участок комплектации и промежуточный склад готовых стержней.

Ширина пролетов зданий стержневых отделений рекомендуется 18 и 24 м, и только при производстве стержней для отливок более 20 т принимают ширину 30 м. При производстве стержней для отливок массой > 1 т применяют мостовые краны. Высота уровня пола второго этажа рекомендуется 7,8 и реже 8,4 м.

10. Проектирование смесеприготовительных отделений

При проектировании смесеприготовительных отделений необходимо: 1) выбрать технологический процесс и оборудование для приготовления смеси; 2) рассчитать расход смеси и количество оборудования; 3) обосновать организационно-планировочные решения.

10.1. Выбор технологического процесса и оборудования

10.1.1. Приготовление смесей

Процесс приготовления любой песчаной смеси сводится к следующим операциям:

- а) отвешивание или отмеривание всех компонентов смеси, включая связующие и воду;
- б) загрузка компонентов в определённой последовательности;
- в) перемешивание для обеспечения однородности и заданных свойств смеси;
- г) доводка формовочных смесей.

При нормальном объёме замеса (0,6-1,0 м³) стержневой или формовочной смеси отмериваемая доза песка или оборотной смеси составит 500-1100 кг. Для отмеривания таких крупных порций наиболее компактным оборудованием при достаточной степени точности дозирования являются ленточные дозаторы, отмеривающие заданный объём сыпучего материала по времени прохождения его слоем определённой толщины. Если необходима большая точность, рекомендуются весовые дозаторы типа АД-500-2с, АД-800-2с и др.

Дозирование жидких составляющих производят объёмными дозаторами в виде градуированных цилиндрических ёмкостей, насосов или крыльчаток со счётчиками оборотов типа водомеров. В последнем случае для поддержания постоянного напора воды устанавливают напорный бак. Появились и специальные весовые дозаторы.

При выборе оборудования для приготовления смесей следует учитывать следующее:

а) лучшее качество перемешивания обеспечивают смесители Симпсона периодического действия с вертикальными катками (мод. 15101-15107). Поэтому их применяют для приготовления стержневых и облицовочных смесей, смесей для формовки по-сырому и по-сырому. Однако в массовом производстве формовочных смесей они недостаточно производительны. В последнее время появились двоярные и даже строенные смесители с вертикальными катками. Они могут работать как в периодическом режиме, так и в непрерывном. В первом случае повышение производительности достигается за счёт увеличения объёма замеса, а во втором – за счёт последовательного перемешивания сначала в первой, затем во второй чаше несколькими парами катков. Такие смесители выпускают мод. 1524 и 15209 производительностью до 120 т/ч;

б) для приготовления смесей сырой формовки применяют также высокопроизводительные смесители периодического действия с горизонтальными катками мод. 116М2 и 15328. Их производительность, соответственно, 50 и 120 т/ч;

в) лопаточные и шнековые смесители достаточно хорошо увлажняют и перемешивают компоненты смеси, однако они плохо осуществляют главную операцию – обволакивание зёрен песка плёнкой связующего. Поэтому их применяют для приготовления наполнительной смеси невысокого качества. В последнее время эти смесители (типа миксер-слингер) получили распространение для приготовления ЖСС и ХТС. Этому способствовали их компактность и лёгкость удаления остатков смеси. Для приготовления стержневых смесей на основе синтетических смол с отверждением в холодной оснастке комбинат «Гизаг» (ГДР) выпускает шнековые двух рукавные смесители мод. АМД-6 и АМД-15 производительностью 6 и 15 т/ч. В нашей стране выпускают подобные смесители мод. 4727, 4731, 4732, 4737.

Доводка песчано-глинистых смесей с целью улучшения их качества заключается в вылёживании и разрыхлении смеси. Вылёживание смесей для лучшего распределения влаги в глинистых оболочках зёрен и по всему объёму смеси, а также повышения прочности смеси осуществляют в бункерах-отстойниках (ёмкостью >0,5ч работы). Бункера-отстойники снабжают дисковыми вибрационными питателями. Смеси, выходящие из отстойников, разрыхляют обычно с помощью аэратора или при пересыпке с ленты на ленту. Разрыхление повышает формуемость и пластичность смеси. Промышленность выпускает аэраторы типов 16112, 16113, 16114, 16115 производительностью от 20 до 125 т/ч. Формовочные и стержневые смеси на синтетических и органических связующих вылёживанию и разрыхлению не подвергают.

Формовочные смеси транспортируют в основном ленточными конвейерами в горизонтальном направлении и ковшовыми элеваторами – в вертикальном. Для стержневых смесей эти средства мало пригодны и поэтому их обычно транспортируют в кубелях с помощью тельферов с верхним управлением или кран-балками. Жидкие компоненты перекачивают насосами по трубопроводам, а пылевидные и песок – пневмотранспортом.

10.1.2. Подготовка оборотной смеси

Оборудование для подготовки оборотной смеси входит в состав смесеприготовительного отделения. При подготовке выполняют: а) раздавливание комьев; б) извлечение и удаление металлических включений и скрапа; в) просев для удаления оставшихся комьев и неметаллических включений; г) охлаждение и стабилизацию заданных температуры и влажности смеси.

Для дробления сухих комьев применяют валковые дробилки с гладкими валками мод. 155, 156 и 157, а также специальные дезинтеграторы. Так как процесс сопровождается большим выделением пыли, необходимо предусматривать их хорошее укрытие и вентиляцию. Дробление сырых комьев в смесях с малой сырой прочностью совмещают с просевом в полигональных ситах. Для дробления сырых комьев в смесях с большей прочностью применяют вибрационные сита с дробящими кольцами.

Удаление ферромагнитных металлических включений и мелкого скрапа производится с помощью электромагнитных шкивов и подвесных электромагнитных сепараторов. Сепараторы первого типа лучше отбирают металл, находящийся внутри потока смеси ближе к поверхности ленты. Подвесные же сепараторы лучше отбирают скрап, лежащий на поверхности смеси. Поэтому целесообразно на каждом потоке оборотной смеси устанавливать сепараторы обоих типов. Удаление немагнитных металлических включений эффективно производить в установках кипящего слоя с провальной решеткой.

Металлические включения следует удалять из потока оборотной смеси как можно раньше. В противном случае они способствуют быстрому износу транспортной ленты, разрезая ее своими острыми гранями, а также забивают ячейки сит, снижая эффективность их работы.

Сепараторы выпускаются: 1) шкивные типов ШЭ65/63; ШЭ120/100 с диаметром шкива от 630 до 1000мм и шириной ленты от 650 до 1200мм; 2) подвесные типов ВМИ-П-5С, ВМИ-П-65, ВМИ-П-120 с шириной ленты конвейера от 500 до 1200мм.

Просев оборотной смеси наиболее целесообразно производить в полигональных ситах, имеющих хорошее укрытие. Применяют сита типа 173М, 175М и т.д. производительностью от 5 до 125 м³/ч.

При изготовлении среднего и крупного литья в сухие и подсушенные формы, когда время оборота формовочной смеси превышает 8ч, специального оборудования для охлаждения оборотной смеси не предусматривается. Оборудование для охлаждения оборотной смеси необходимо в высокопроизводительных цехах, где время оборота смеси не превышает 3ч. Для этого разработано много различных способов и оборудования. Например, аэрационные и элеваторные охладители, где смесь охлаждается при энергичном пересыпании и продувании холодным воздухом; башенные охладители, где смесь пересыпается по охлаждаемым циркулирующей водой металлическим поверхностям; охладители "кипящего слоя", где смесь приводится при продувке воздухом в псевдосжиженное состояние и одновременно охлаждается, обеспыливается и освобождается от крупных включений (металлических и неметаллических) и т.п.

Однако для современных технологических процессов смесеприготовления одного охлаждения смеси недостаточно. Необходимы также выравнивание и стабилизация влажности - гомогенизация оборотной смеси. Это улучшает качество смеси и облегчает автоматизацию процесса ее приготовления. Хорошо зарекомендовал себя для этой цели гомогенизационный барабан производительностью 200т/ч, а также смешивающие охладители с лопастями, перемешивающими смесь, которая продувается воздухом. Для сохранения в смеси ценных пылевидных компонентов (активная глина, уголь и др.) смесь перед продувкой увлажняют, либо охлаждают без продувки. После такой обработки оборотная смесь должна иметь оптимальную влажность (около 2%) и температуру (30-40°С).

10.2. Расчёт расхода смесей и количества оборудования

При проектировании этих отделений рассчитывают: расход смеси, количество оборудования, суммарный объем смеси в системе. Особо отметим, что расчет расхода смеси зависит от серийности производства.

1. Общий расход формовочных смесей в массовом и крупносерийном производстве, а также для форм, уплотняемых высоким давлением, определяют расчетом, исходя из размеров и количества изготавливаемых форм для всей номенклатуры отливок, за вычетом объема, занятого отливкой с литниковой системой и стержнями, по каждому виду смеси.

Порядок расчета следующий: по данным графы 13 формы 5 подсчитывают итоговую цифру по каждому виду смеси или потоку. К полученному итогу добавляют 4-6% для учета брака форм и отливок и получают расчетный годовой расход формовочной смеси. Если применяется облицовочная смесь, то ее количество обычно составляет 20-30% всего расхода. Эти данные являются основой расчетов расходов формовочных материалов и расчетов смесеприготовительного оборудования с учетом конкретных условий транспортировки, процесса формовки и соответствующих расчетных коэффициентов, приведенных ниже.

Во всех расчетах принимают следующие объемные массы (т/м³) формовочных и стержневых смесей: разрыхленные - 1,25; уплотненные при высоком давлении - 1,80; нормально уплотненные - 1,65; жидкие самотвердеющие ЖСС - 1,35.

2. При мелкосерийном и единичном производстве, когда данные для подробного расчета отсутствуют, расход формовочных смесей определяют по средним нормам расхода смесей на 1т годных отливок в зависимости от их массы. Эти нормы приведены в справочнике. По этим данным определяют расчетный годовой расход формовочных смесей на всю программу цеха. Расчет ведут по форме 10, в которой приведен пример ее заполнения.

Форма 10

Группы отливок по	Выпуск отливок, т/год	Расход смесей, т						Расчетный расход смеси		
		всего или единой		облицовочной		наполнительной		всего или единой	облицовочной	наполнительной
		на 1т	в	на 1т	в	на 1т	в			

массе, кг		отливо к	год	отливо к	год	отливок	год	й		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20-100	1000	10,5	1050 0	4,2	420 0	6,3	6300	—	—	—

Примечание: Расчетный расход смесей учитывает возможный брак форм и отливок. При отсутствии других данных поправку на брак принимают 4-6%.

3. Расход стержневых смесей в массовом и крупносерийном производстве определяют расчетом по технологической ведомости (графа 7 формы 9) потребных стержней на всю программу с разделением по видам смесей.

4. При серийном, мелкосерийном и единичном производстве, когда подробные технологические ведомости не составляют, расход стержневых смесей определяют также по средним нормам расхода смеси на 1т годных отливок в зависимости от их массы. Эти нормы приведены в справочнике в виде суммы масс стержней различного размера, что позволяет определить расход различных стержневых смесей. Расчет расхода различных стержневых смесей ведут по форме 11, в которой приведен пример ее заполнения.

Полученные расчетные расходы формовочных (единой, наполнительной и облицовочной) и стержневых смесей увеличивают для учета потерь на пути из смесеприготовительного отделения к потребителям и на просыпание при формовке.

При отсутствии других данных эти потери учитывают коэффициентом 1,10-1,15 для наполнительной смеси и коэффициентом 1,05 для облицовочных смесей.

Расчет количества оборудования обычно ведут по формуле (1), где за программу запуска принимают годовой расход смеси с учетом всех указанных потерь.

Форма 11

Группы отливок по массе, кг	Выпуск отливок т/год	Расход смесей по группам стержней,										Общий расход, т/год	Расчетный расход, т/год
		До 16		Св. 16 до 40		Св. 40 до 100		Св. 100 до 1000		Св. 1000			
		кг на 1т отливок	в год	кг на 1т отливок	в год	кг на 1т отливок	в год	кг на 1т отливок	в год	кг на 1т отливок	в год		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20-100	1000	121	121	97	97	48,5	48,5	59,5	59,5	—	—	313	344,5

Примечание: Расчетный расход смесей учитывает возможный брак форм, отливок и стержней. При отсутствии других данных поправку на брак принимают 7 - 10 %.

Однако для обеспечения бесперебойной работы высокопроизводительных автоматических линий с большим объемом потребляемой смеси такой расчет может дать ошибку. Если указанную программу запуска разделить на эффективный фонд времени работы смесеприготовительного оборудования, то получим средний часовой расход смеси на линии, соответствующий изготовлению формы с каким-то средним объемом формовочной смеси. При изготовлении на линии формы с увеличенным объемом смеси (что соответствует формовке по модели меньшего объема) часовой расход смеси увеличится и станет максимальным. Для компенсации такой неравномерности потребления смеси необходимо иметь значительный резерв мощности смесеприготовительного оборудования.

Форма 12

Операция	Расход, т/ч		Оборудование							
	расчёт ный	максимал ьный	Наименов ание	Ти п	Производител ьность т/ч	Количество			Загрузка, %	
						расчёт ное средне е	расчёт ное макс.	приня тое	сред няя	максимал ьная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Приготовл ение наполните льной смеси	22,3	29,0	Смесител ь	11 4	19,0	1,2	1,5	2,0	60	75
--	------	------	---------------	---------	------	-----	-----	-----	----	----

Следовательно, в высокопроизводительных цехах расчет оборудования необходимо производить по максимальному расходу (пиковой нагрузке). Программу запуска в этом случае получают умножением максимального объема смеси в одной форме на годовое количество всех форм, изготавливаемых на линии. Результаты расчета помещают в форму 12.

10.3. Расчет объема смеси в системе

Для расчета суммарного объема V_c смеси в смесеприготовительной системе, определяют: объем V_ϕ форм, находящихся одновременно на конвейере, плюс 30% объема V_6 бункеров над формовочными агрегатами и над и перед смесителями $V_{см}$, плюс объем $V_{тр}$ смеси на транспортных линиях готовой и оборотной смеси [2], т.е. $V_c = V_\phi + 0,3(V_6 + V_{см}) + V_{тр}$.

Поскольку весь запас оборотной смеси сосредотачивают в бункере над или перед смесителями, то вместимость $V_{см}$ этих бункеров должна быть равна объему V_c , находящейся в системе, т.е. $V_c = V_{см}$. Если пренебречь объемом бункеров над формовочными агрегатами вследствие их малости по сравнению с $V_{см}$, то можно записать:

$$V_c - 0,3V_{см} \approx V_\phi + V_{тр} \text{ или } V_c \approx (V_\phi + V_{тр}) / 0,7 \approx 1,4(V_\phi + V_{тр}).$$

Здесь объем смеси $V_{тр}$ на ленточном конвейере определяется как $V_{тр} = S_{см} \times l$, где $S_{см}$ - площадь поперечного сечения потока смеси; l - длина конвейера.

Обычно объем бункеров над формовочной машиной находится в пределах: 9-12 м³ для крупных, 5-6 м³ для средних и 2-3 м³ для мелких форм, а объем бункеров-отстойников 10-25 м³; бункеров над смесителями 50-120 м³.

10.4. Организационно-планировочные решения

Основные отличия проектных решений смесеприготовительных отделений и транспорта смесей в литейных цехах массового и крупносерийного производства от ранее применявшихся определяются тем, что:

- 1) исходные материалы поступают на склад литейных цехов готовыми для использования;
- 2) потоки формовки оснащаются специализированными смесеперерабатывающими установками;
- 3) передача материалов и смесей наряду с механическим осуществляется и пневматическим транспортом;
- 4) предусматривается принудительное охлаждение и гомогенизация смесей;
- 5) управление всеми смесеприготовительными и транспортными агрегатами автоматизируется.

Оснащение автоматических формовочных линий индивидуальной смесеперерабатывающей установкой обеспечивает полное использование своей оборотной смеси как наиболее подходящего сырья для производства высококачественной формовочной смеси. Чтобы обеспечить легкость изменения рецептуры смеси на автоматической формовочной линии, в составе смесеприготовительного отделения предусматривают бункера-отстойники для готовой смеси с вместимостью не более, чем на 30мин. расхода. При этом весь запас оборотной смеси в подготовленном виде сосредотачивают в бункерах над или перед смесителями. Вместимость этих бункеров должна быть равна объему всей смеси, находящейся в системе.

Установки для приготовления стержневых смесей размещают отдельно в стержневых отделениях. Такое решение обеспечивает наиболее короткий путь готовых смесей к рабочим местам. Для ускорения раздачи стержневых смесей смесители целесообразно поднять на отметку площадки бункеров стержневых машин. Учитывая малую "живучесть" смесей для горячих ящиков, смесители должны быть небольшой емкости замеса, порядка 0,25-0,50т. Целесообразно для каждого вида связующего иметь отдельные смесители. Для быстрого потребления смеси каждый замес нужно выдавать не в один бункер, а малыми порциями в несколько бункеров. В конце каждого рабочего дня все смесители должны быть тщательно очищены от остатков смеси, например, промывкой их горячей водой. При этом следует предусматривать и соответствующую канализацию загрязненной воды.

В литейных цехах единичного, мелкосерийного и серийного производства литья с большой номенклатурой смесей обычно предусматривают одно центральное смесеприготовительное отделение для всех формовочных и стержневых смесей, позволяющее удобно маневрировать мощностями смесителей и получать различные смеси в различных количествах. При этом нельзя смешивать разные по составу смеси, предусматривая для них отдельные потоки и емкости. Бункера-отстойники рекомендуется устанавливать как можно ближе к потребителям в начале каждой транспортной линии, снабжающей смесью тот или иной участок формовки. Объем бункеров принимают равным 4-5-часовому расходу этого участка, что обеспечивает удобство маневрирования смесеприготовительным отделением. Кроме бункеров-отстойников нужно предусматривать бункера перед смесителями и над смесителями для хранения оборотной смеси. Эти бункера должны вмещать всю оборотную смесь, находящуюся в системе после окончания работы. Хранить

ночью запас готовой смеси в бункерах-отстойниках не рекомендуется, т.к. при продолжительном хранении эта смесь изменяет свои свойства. ЖСС, ХТС и ПСС имеют малую живучесть, поэтому их приготавливают на месте изготовления форм или стержней, куда доставляют все компоненты. При использовании таких смесей смесеприготовительное отделение не требуется. Однако, если применяют базовую смесь (СО₂-процесс и ПСС), то ее приготавливают в смесеприготовительном отделении, подают к месту потребления, смешивают со связующим или катализатором или продувают газом после формовки.

11. Проектирование термоочистных отделений

Проектирование этих отделений начинают с анализа номенклатуры отливок и выполнения последовательно следующих операций:

- 1) разбивка всей номенклатуры отливок на группы по массе, что позволяет выявить количество предполагаемых технологических потоков и распределить отливки по операциям обработки;
- 2) выбора рационального технологического процесса и оборудования для каждой группы;
- 3) расчета количества оборудования;
- 4) обоснования организационно-планировочных решений.

При проектировании этих отделений рассчитывают:

программу этого отделения путем распределения годового выпуска отливок на группы по операциям обработки; 2) количество оборудования и рабочих мест; 3) длину охлаждающей зоны конвейеров, транспортирующих горячие отливки.

11.1. Распределение годового выпуска отливок на группы и по операциям обработки

При расчете программы осуществляют распределение годового выпуска отливок на группы и по операциям обработки, которое выполняют с помощью формы 13.

При этом перечень операций и оборудования дают в соответствии с принятым технологическим процессом. Распределение выполняют на основании подетальных расчетов или по укрупненным показателям для отдельных групп отливок. При подетальных расчетах отливки с одинаковыми операциями очистки и термообработки объединяют в группы.

В цехах массового и крупносерийного производства группирование отливок на очистке учитывает также распределение их по поточным линиям. Если неизвестны данные о номере отливки, графы 1 и 2 заменяют одной, в которой указывается группа по массе. Количество дефектных стальных и чугунных отливок, подлежащих исправлению на специальном участке, принимают: мелкие - 15...20% от годового выпуска; средние - 25...30%; крупные - 40...60%. Число исправленных отливок частично учитывают при определении объемов очистки, обрубки и термообработки, если они обрабатываются на том же оборудовании, что и годные. Если очистка литников предусматривается вместе с отливками, то это учитывают при заполнении формы 13.

Форма 13

Номер отливки	Масса отливки	Годовой выпуск отливок с учётом брака		Операции и оборудование обработки													
				Выбивка стержней и отделение литников			Очистка дробемётная		Заточка				Термообработка				
							В камере посл термообработ и		В барабане	Станок	Станку		Печь камерная		Печь проходная		
шт	т	шт	т	т	шт	т	шт	т	шт	т	шт	т	шт	т	шт	т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

11.2. Выбор технологического процесса и оборудования.

Обработка отливок от выбивки из форм до предъявления ОТК цеха (а зачастую, и отгрузка в механические цехи) входит в функцию термоочистного отделения. Такая обработка состоит из следующих операций: 1) охлаждение отливок после выбивки; 2) отделение от отливки литниково-питающей системы; 3) удаление стержней из отливок; 4) очистка внутренних и наружных поверхностей отливок от остатков формовочной смеси и пригара, а также доводка до номинального веса; 5) первый осмотр и сортировка отливок на годные, бракованные и дефектные; 6) зачистка заливок, заусенцев, остатков питателей и правка коробленных отливок; 7) термообработка; 8) специальные испытания (проверка на гидроплотность, микротрещины, усадочную пористость, твердость и т.п.); 9) вторичный осмотр и сортировка на годные, бракованные и дефектные; 10) исправление дефектов; 11) нулевые операции механической обработки; 12) грунтовка.

Порядок и перечень этих операций в зависимости от конкретных условий может изменяться. Зачастую совмещают несколько операций в одном агрегате (например, выбивка стержней, очистка отливок от

формовочной смеси и пригара, отбивка литников, удаление заусенцев и заливов может осуществляться одновременно в галтовочном барабане).

1. Продолжительность естественного охлаждения отливок после выбивки зависит от массы и материала отливки, продолжительности ее пребывания в форме до выбивки. При этом следует учитывать, что отливки без стержней или после их удаления остывают быстрее. Продолжительность естественного охлаждения принимают по нормам, приведенным в справочниках. Естественное охлаждение отливок в поточном производстве осуществляется чаще всего на пластинчатых или подвесных конвейерах, длину которых и скорость определяют исходя из продолжительности охлаждения. Для сокращения длины конвейера отливки из углеродистой стали можно охлаждать принудительно, пропуская охлаждающие конвейера через специальные камеры с интенсивным распылением воды воздухом.

2. Отделение от отливок литниково-питающей системы рекомендуется выполнять: а) для массового чугуна и стального углеродистого литья в галтовочных или специальных проходных барабанах для отломки литников; б) путем механической резки (абразивными кругами, зубчатыми дисками); в) путем тепловой резки (кислородно-ацетиленовая, кислородно-бутан-пропановая, керосино-кислородная, кислородно-электродуговая, воздушно-дуговая и плазменно-дуговая резка). Операция отделения литниково-питающей системы от отливок должна быть максимально механизирована и автоматизирована. Такой опыт имеется как при массовом, так и при индивидуальном производстве.

3. Удаление стержней из отливок и очистка внутренних и наружных поверхностей отливок от остатков формовочной смеси и пригара связаны с удалением большого количества песка и других формовочных материалов и зачастую выполняются вместе. Поэтому участок освобождения отливок от стержней и пригара целесообразно размещать на выбивных участках или в специально отведенных промежуточных помещениях.

Учитывая трудоемкость и вредность этих операций, рекомендуется пропускать отливки через гидравлические очистные устройства. Конструкции этих устройств могут варьироваться в зависимости от специализации производства и размера отливок. Так, для крупных отливок используют тупиковые и проходные камеры периодического действия, для мелких – установки непрерывного действия.

Для удаления трудновыбиваемых стержней и очистки любых отливок от остатков формовочных смесей применяют электрогидравлические установки, работающие на принципе использования энергии высоковольтных электрических разрядов в воде между специальным электродом и поверхностью отливки.

Для одновременной выбивки стержней, очистки мелких и средних отливок от формовочной смеси, пригара, отбивки литников и удаления заусенцев и заливов применяют галтовочные барабаны периодического и непрерывного действия. Барабаны периодического действия используют только для единичного и мелкосерийного производства с малым выпуском. Следует отметить, что в проходных барабанах непрерывного действия трудноудаляемый пригар не отделяется. Кроме того, литники и прибыли отделяются только у 70-75% стальных отливок.

Наиболее распространенным и эффективным методом очистки многих видов отливок от пригара и окалины является очистка в дробеметных установках. Эти установки бывают следующих видов: а) барабаны периодического и непрерывного действия (применяются для очистки мелких и средних отливок); б) очистные столы с периодическим и непрерывным вращением. Применяют для очистки отливок массой 100-150кг при небольшом масштабе производства; в) камеры периодического и непрерывного действия. Первые применяют для очистки крупных отливок массой >1т. Вторые в массовом и крупносерийном производстве для очистки отливок до 1250кг.

Получает распространение виброчистка в виброконтейнерах.

4. Доводка до номинального веса и удаление трудноудаляемого пригара необходима для многотонных отливок, на которых образуется пригар, не удаляемый приведенными выше методами. Кроме того, эти отливки часто имеют колебания веса из-за несовершенства технологии формы (большие зазоры между стержнем и формой, недостаточная точность стержня и формы, смещение стержня и “подутие” форм и т.д.). Чтобы удалить пригар и подогнать вес, применяют методы тепловой резки. Например, воздушно-дуговую при давлении сжатого воздуха 0,4МПа или шлифовальными кругами (подвесными или механизированными).

5. Для зачистки отливок при индивидуальном и мелкосерийном производстве допускается применять универсальное зачистное оборудование: а) стационарные и подвесные обдирочно-шлифовальные станки; б) ручные шлифовальные машинки; в) пневматические рубильные молотки (зубила).

Однако универсальные обдирочно-шлифовальные станки имеют низкую производительность и не исключают тяжелый физический труд, поэтому при массовом и крупносерийном производстве необходимо применять механизированную и автоматизированную зачистку с использованием специализированного оборудования.

Для правки отливок и отсечки остатков питателей применяют фрикционные, гидравлические и другие прессы.

6. Для термообработки чугунных и стальных отливок при единичном и мелкосерийном производстве применяют в основном камерные печи с выкатным подом. При серийном и массовом производстве используют проходные печи, а также механизированные и автоматизированные агрегаты, состоящие из проходных печей с механизмами для разгрузки и возврата поддонов, подачи отливок в закалочные или

охлаждательные баки с последующим извлечением, передачи поддонов с отливками из одной печи в другую и для выполнения других операций в зависимости от заданного режима термообработки.

Отжиг отливок на ковкий чугун производят в камерных электрических печах элеваторного типа и в проходных печах.

В агрегатах применяют электрический, газовый и газозлектрический нагрев. При этом в зоне нагрева с большим расходом тепла предпочтительно применять газовый обогрев, а в зоне выдержки с малым расходом тепловой энергии при необходимости регулирования температуры в узких пределах более целесообразно применять электронагрев.

7. Готовые отливки проходят самые различные испытания в зависимости от степени их ответственности и назначения. Наиболее распространенным методом испытаний является проверка твердости, которая проводится с помощью стационарных (для мелких и средних отливок) и переносных приборов (для крупных). Испытания на микротрещины, усадочную пористость производят с помощью различных методов (магнитная, ультразвуковая, рентгеновская дефектоскопия и др.) Испытание на гидрлотность проводят с помощью различных жидкостей, подаваемых в полости отливок под давлением. Могут применяться и другие виды испытаний.

8. Исправление дефектов производится самыми различными методами в зависимости от вида дефекта. Наиболее распространенным способом является заварка “горячая” и “холодная”. “Холодная” заварка производится без предварительного нагрева отливки. Она применяется для заварки мелких дефектов на неотвественных отливках (или местах отливок). При такой заварке остаются внутренние термические напряжения, которые можно снять последующим отжигом. Чтобы это устранить, применяют “горячую” заварку, при которой отливка предварительно нагревается, а после заварки подвергается отжигу. Для исправления дефектов с помощью заварки рекомендуются двухрядные печи. В таких печах один ряд предназначен для предварительного нагрева отливок, а второй ряд с потоком отливок в обратном направлении – для отжига заваренных отливок.

Другим распространенным способом исправления дефектов является правка коробленых отливок из стали и КЧ, которые коробятся либо после выбивки из формы, либо после термообработки, например, отжига отливок из КЧ. Широко применяется и пропитка отливок, имеющих газовую или усадочную пористость для повышения их герметичности.

9. Грунтовка отливок является завершающей операцией в цикле изготовления отливок. Она применяется в следующих случаях: 1) если деталь, получаемая из отливки в последующем окрашивается для улучшения товарного вида; 2) для закрепления абразивной пыли на поверхности отливок, полученных в песчаной форме, чтобы пыль не попадала на трущиеся поверхности металлообрабатывающих станков и не изнашивала их; 3) для предотвращения коррозии, особенно при транспортировке в другую местность. При этом необходимо: подготовить поверхность отливок, нанести слой краски (грунта) и просушить отливки после окраски.

В массовом и крупносерийном производстве для выполнения этой операции созданы конвейерные установки проходного типа, объединяющие все окрасочно-сушильные агрегаты. В качестве транспортных средств применяют подвесные конвейеры для отливок массой до 1200кг и шагающие для отливок массой 500-2000кг. Для транспортировки мелких отливок до 10кг рекомендуются наборные кассеты на 2-8 отливок или корзины.

В литейных цехах применяют в основном химический метод подготовки поверхности, заключающийся в обезжиривании и промывке отливок моющими жидкостями. Краску наносят методами окунания и струйного облива (для мелких отливок) или воздушного распыления с помощью пневматических распылителей (для средних и крупных отливок).

В последнее время находит применение окраска в электростатическом поле, которая полностью автоматизируется. Сущность этого метода заключается в том, что отливкам, находящимся в окрасочной камере, сообщается положительный заряд, а распылителю – отрицательный, в результате чего между ними возникает электростатическое поле напряжением 60-150кВ. Отрицательно заряженные частицы краски практически полностью осаждаются на окрашиваемых отливках. Для распыления чаще всего используются механические распылители.

Сушат отливки после промывки и окраски горячим воздухом, который нагревают с помощью водяных или паровых калориферов или трубчатых электронагревателей (тэнов).

В мелкосерийном и единичном производстве подготовку и окраску тяжелых отливок производят на специальных решетчатых стендах с мощным нижним отсосом воздуха. Грунтовка осуществляется преимущественно ручными пневмо- или электрораспылителями. Для транспортировки применяют мостовые краны и специальные тележки. Сушка отливок осуществляется в закрытых камерах.

10. Проведение нулевых операций механической обработки в литейном цехе целесообразно:

1) для крупных и сложных отливок (блоки цилиндров и их головки и т.п.), поставляемых по кооперации. При этом непосредственно в цехе обнаруживается весь литейный брак, который может быть оперативно учтен и приняты меры по его предупреждению или исправлению;

2) для чугунных отливок перед их искусственным старением.

11.3. Расчет количества оборудования

Многие виды оборудования для финишных операций выпускают как периодического, так и непрерывного действия, например, галтовочные и дробеметные барабаны, дробеметные камеры и столы, гидравлические и электрогидравлические установки и т.п. Оборудование непрерывного действия применяют обычно в массовом и крупносерийном производстве, т.к. оно легко встраивается в поток, и рассчитывают по формуле (1). Оборудование периодического действия применяют чаще в единичном и мелкосерийном производстве. Его расчет ведут по формуле (6).

При этом в обоих случаях за программу запуска принимают итоговые данные по каждому виду оборудования из формы 13.

Некоторые виды универсального оборудования, производительность которого определяется квалификацией рабочего (зачистные стационарные и подвесные станки, твердомеры, сварочные трансформаторы для заварки дефектов и отрезки прибылей, рубильные молотки и т.п.) рассчитывают по трудоемкости обработки одной отливки (или тонны отливок), которую берут по данным базового завода, справочников или общемашиностроительных нормативов.

Пример 18. Пусть необходимо обработать на подвесном зачистном станке по 100000 отливок в год массой 50...100 кг. Трудоемкость обработки одной отливки, соответственно, - 0,1 и 15 ч, а всех - 100000 x (0,1+15) = 25000 ч. Учитывая, что работа ведется в две смены и эффективный фонд времени работы рабочего - 1820ч, определим количество рабочих мест: 25000/(2x1820) = 6,87. Принимаем 9 рабочих мест и подвесных станков с коэффициентом использования 0,76.

При определении количества сварочного оборудования для заварки дефектов необходимо знать, сколько в процентном отношении от общего числа отливок подлежит исправлению. Эти данные приведены в п. 11.1 или берут на базовом заводе.

Производительность дробеметных камер с подвесными конвейерами подсчитывают по количеству подвесок, пропускаемых камерой, и по детальному подсчету количества отливок на каждой подвеске с учетом их массы и габаритов по форме 14.

Форма 14

Номер отливки	Наименование отливки	Характеристика отливки		Количество отливок на 1 подвеске		Часовая производительность камеры, шт	
		Масса, кг	Габариты, мм	шт	т	подвесок	отливок
1	2	3	4	5	6	7	8

Необходимое количество оборудования для грунтовки и сушки отливок определяется по формуле:

$$n_p = (F_r \cdot K_n) / (f_u \cdot \Phi_s)$$

где F_r - годовой выпуск окрашенной поверхности, м². Определяется укрупненно по отношению между массой и площадью 1т отливок при двухстороннем окрашивании: для мелких отливок (до 10 кг) - 40...45 м²; для средних (до 25 кг) - 25...30 м²; для крупных (св. 25 кг) - 15 м²; f_u - производительность агрегата, м²/ч.

Если на пластинчатом или подвесном конвейерах производят охлаждение отливок, то определяют их длину по форме 15.

Пример 19. Пусть необходимо определить длину охлаждающей зоны конвейеров: пластинчатого и подвесного толкающего для охлаждения чугуновых отливок массой до 20 кг после изготовления на литейной линии производительностью 20000 т отливок в год.

1. Пластинчатый конвейер.

Часовая производительность линии: 20000т / 3645ч = 5,5т/ч. Длительность охлаждения отливок после выбивки на конвейере по справочным данным [2] составляет 3ч. Масса отливок на 1м² настила конвейера составляет 0,1т/м² (определяется подсчетом среднего числа отливок на 1м² без плотной их укладки). Необходимая площадь для охлаждения часового количества отливок составит 5,5т/ч / 0,1т/м² = 55м²/ч, а с учетом длительности охлаждения отливок - 55м²/ч x 3ч = 165м².

Форма 15

Группа литья, кг	Производительность литейной линии		Длительность охлаждения отливок на конвейере		Пластинчатый конвейер			Подвесной конвейер			Длина охлаждающей зоны конвейера, м
					Масса отливка на 1 м ² , т/м ²	Потребная площадь, м ² /ч	Ширина конвейера, м	Число отливок на подвеске	Число подвесок в час	Шаг между подвесками, м	
	ф/ч	т/ч	пластинчатом	подвесном							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

До	—	5,5	3	—	0,1	55	0,8	—	—	—	207
20	—	5,5	—	3	—	—	—	6	55	0,52	86
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Ширину конвейера определяют по формуле:

$$b = \frac{f_{ц}}{3600 \times V_k \times h_b \times \gamma \times \varphi \times k} = \frac{5,5}{3600 \times 0,01 \times 0,2 \times 2,0 \times 0,5 \times 1} = 0,76$$

здесь $f_{ц} = 5,5$ т/ч - часовая производительность литейной линии;

$V_k = 0,01$ м/с - скорость пластинчатого конвейера, принятая по справочнику [6];

$h_b = 0,2$ м - высота бортов настила конвейера;

$\gamma = 2$ т/м³ - объемная масса отливок, приближенно принимается по объемной массе металлического лома [2];

$\varphi = 0,5$ - коэффициент заполнения настила, принимаемый в пределах 0,5-0,7 для отливок; 0,3-0,5 для литников; 0,7-0,8 для кокса и известняка;

$k = 1$ - коэффициент, учитывающий угол наклона β конвейера; при $\beta = 10-20^\circ$ $k = 0,9$; при $\beta > 20^\circ$ $k = 0,8-0,85$.

Полученную ширину увеличиваем до стандартной - 0,8 м. Необходимая длина охлаждающей зоны: $165 \text{ м}^2 / 0,8 = 207 \text{ м}$.

2. Подвесной конвейер.

Число отливок на одной подвеске - 6 (или $m = 0,1$ т). Определяется индивидуально для каждой отливки с учетом ее габаритов, грузоподъемности подвески конвейера.

Необходимая часовая производительность подвесного конвейера определяется производительностью литейной линии $f_{ц} = 5,5$ т/ч или $5,5/0,1 = 55$ подвесок/ч. Исходя из времени охлаждения, на конвейере должно находиться не менее $55 \cdot 3 = 165$ подвесок. Определив по справочнику [2] шаг S конвейера, легко посчитать длину охлаждающей зоны: $165 \cdot 0,52 = 86 \text{ м}$.

В заключение нужно определить скорость конвейера по формуле:

$$V_k = \frac{60 \cdot f_{ц} \cdot S}{3,6 \cdot m \cdot K_{ис}} = \frac{60 \cdot 5,5 \cdot 0,52}{3,6 \cdot 100 \cdot 0,8} \approx 0,6 \text{ м/мин}$$

и сравнить ее с рекомендуемой $V_k = 0,5 \dots 4$ м/мин.

Результаты расчета заносим в форму 15.

11.4. Организационно-планировочные решения

В числе затрат труда по изготовлению отливок очистные операции составляют до 40%, причём в термоочистных отделениях применяется наибольшее количество ручного труда. Финишные операции трудно поддаются автоматизации, поэтому при проектировании этих отделений особое внимание уделяется механизации. Кроме того, одним из основных путей облегчения финишных операций, а иногда даже исключения, является введение ряда мероприятий при изготовлении форм и стержней (повышение точности и качества поверхности форм и стержней, уменьшение технологических зазоров и т. п.).

Термоочистные отделения размещают в отдельных помещениях, чтобы предотвратить проникновение пыли и шума в другие отделения с более благоприятными условиями труда. В мощных цехах эти отделения могут выделяться в отдельный корпус. Такое оборудование, как выбивные решётки и установки для выбивки стержней, галтовочные и дробемётные барабаны и камеры, окрасочные агрегаты необходимо изолировать в отдельные помещения или индивидуальные укрытия. При этом участки грунтовок отгораживают несгораемыми перегородками и размещают у наружной стены с оконными проемами. В двухэтажных отделениях участки грунтовок размещают на втором этаже.

Участки отделения располагают с учётом последовательности операций так, чтобы по возможности сократить протяжённость межоперационных потоков. При массовом и крупносерийном производстве организуют поточные линии очистки и зачистки отливок, которые являются продолжением поточных линий формовки, заливки, выбивки.

В случаях применения зачистных автоматов или автоматических линий, предназначенных для зачистки определённых отливок, изготавливаемых периодически, необходимо предусматривать межоперационные склады для обеспечения бесперебойной работы этих линий. Такие склады необходимы также перед термическими печами и после них в условиях работы термических печей в 3 смены или в выходные дни при работе остальных участков в 2 смены с выходными днями. Здесь же размещают прессы для правки коробленных отливок из стали и ковкого чугуна. При установке проходных галтовочных барабанов следует предусматривать сортировку, которая производится на специальном вращающемся столе или пластинчатом конвейере. Сортировка необходима для отделения годных отливок от отбитых литников, явно бракованных отливок и отливок с не отделившимися литниками. Последние составляют до 25-30% от общего числа отливок. Поэтому для их отделения необходимо предусматривать соответствующее оборудование, либо вновь возвращать в барабан.

Кроме того, отливки для очистки в галтовочных барабанах следует разбивать на загрузочные группы так, чтобы мелкие тонкостенные отливки не очищались вместе с крупными. Это исключает поломку тонкостенных отливок. К тонкостенным относят отливки с толщиной стенки менее 5 мм.

Для транспортировки отбитых литников и бракованных отливок из отделения следует предусматривать подвесные конвейеры или подвижной напольный транспорт. Эти виды транспорта, а также мостовые краны и кран-балки, пластинчатые и ленточные конвейеры широко применяются в этих отделениях в качестве межоперационного.

В отделении должны быть рабочие места для окончательного контроля, комплектования и вывозки отливок. Готовые мелкие отливки могут складироваться в отделении, а крупные – на эстакадах. Обязательно предусматривают участок исправления дефектных отливок.

В двухэтажных литейных цехах на втором этаже располагают производственные участки термообработки и очистки, в том числе окрасочные участки, что предупредит попадание вредных паров в другие помещения. На первом этаже размещают склады отливок, кладовые, трансформаторные подстанции, вентиляционное оборудование, уборочные транспортные системы и другие вспомогательные службы. Ширина пролётов принимается 18 и 24 м, высота до уровня пола второго этажа – 8,4 м.

12. Проектирование отделений хранения и подготовки литейных материалов

12.1. Методика проектирования

При проектировании этих отделений необходимо:

1) составить перечень основных и вспомогательных материалов и рассчитать их годовой расход; 2) выбрать технологические процессы и оборудования для разгрузки, подготовки и хранения литейных материалов; 3) рассчитать количество оборудования и мест хранения; 4) обосновать организационно-планировочные решения.

12.2. Литейные материалы

Виды материалов и потребность в них определяются характером отливок, т.е. видом сплава, массой и толщиной стенок, а также принятым технологическим процессом формовки. Для изготовления 1т отливок нужно принять и переработать до 3,5т различных материалов.

Все материалы, используемые в литейных процессах, можно разделить на: а) материалы для изготовления форм; б) материалы для получения сплавов; в) вспомогательные.

К материалам для изготовления форм относят:

1) пески формовочные; 2) специальные огнеупорные материалы (шамот, хромит, магнезит, циркон и др.); 3) формовочные глины и бетониты; 4) различного рода связующие материалы (жидкое стекло, синтетические смолы, СДБ, КО, УКС-1 и др.); 5) катализаторы в виде технических кислот; 6) отвердители (феррохромовый шлак, ангидрид хромовый и др.); 7) поверхностно-активные вещества (контакт Петрова, ДС-РАС, мылонафт); 8) реагенты осветления воды в регенерационных установках (сернокислый алюминий, полиакриламид); 9) противопригарные (молотый или гранулированный уголь, мазут, краски, натирки); 10) древесные опилки, торфяная и асбестовая крошка.

К материалам для получения сплавов относят:

1) чушковые чугуны перепельные и литейные; 2) стальной и чугунный лом привозной и оборотный; 3) чугунная и стальная стружка; 4) ферросплавы электротермические и доменные (феррованадий, ферросилиций, ферромарганец и др.); 5) сплавы первичные и вторичные для получения цветных сплавов (алюминий, силумин, магний, никель, медь, олово и др.); 6) флюсы (известняк, доломит, апатито-нефелиновая руда, шлак плавиковый); 7) топливо (твердое, жидкое, газообразное); 8) огнеупорные и теплоизоляционные материалы для футеровки печей и ковшей и для изготовления литниковых систем и полупостоянных форм.

К вспомогательным относят значительную номенклатуру таких материалов как модельные пудры, восковые фитили, стержневой клей, керосин, абразивы и др.

12.3. Расчет расхода материалов

Расчет расхода литейных материалов выполняют двумя способами: 1) точным; 2) приближенным.

12.3.1. Точный способ применяют когда известны: 1) рецептура и число формовочных и стержневых смесей; 2) проценты выхода годных отливок от завалки; 3) рецептура и число (разнообразие) шихт, используемых в цехе.

Этот способ используют при:

1) проектировании литейных цехов массового и крупносерийного производства, когда рецептуры смесей и шихт немногочисленны и известны;

2) применении в проектах новых технологических процессов формовки и плавки (ЖСС, ПСС, смесей с фурановыми смолами, при плавке чугуна в электрических печах и др.), т.к. в этих случаях отсутствуют стабильные показатели и нормативы расхода материалов;

3) определении расхода шихтовых материалов и флюсов в проектах цехов цветного литья, т.к. выход годных цветных отливок меняется в очень широких пределах (40-90%) и средние нормативы расхода шихтовых материалов не разрабатывают.

При точном способе по известным рецептурам с помощью формы 16 определяют годовые расходы компонентов формовочных и стержневых смесей (приведен пример её заполнения).

Рецепты смесей и расчет расхода их компонентов Форма 16

Смеси		Расход компонентов в год										
Вид	Расход с учетом потерь при транспортировании, т/год	Оборотная смесь		Кварцевый песок		Регенерат		Бентонит		Связующее КО		и т.д.
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Единая для средних отливок	100000	90	90000	—	—	7	700	2,8	2800	0,2	200	

Примечание. 1. Расход смесей с учетом потерь на транспортирование берут из расчетов смесеприготовительного отделения. 2. В графах 3, 5, 7, 9, 11 указывают проценты по массе из рецептуры формовочных и стержневых смесей. Их берут из справочников или на базовом заводе.

Годовой расход компонентов шихты определяют аналогично с помощью формы 17.

Количество материалов, поступающих на склад, должно равняться рассчитанным по формам 16 и 17 величинам с учетом потерь на складе и при транспортировании в цех. Эти потери принимают до 5%, за исключением стружки брикетированной (до 8%) и не брикетированной (10-12%).

Если из суммы годовых расходов всех смесей (формовочных и стержневых) [гр. 2 формы 16] вычесть годовую массу оборотной формовочной смеси [гр.4 формы 16], то получим массу отработанной смеси, которая должна удаляться из цеха системами: а) вентиляции в виде газов и пыли; б) удаления отходов на регенерацию, т.е. для нашего примера $100000-90000=10000$ т.

В расчетах принимают, что система вентиляции удаляет из цеха 10-12% отходов, (для нашего примера 1000т), оставшаяся часть отработанной смеси (9000т) должна быть подвергнута регенерации. При этом количество поступающих отходов в отделение регенерации принимают равным количеству используемого в смеси регенерата (7000т) [см. гр.8 формы 16] с учетом КПД регенерационной установки (0,75-0,8) и транспортных потерь (5%).

Данные о массе отработанной смеси необходимы для расчетов отделения регенерации, пылеулавливающих устройств и транспорта этой смеси.

Рецепты шихт и расчет расхода их компонентов. Форма 17

Шихта		Годовой расход компонентов											
Вид	Металлозавалка, т/год	оборотный металл		лом собственный		лом покупной		чугун чушковый		стружка		ферросплавы	
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Примечание. 1. Годовой объем металлозавалки берут из расчетов плавильного отделения. 2. В графах 3, 5, 7, 9, 11, 13 указывают проценты по массе из рецептуры рассчитанной шихты.

12.3.2. Приближенный способ основан на использовании нормативов или показателей расхода материалов в литейном производстве данных отраслей промышленности. Его применяют при: а) приближенных расчетах; б) отсутствии более точных данных; в) определении расхода вспомогательных материалов. Эти нормативы учитывают потери при хранении и транспортировании материалов, поэтому дополнительного учета потерь не требуется. Нормативы берут из справочников или по данным передовых предприятий. Например, 1) расход формовочного песка в зависимости от рода металла и отрасли промышленности колеблется от 1534 кг/т годных стальных отливок тяжелого машиностроения до 450 кг/т годных чугунных отливок в сельскохозяйственном машиностроении; 2) при изготовлении 1т отливок в зависимости от их массы и конфигурации, размера опок и других факторов используются до 4-10т и более формовочных и до 1т стержневых смесей.

Расчет расхода флюсов, топлива и огнеупоров во всех случаях ведут по показателям или отраслевым нормативам расхода материалов с учетом принятого типа плавильных печей. Например, расход кокса при плавке чугуна в вагранке с холодным дутьем составляет 14-16% массы металлозавалки, а при плавке в вагранке с горячим дутьем 9-11%. Расход вспомогательных материалов определяют также по нормативам.

Данные расхода материалов, полученные точным расчетом или приближенным по нормативам, являются основой для расчета количества оборудования по разгрузке, хранению и подготовке материалов и заносятся в формы 12.1, 12.2. При приближенном расчете в графах (1,

2) указывают вид смеси или шихты для каждой группы отливок по массе.

12.4. Разгрузка материалов

При проектировании следует учитывать объемы и особенности поставки и требования по хранению каждого вида материалов (его консистенцию, размеры, вид тары и т.п.). Литейные материалы могут поставляться: а) навалом в открытых и закрытых вагонах и контейнерах; б) упакованными в ящики, контейнеры, мешки, цистерны, бочки, бутылки, пакеты.

Все это определяет особенности разгрузки, хранения и подготовки этих материалов к использованию. Сведения об этом имеются на базовом заводе, в ГОСТах и справочниках.

1. Организация разгрузки формовочного песка зависит от его годовой потребности.

А. Для базисных складов и складов при литейных цехах с выпуском >20 тыс. т в год предусматривают следующую организацию разгрузки. Сырой песок доставляется часть в саморазгружающихся вагонах (гондолах). Если он в зимнее время смерзается, то для его разрыхления предусматривают бурорыхлительные машины и виброплиты. Для быстрой разгрузки вагонов рекомендуются “точечные” устройства, где одновременно разгружают 1-2 вагона (по последним данным до 8-12 вагонов) вместимостью 60; 90 или 125 т каждый.. Это устройство представляет собой систему бункеров, расположенных под железнодорожным путем, вибропитателей и ленточных транспортеров производительностью 200-300 т/ч. Разгруженный песок транспортируют в отапливаемый склад сырого песка (обычно 900-1200 т).

Помимо указанного оборудования современные склады оснащаются виброзащитной плитой для зачистки стенок вагонов, люкоподъемниками, пневмоочисткой от песка ходовой части вагонов, маневровым устройством для передвижения состава в процессе разгрузки и пультом управления.

Сухие обогащенные пески поступают в вагонах-цистернах и вагонах-хопперах (цементовозах). Цистерны разгружают системой пневмотранспорта непосредственно в силосные корпуса; вагоны-хопперы в подземные приемные бункера, откуда песок пневмотранспортом передается на склад сухого песка.

Б. Для складов при литейных цехах мощностью <20 тыс. т. рекомендуется разгружать вагоны с сырым песком в приемную яму длиной 50-60 м, расположенную обычно у железнодорожного пути. Вместимость этой ямы 300-500 т и она служит частью склада сырого песка. Остальной запас сырого и сухого песка хранят в закромах. Передачу сырого песка из приемной ямы в закрома и из закромов в сушила или в цех для использования осуществляют грейферными кранами обычно грузоподъемностью 5 т с моторными грейферами вместимостью 1-5 м³.

2. Сырую глину и кусковый уголь на складах всех типов разгружают грейфером с открытых платформ или полувагонов в приемные ямы, а затем в закрома. Иногда разгружают сразу в закрома.

3. Разгрузка кокса аналогична разгрузке сырого песка, однако ввиду того, что он легко крошится, особенно на морозе, при его транспортировке должно быть как можно меньше пересыпок и перегрузок. При этом высота падения кокса не более 1,0-1,5 м.

4. Металлические магнитные составляющие шихты (чушковые чугуны, доменные ферросплавы и т.п.), если они поступают в саморазгружающихся вагонах, выгружаются в приемные ямы, а если на открытых платформах, то сразу разгружаются в закрома или на площадки магнитной шайбой.

5. Ферросплавы немагнитные и чушки цветных металлов, прибывающие навалом, разгружают на разгрузочную площадку и затем электропогрузчиком с ковшем перегружают в закрома или контейнеры для хранения и дальнейшего транспортирования.

6. Многие материалы (пылевидный кварц, графит, пульвербакелит, огнеупоры и т.п.) поступают в различного вида упаковке и разгружаются автопогрузчиками, кранами, ленточными транспортерами.

7. Если для транспортировки пылевидных материалов применяют автоцементовозы с устройством для пневмовыгрузки, то их разгрузка осуществляется в герметичные приемные бункера. В эти бункера пылевидные материалы перекачивают пневмонасосами автомашины.

8. Известняк и другие флюсы поступают в открытых полувагонах или на платформах, как правило, в дробленом виде. Их разгрузка аналогична разгрузке кокса. Поэтому при большой потребности в известняке для его разгрузки рекомендуется использовать те же “точечные” устройства, что и для кокса. Недробленный известняк, поступающий на открытых платформах, разгружают дрейфером в яму или на специальную площадку, размещенную рядом с вагоном.

12.5. Хранение материалов

Все формовочные и шихтовые материалы, как правило, следует хранить в закрытых помещениях. При этом формовочные материалы и кокс при температуре не ниже +5°C во избежание смерзания. Помещения же для хранения шихтовых материалов могут не отапливаться. В малоснежных южных районах допускается хранение чушковых чугунов, стального и чугунного лома на открытых площадках.

1. Формовочные пески сухие и сырые в немеханизированных складах рекомендуется хранить отдельно в железобетонных закромах, заглубленных в землю на 2,5-4,0 м при общей высоте хранения до 10 м. В механизированных же складах эти пески целесообразно хранить в бункерах (металлических или

железобетонных). При очень больших объёмах запаса сухой песок хранят в железобетонных силосных башнях. В этом случае в отапливаемом помещении хранят только сырые материалы и размещают установки для сушки и подготовки формовочных материалов.

2. Сырую глину хранят в приёмных закромах, а сухую молотую – в закрытых металлических бункерах или контейнерах.

3. Многие материалы хранят в таре поставщика (ящиках, контейнерах, бочках, мешках, бутылках) на специальных площадках и в кладовых.

4. Жидкие связующие хранят в ёмкостях, установленных в подземном отапливаемом помещении. Их целесообразно хранить вместе с горюче-смазочными материалами в специальных складах. Эти склады выполняют по отдельным проектам. В технологической части составляют только задание на проектирование.

5. Чугунные чугуны хранят в закромах или штабелях. Для каждой марки чугуна рекомендуется отводить либо по два закрома, либо каждый вагон разгружать в отдельный загром. Это сокращает число перегрузок и позволяет сразу передать материал на хранение не дожидаясь результатов химического анализа.

6. Чугунный и стальной лом (неразделанный) хранят на вымощенных или бетонированных площадках раздельно по видам и габаритам; разделанный лом – в закромах.

7. Доменные ферросплавы хранят обычно в закромах или реже в контейнерах. При этом следует учитывать, что ферросилиций и ферромарганец при повышенной влажности самопроизвольно распадаются с выделением ядовитых и взрывоопасных газов.

8. Электротермические ферросплавы хранят в контейнерах или в таре поставщика. Дорогостоящие ферросплавы, такие как ферровольфрам, ферромolibден и др. рекомендуется хранить в запираемом помещении.

9. Чушки цветных металлов хранят в запираемом помещении на поддонах в грузовых пакетах, для чего чушкам придана удобная для складывания форма. Высота пакета определяется грузоподъёмностью погрузчика и обычно равна 1200 мм.

10. Стружку и отходы цветных металлов хранят в металлических закрывающихся ящиках, распределёнными по сплавам, виду и качеству. При хранении легкозагорающих отходов магния и алюминия необходимо соблюдать специальные правила противопожарной безопасности.

11. Кокс хранят в закромах или бункерах в сухом и закрытом отапливаемом помещении при температуре выше +5°C.

12. Все виды огнеупоров хранят в закрытых холодных складах в контейнерах, пакетах, штабелях на площадках.

12.6. Подготовка основных литейных материалов

Широкое применение автоматизации производственных процессов требует высокой стабильности всех показателей литейных материалов. Обработку формовочных материалов целесообразнее выполнять в местах их добычи с тем, чтобы литейные цехи-потребители получали их полностью подготовленными к использованию. Однако зачастую этого не делается и пока приходится предусматривать необходимую обработку в специальных отделениях на базисных складах или при литейных цехах. Почти все шихтовые материалы перед поступлением в производство подвергают подготовительной обработке для придания им удобной формы. Дополнительные затраты по подготовке шихтовых материалов обычно вполне рентабельны.

1. Формовочные пески проходят следующую подготовку:

а) разрыхление и дробление комьев смёрзшегося песка при разгрузке. Это осуществляется бурорыхлительными машинами или виброплитами;

б) просев сырого песка через полигональное барабанное сито с ячейками 40×40 мм, в котором происходит также дробление непрочных комьев песка;

в) сушка кварцевых песков в барабанных, трубных и сушилах кипящего слоя при температуре до 600°; глинистых песков – только в барабанных сушилах при температуре до 200°C. В обоих случаях до влажности 0,5-1,0%;

г) охлаждение песка до температуры +30°C в случае необходимости немедленного употребления. Для этого весьма эффективны установки “кипящего” слоя. При наличии склада сухого песка большой ёмкости операция охлаждения исключается.

д) просев сухого песка непосредственно при подаче его для потребления через полигональное сито с ячейками 5×5 мм.

2. Глина формовочная и бентонит в кусках подходят следующие операции:

а) дробление комьев в валковых дробилках на комья размером до 70 мм;

б) сушка в барабанных сушилах при температуре до 400°C до влажности 4-5%;

в) магнитная сепарация для удаления случайных металлических включений, если конструкция мельницы может от них пострадать;

г) размол в молотковых, шаровых и других мельницах до размера частиц менее 1 мм.

3. Опилки древесные, торфяную и асбестовую крошку просеивают через инерционное сито с ячейками 20×20 мм при влажности не выше 25-30%.

4. Каменный уголь для получения порошка сушат в барабанных сушилах при температуре до 100°С, дробят в валковой дробилке, проводят магнитную сепарацию, затем мелют до размера менее 0,2 мм и подвергают воздушной классификации.

5. Высокоогнеупорные материалы (шамот, хромит, магнезит и др.) дробят в смесителях с вертикальными катками или валковых дробилках и просеивают через плоское сито с ячейками 3-5 мм.

6. Все пылевидные материалы, поставляемые в мешках (уголь, бентонит, маршалит, графит, тальк и др.) требуют только удаления тары на специальных машинах.

7. Связующие жидкие, поставляемые в цистернах (КО, УСК-1, СДБ и др.) в холодное время года подогревают при сливе (обычно паром). Их технологические параметры (концентрацию и состав) доводят до заданных в баках и мешалках. Связующие густые, поставляемые в бочках, также разводят до заданных параметров в мешалках.

8. Обработанную формовочную и стержневую смеси подвергают регенерации. При этом оборудование выбирают в зависимости от схемы регенерационной системы (“сухой”, “мокрой” или “комбинированной”). Например, ВНИИЛитмашем предложено три типоразмера комбинированных базовых моделей регенерационных установок.

9. Чугунные чугуны подвергают разламыванию на чушколомах по пережимам в следующих случаях: а) при автоматизированной загрузке вагранок с диаметром до 1100 мм; б) если чушки из передельного или специального чугунов.

10. Стальной и чугунный лом покупной, как правило, поступает разделанным в соответствии с нормами с баз Вторчермета. Обратный лом очищают от пригара и смеси в проходных галтовочных барабанах (если он не был очищен в очистном отделении). Затем разделяют с тем, чтобы его размеры и масса не превышали норм, установленных для соответствующего покупного лома. Для разделки негабаритного лома (бракованных отливок и т. п.) применяют копры (башенные или открытые) для чугунного лома или резаки (газовые и бензиновые) для стального лома.

11. Ферросплавы доменные и электротермические, применяемые для добавки в металлическую колочу, дробят в щёковых дробилках на куски массой до 3-5 кг; а применяемые для модифицирования (электротермические) в ковше или на жёлобе – на куски размером до 10 мм и просеивают через два плоских сита: с размером ячеек 10×10 мм для отбора крупных кусков и 1,5×1,5 мм для отсева мелочи.

12. Первичные и вторичные цветные металлы, поставляемые в чушках небольшой массы обычно не дробят.

13. Флюсы (известняк, доломит, плавиковый шпат), как правило, поступают дроблёными с размерами кусков 25-100 мм и подвергаются только просеву на плоских ситах с размерами ячеек 20×20 мм для отбора мелочи. В случае получения недроблённых флюсов их дробят в щёковых или валковых дробилках и просеивают.

14. Кокс сортируют на плоских ситах для отсева мелочи (кусков менее 40 мм). Рекомендуются также отсеивать крупные куски (более 60 мм) для использования их в холостой колоше вагранки.

12.7. Расчёт количества оборудования и мест хранения

Для бесперебойной работы цеха необходимо иметь минимальный, но достаточный запас всех необходимых литейных материалов. Величину запаса на складе определяют в календарных сутках в зависимости от климатического пояса, в котором размещён литейный цех, и от вида транспорта, доставляющего материалы. Существуют 4 климатических пояса: 1 – южнее Одессы, Ростова-на-Дону; 2 – севернее 1 пояса до Харькова; 3 – севернее 2 пояса до Москвы; 4 – севернее 3 пояса. Так, например, запас формовочного песка в первом климатическом поясе должен обеспечивать 20-30 суток работы; во втором 30-45; в третьем – 45-75 суток; в четвёртом – 60-90 суток.

При доставке материалов водным транспортом принимают сроки хранения по данным местного судоходства, при доставке автотранспортом – минимальные.

Количество оборудования для разгрузки (мостовые краны (магнитные и грейферные), автопогрузчики, электрокары, транспортёры) рассчитывают по методике, изложенной в транспортной части.

Расчет мест хранения формовочных и шихтовых материалов ведут с помощью формы 18.

Форма 18

Материал	Потребность т/год		Объёмная масса	Запас на складе			Место и способ хранения	Закрома		Бункеры		Площадка				
	По расчёту	С учётом потерь		на число суток	Т	М		высота хранения	площадь, м ²		ёмкость, м ³	количество		нагрузка, т/м ²	площадь, м ²	
									по расчёту	принято		по расчёту	принято		по расчёту	принято

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

Примечания к форме 18:

1. Данные в графы 2 и 3 вносят на основании расчёта расхода материалов. Если расчёт ведут по нормативам, то графа 3 исключается.

2. Объёмная масса материалов берется из справочников.

3. Запас на складе в сутках определяется с учетом климатического пояса, вида материала и транспорта, а также наличия на заводе базисного склада. Если склад имеется, то запас при цехе определяется на 3-5 суток.

4. В графе 8 учитывают также и то, что материалы на площадках хранят в таре.

5. Высота хранения в закроме зависит от вида материала и берется из справочников (обычно 2-5 м и только для песка до 10 м).

6. Минимальный размер закромов, обеспечивающий удобства загрузки и выгрузки 4×4 м при высоте 2-3 м, а бункеров - 3×3 м.

7. Допускаемая нагрузка на пол зависит от вида покрытия полов: для покрытия из сборных железобетонных плит – 5 т/м²; из брусчатки или булыжника – 15 т/м².

8. Учсть, что на площадках склада шихты хранят не менее 10 % чугунов и доменных ферросплавов, проверяемых лабораторией, а также литники, брак, отходы и огнеупорные материалы. Нагрузки на 1 м² этих площадок принимают: с учетом проходов для чушковых чугунов 2 т/м², для огнеупоров 1,8 т/м² и без учета проходов для литников, брака и отходов – 2,2 т/м².

При проектировании отделений подготовки проводят сначала расчет их программы по форме 19.

Форма 19

Материал	Потребность, т/год	В том числе по операциям подготовки, т / год						
		просев	дробление	сушка	очистка в барабане	газовая резка	разбивка под копром	и т. п.
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Расчет количества технологического оборудования ведут: 1) по формулам (1) и (6), подставляя значения коэффициента неравномерности $K_n = 1,2$; 2) по трудоемкости (газовая резка).

12.8. Организационно - планировочные решения

Характерной особенностью литейного производства является потребление большого количества исходных материалов. На 1т годных отливок завозится 2,5-3,5 т различных материалов. Учитывая большой грузопоток материалов и многократную их перегрузку, вопросу механизации и автоматизации транспортно-складских работ должно уделяться особое внимание. Помимо обычных складских операций выгрузки поступающих материалов, хранения и выдачи их, в этих отделениях выполняется также большой комплекс работ по подготовке материалов. Это требует применения высокопроизводительной подъемно-транспортной техники, преимущественно непрерывного действия.

Для литейных и машиностроительных заводов, имеющих в своем составе несколько литейных цехов, хранение и подготовку формовочных и шихтовых материалов проектируют в отдельно стоящем базисном складе. При этом он должен располагаться по отношению к литейным цехам так, чтобы обеспечивать рациональные грузопотоки. В случаях, если это обусловлено компоновкой генерального плана завода, склады формовочных материалов, кокса и шихтовых материалов, а также цехи и отделения по их подготовке размещают в отдельных зданиях.

Однако, для литейных и машиностроительных заводов, имеющих в своем составе несколько литейных цехов большой мощности (>80000т/год) склады шихтовых материалов проектируют при цехах, а хранение и подготовку формовочных материалов, кокса и известняка организуют в базисном складе. В составе таких заводов предусматривают отдельно стоящие скрапоразделочные цехи с копровыми отделениями для разделки негабаритного чугунного лома, участками газовой и механической резки негабаритного стального лома, подготовки стружки к переплаву и подготовки ферросплавов.

Для подачи материалов от базисных складов в цехи рекомендуется: а) песок - пневмо- или ленточным транспортом; б) пылевидные материалы - пневмотранспортом, автоцементовозами или в герметичных контейнерах; в) шихтовые материалы и флюсы - в контейнерах или непосредственно в загрузочных бадах, чтобы исключить перегрузку, кокс - ленточным транспортом или в контейнерах (при малой потребности); г) жидкости (связующие, мазут и т.п.) - по трубам с обогревом, а при небольших объемах – автоцистернами; трубопроводы для огнеопасных жидкостей прокладывают в специальных отдельных каналах; д) многие материалы перевозят автотранспортом в таре поставщика.

Такие транспортные решения уменьшают количество перегрузок, обеспечивают чистоту и порядок в соответствующих отделениях литейного цеха и позволяют свести к минимуму размеры площадки, занятой заводом. Однако требуют четкой работы внутривозовского транспорта.

Для машиностроительных заводов с одним литейным цехом, отделение хранения и подготовки формовочных и шихтовых материалов проектируют при цехе. В этих случаях для подачи материалов к местам потребления используют внутрицеховой транспорт.

Помещение для разгрузки вагонов (чтобы его не отапливать) следует размещать в отдельном здании или в пристройке к складу и оборудовать его маневровым устройством для высвобождения локомотива. При этом “точечные устройства” для разгрузки песка, кокса и известняка размещают вместе при условии ввода в помещение двух железнодорожных путей: одного для подачи вагонов с коксом или известняком; другого для вагонов с песком. Применение “точечных” устройств требует больших подвалов, которые в случае высоких грунтовых вод следует гидроизолировать.

Силосный склад сухого песка проектируют рядом с цехом или базисным складом.

Участки дробления известняка и ферросплавов обычно размещают рядом с местами приемки или хранения этих материалов. Кокс просеивают как можно ближе к местам потребления.

Здания отделений хранения и подготовки шихты проектируют одноэтажными с шириной пролетов 24 или 30 м, высотой 12,6; 14,4; 16,2 и 18 м.

13. Проектирование вспомогательных служб цеха

Помимо рассмотренного отделения хранения и подготовки литейных материалов самостоятельному проектированию подлежат также вспомогательные службы цеха: 1) ремонтная служба цеха (механика и энергетика); 2) участок текущего ремонта технологической оснастки и модельных комплектов; 3) участок ремонта ковшей, тиглей и съёмных сводов печей; 4) экспресс-лаборатории для постоянного контроля состава жидкого металла и свойств смесей; 5) цеховые кладовые и конторы мастеров. А такие вспомогательные участки как оперативные склады моделей и стержневых ящиков, стержней, отливок, изготовления каркасов входят в проекты соответствующих производственных отделений, однако вопросы их проектирования будут рассмотрены здесь.

13.1. Ремонтная служба цеха

Действующая система планово-предупредительного ремонта (ППР) предусматривает, что малый, средний и капитальный ремонт оборудования, а также ремонт оснастки, инструмента, КИПа и автоматики выполняют централизованные службы завода с применением методов поузлового ремонта. При этом ремонтные службы цеха выполняют только межремонтное обслуживание. При проектировании цеховых служб определяют количество слесарей-ремонтников, станочников, электриков, прибористов, а также количество простейших станков и размеры помещения ремонтной мастерской.

Количество слесарей-ремонтников и электриков рассчитывают по объёму ремонтных работ, который выражается в ремонтных единицах (РЕ). В справочниках приводится количество РЕ на все виды оборудования в литейных цехах в зависимости от их мощности и типа, пересчитанное на 1000 т мощности. Например, для чугунолитейного цеха мощностью ≥ 40 тыс. т. с конвейерным производством отливок массой до 100 кг количество РЕ на 1000 т отливок составит: механического ремонта 160 ед (или на весь выпуск $160 \times 40 = 6400$ ед); электрического ремонта – 130 ед (или на весь выпуск $130 \times 40 = 5200$). При этом с увеличением мощности цеха количество РЕ на 1000 т уменьшается. Объём электроремонтных работ (РЕ) увеличивается на 15-20%, если цех оборудован электрическими печами (плавильными или термическими).

На одного рабочего в год приходится следующее количество РЕ, которое называется объёмом обслуживания: станочники – 1260 ед.; дежурные слесари - 350 ед.; смазчики – 790 ед.; дежурные электрики – 770 ед.

По объёму ремонтных работ и объёмам обслуживания рассчитывают количество рабочих по профессиям. Так, для приведенного примера, количество станочников: $6400/1260 = 5$ чел., слесарей - $6400/350 = 18$ чел., электриков - $5200/770 = 6,7 \approx 7$ чел.

В первую смену работает 70% общего числа станочников. По их числу определяют количество сверлильных, токарных, универсально-фрезерных и других станков. По этому количеству станков и рабочих определяют площадь ремонтной мастерской: на каждый станок – 10 м^2 ; на каждого дежурного слесаря и электрика по $4-5 \text{ м}^2$.

Ремонтную службу лучше разместить на втором этаже бытовых помещений с удобным выходом в цех, а рядом кладовую ремонтного инструмента площадью $20-25 \text{ м}^2$.

Участок ремонта технологической оснастки и модельных комплектов требует площади $20-25 \text{ м}^2$. Оборудование для него не планируют. Однако в составе вспомогательных рабочих для этой цели предусматривают 2-3 модельщика, а слесарей – из расчёта один рабочий на 6-7 тыс. т. годных отливок в цехах мелкосерийного производства и на 12-15 тыс. т. в цехах крупносерийного производства.

13.2. Участок ремонта ковшей

Здесь осуществляют капитальный ремонт и футеровку ковшей, тиглей и сводов печей, а также набор стопоров, их сушку и сушку ковшей. Тигли и своды сушат при первых плавках.

Площадь этих участков определяется планировкой, а количество стенов для сушки, исходя из числа ковшей на ремонте и продолжительности сушки, которая должна быть тщательной. Эти данные берутся из справочников или на базовом заводе. Кроме стенов для сушки должны быть предусмотрены смесители с

вертикальными катками для приготовления огнеупорных смесей и помола боя огнеупорных кирпичей. Иногда устанавливают дополнительный смеситель, шёковую дробилку и печь для проковки исходных материалов (например, кварцита для индукционных печей).

Для сушки ковшей после ремонта и разогрева их перед заливкой применяют стенды, отапливаемые газом. Стопоры сушат в подвешенном состоянии, в электросушилах с искусственной рециркуляцией при температуре 100-120°C. Режим сушки должен соблюдаться очень строго, так как плохо просушенный створ может вызвать аварию.

Участки ремонта ковшей обычно размещают рядом с плавильным отделением в том же пролёте, где производят разливку жидкого металла.

13.3. Экспресс-лаборатории

1. При выплавке углеродистых сталей экспресс-анализы выполняют 3-4 раза, а легированных – 4-5 раз за период плавки. Выплавку углеродистой стали контролируют по трём элементам: С, Mn, Si, а легированной дополнительно по сере и основным легирующим элементам.

При плавке чугуна в вагранках пробы берут 1-2 раза в час; при плавке дуплекс-процессом количество проб удваивают. Плавку чугуна контролируют по 4 элементам: С, Si, Mn, S, при этом С и S обычно определяют химическим анализом, остальные спектральным. Если выплавляют синтетический чугун в электропечах, то берут 3-4 пробы от каждой плавки по 12-20 элементам, чтобы уловить присутствие нежелательных примесей от случайных отходов. Для этого служат квантометры.

Трудоемкость анализа обычными методами по 3-4 элементам – 0,42 ч, а по большему числу – 0,7 ч.

Лаборатория для контроля сплавов размещается как можно ближе к рабочей площадке печей. Если это невозможно, то быструю доставку проб осуществляют пневмотранспортом. При этом результаты анализов сообщают по телефону или с помощью электротабло. Размер помещения определяется планировкой. Состав лабораторного оборудования берут по справочникам или на базовом заводе. Лаборатории, оборудованные квантометрами, выполняют по специальным проектам.

2. Если формовочные смеси изготавливают в автоматическом режиме, то задачей лаборатории формовочных материалов является контроль показаний приборов. В других случаях лаборатория систематически определяет основные параметры формовочных и стержневых смесей, красок, связующих и т.п. в процессе их приготовления и на рабочих местах.

При анализе формовочных смесей обычно определяют 3 параметра: прочность по-сырому, влажность, газопроницаемость; у стержневых смесей дополнительно определяют прочность по-сырому. Периодически определяют также газотворность, содержание активной глины, прилипаемость, для ЖСС – продувку CO₂. Трудоемкость анализа 0,1-0,2 ч.

Пробы для анализов берут от каждого смесителя: для наполнительной и единой смесей – через каждые 10 замесов; для облицовочной и стержневой – через 5 замесов. По этим данным определяют количество лаборантов в смену. Площадь лаборатории принимают из расчета 8-10 м² на одного лаборанта, но не менее 15 м². Лабораторию размещают в помещении смесеприготовительного отделения с удобным выходом на площадку смесителей.

13.4. Цеховые кладовые и конторы мастеров

Кладовые служат для хранения вспомогательных материалов, инструмента, красок и запасных частей оборудования. Их площади зависят от принятого технологического процесса, выпуска цеха и серийности производства.

В крупносерийном и массовом производстве действуют следующие нормы площадей цеховых кладовых в м² на 1000т выпуска отливок: 1) общая цеховая кладовая – 0,6-0,8; 2) инструментальная кладовая термоочистного отделения – 0,8-1,0; 3) материальная кладовая участка грунтовки – 0,3-0,5; 4) кладовая цехового механика и энергетика – 1,8-1,2; всего – 3,5-4,5. В цехах серийного и мелкосерийного производства указанные нормы увеличивают в 2 раза.

В производственных отделениях цеха предусматривают конторы мастеров 15-20 м² каждая. Кладовые и конторы размещают на первом этаже бытовых помещений в местах, удобных для посещения, и на площадях основных отделений в местах, не пригодных для производственных операций (площади, не обслуживаемые кранами, между колоннами здания, под площадками и пр.). Кладовые оснащаются инвентарём (стеллажами, ларями и др.); оборудование в них не предусматривается.

13.5. Склады оснастки, стержней и отливок

1. Литейные цехи обладают большим количеством дорогостоящей оснастки (модели, стержневые ящики, опоки, шаблоны, кондукторы, драйера, кокили, пресс-формы и т. п.), которые хранят в специально оборудованных складах. Кроме основного склада в составе литейных цехов предусматривают промежуточные склады оснастки в непосредственной близости от обслуживаемых отделений.

Так, при поточном производстве мелкосерийных и единичных отливок с использованием скользящей быстросменной модельной оснастки участки формовочных линий для смены этой оснастки целесообразно располагать рядом или непосредственно в помещении склада. В двухэтажных зданиях склад оснастки предусматривают на первом этаже под обслуживаемым им отделением.

Для хранения крупных опок и другой литейной оснастки при серийном, мелкосерийном и единичном производствах предусматривают крытые эстакады. Опоки для конвейерного производства хранят в закрытых складах. Все склады оборудуют подъёмными средствами – штабеллерами, стеллажами, этажерками, позволяющими хранить оснастку в несколько ярусов.

Транспорт оснастки в цех и к рабочим местам осуществляется вилочными погрузчиками, электрокарами, автомашинами, лифтами, кранами и кран-балками.

2. Склад стержней наиболее целесообразно проектировать на базе системы подвесных толкающих конвейеров для мелких и средних стержней в массовом и крупносерийном производстве. В этом случае отсутствие перекладки позволяет свести к минимуму поломку стержней. Однако, подвесные склады стержней требуют сравнительно больших капитальных затрат. Меньших затрат потребует склад, организованный на многоярусных стеллажах, обслуживаемых автоматизированными штабеллерами. При этом стержни транспортируют подвесным толкающим конвейером в таре (поддоны или ящики), которая с помощью штабеллера поступает на полки стеллажей. Выдача со склада происходит в обратном порядке. В этом случае стержни несколько раз перекалывают и трудоёмкость обслуживания склада повышается. Крупные стержни хранят на полу или рольгангах.

3. Отливки хранят на складах готового литья в стеллажах, ящиках и на полу. В литейных цехах предусматривают: промежуточные склады отливок до и после термической обработки, комплекточный склад готового литья.

4. Площади складов оснастки, стержней и отливок принимают в соответствии с нормами, приведёнными в справочниках. Размер площадей зависит от срока хранения в календарных днях, характера производства, системы хранения (на полу, этажерках, стеллажах), коэффициента использования площади. При массовом и крупносерийном производстве срок хранения отливок и стержней на промежуточных складах не превышает одного дня.

13.6. Участок изготовления каркасов

На этом участке предусматривают станки для правки, резки и гибки проволоки, стеллажи для готовых каркасов. Укрупнённо площадь участка принимают в зависимости от мощности цеха: до 20 тысяч тонн отливок – 15-20 м²; от 20 до 50 тысяч тонн – 24-120 м². При изготовлении крупных отливок для получения литых каркасов дополнительно предусматривают плац открытой формовки.

14. Расчёт площадей

Площади цеха первоначально определяют по показателям выпуска годных отливок с 1 м² общей площади в год и затем уточняют при разработке компоновки и плана цеха. Эти показатели зависят от вида сплава, отрасли машиностроения и характера производства и приведены в справочниках (например, см. табл. 12)

Распределение площадей по отдельным категориям рекомендуется проводить согласно следующей классификации.

1. К производственным площадям относят площади отделений:

- а) плавильного, включая участок навески шихты;
- б) формовочно-заливочно-выбивного с участком литых каркасов, включая сушила;
- в) стержневого со складом стержней (включая сушила);
- г) смесеприготовительного для формовочных и стержневых смесей (включая бункера-отстойники и установки для подготовки оборотной смеси);
- д) обрубки, очистки и термообработки отливок с участком исправления дефектов отливок (включая участок гидроудаления стержней).

2. К вспомогательным относят площади:

- а) отделения хранения и подготовки шихтовых и формовочных материалов (в случае размещения при цехе), в том числе участки: сушки и просева песка, размола глины и угля, приготовления связующих, глинистой суспензии, плакированного песка, подготовки маршалита и др.;
- б) подготовки производства и текущего ремонта модельно-опочной оснастки;
- в) ремонта ковшей и сводов, тиглей, сушки стопоров и приготовления огнеупорной массы;
- г) приготовления литейной краски;
- д) приготовления проволочных каркасов;
- е) приготовления краски для грунтовки;
- ж) удаления, переработки и гидрошламоудаления отходов смесей;
- з) получения защитной газовой атмосферы для печей;
- и) регенерации отходов формовочных и стержневых смесей (в случае размещения его в цехе).

Сюда же относят площади: вентиляционных установок, насосных станций и другого вспомогательного оборудования и сооружений, входящих в комплект основного оборудования, силовых трансформаторных подстанций, пультов управления общецеховыми системами транспорта, ремонтных служб цеха, штампо-инструментального хозяйства, цеховых лабораторий.

Сплав, назначение отливок	Мощность цеха, тыс.т	Выпуск отливок с 1 м ² площади			
		общей	формовочной	стержневой	термообрубной
Детали автотракторные					
Из СЧ	50-100	1,8	10	12	8
КЧ	50-100	1,6	8	12	5,5
стали	50-100	1,5	9	11,5	7
и т. д.					

Уточнённые по плану цеха площади приводят в сводной форме 20.

3. Складские помещения цеха относят также к вспомогательным, но выделяют в отдельную группу (см. форму 20). При цехе могут быть следующие склады: шихтовых материалов с разгрузочным устройством; огнеупоров; кокса и флюсов с разгрузочными устройствами; связующих; опок; штампов и готового литья в случае размещения их в здании цеха; модельной оснастки (моделей, стержневых ящиков и плит). Сюда относят также площади кладовых (цехового механика и энергетика, вспомогательных, огнеопасных и других материалов).

Форма 20

Наименование отделений и участков цеха	Площадь по этажам		Всего
	первый	второй	
Производственные отделения			
Итого			
Вспомогательные отделения			
Итого			
Склады закрытые			
Итого			

При отнесении площадей к категориям необходимо учитывать следующее:

- а) размеры помещений считают по осям колонн;
- б) площади, занятые пультами управления технологическим оборудованием, технологическими трансформаторами, высокочастотными генераторами и т. п., включают в производственную площадь;
- в) площади плавильных и смесеприготовительных отделений учитывают только по одному этажу наибольшей площади;
- г) производственные, вспомогательные и складские площади, находящиеся в бытовых и прочих помещениях, входящих в габариты цеха, учитывают при определении технико-экономических показателей;
- д) при сопоставлении показателей площади базисного склада распределяют между обслуживаемыми им литейными цехами пропорционально их выпуску;
- е) имеющиеся в отделениях и участках проезды и проходы включают в состав площадей данных участков.

При сравнении удельных показателей различных цехов не учитывают следующие площади:

- 1) расположенные вне помещений цеха. К таким обычно относят участок регенерации отходов смесей; склады отливок, опок, трансформаторные подстанции и др.;
- 2) вспомогательные помещения, расположенные на промежуточных этажах, площадках, в туннелях и подвалах (общецеховая вентиляция, отопление и др.);
- 3) эстакады для отливок и опок (открытые и крытые);
- 4) бытовые помещения, санузлы, общецеховые конторы и конторы мастеров;
- 1) базисные склады заводов;
- б) площади в первых этажах двухэтажных зданий, занятые транспортными устройствами и оборудованием, которые в одноэтажных зданиях размещают в подвалах, туннелях, на галереях и на площадках;
- 7) участки предварительной механической обработки отливок.

15. Транспортная часть проекта литейных цехов

В транспортной части производится выбор и расчёт необходимого количества транспортного оборудования по каждому отделению цеха, включая склады. При этом определяют и рассчитывают его основные характеристики: длина и грузоподъёмность кранов и кран-балок, производительность, ширина настила или ленты транспортёра и т. п.

В литейных цехах очень широко применяются различные виды подъёмно-транспортного оборудования для обеспечения технологического процесса получения отливок. Внутрицеховой транспорт делится на транспорт периодического и непрерывного действия, подвесной и напольный.

К транспорту периодического действия относят мостовые и консольные краны, кран-балки, электротали, пневматические и механические подъёмники, механизированные тележки, лифты, электрокары, автопогрузчики, штабеллеры.

К транспорту непрерывного действия относят: ленточные, вибрационные, пластинчатые, подвесные грузонесущие и толкающие конвейеры, приводные и не приводные рольганги, элеваторы, пневмотранспорт и т. д.

Выбор вида транспорта зависит от серийности производства, вида и дистанции перемещаемого груза, массы отливок и характера расположения технологического оборудования. Рекомендации по выбору транспорта приведены при рассмотрении соответствующих отделений и служб.

15.1. Выбор и расчёт транспорта периодического действия

1. Количество многих видов этого транспорта может быть определено по формуле:

$$n = \frac{N \times t_{\text{ср}} \times i \times K_n}{m_{\text{ср}} \times \Phi_{\text{э}}},$$

где N – годовое количество перемещаемого груза, т;

$t_{\text{ср}}$ – средняя длительность перемещения груза, ч;

i – количество перемещений груза с места на место;

K_n – коэффициент неравномерности поступления и выдачи, равный 1,5-2,0;

$m_{\text{ср}}$ – средняя масса перемещаемого груза, т.

Однако расчёт по этой формуле в случае большого количества грузов многих наименований получается очень трудоёмким и тогда пользуются укрупнёнными расчётами. Так, например, количество мостовых кранов, обслуживающих плавильный пролёт, оборудованный электрическими печами, можно подсчитывать по удельной нагрузке основных и уборочных кранов, то есть по количеству крано-часов на одну тонну жидкого металла. При этом пользуются формулой:

$$n_p = \frac{N_{\text{ж}} \times n \times c \times K_n}{\Phi_{\text{э}}},$$

где $N_{\text{ж}}$ - годовой выпуск жидкого металла одной печью, т;

n - количество обслуживаемых кранами плавильных печей;

c – количество крано-часов на 1 т жидкого металла, ч/т (берут из справочников). Так, для дуговых печей вместимостью 6 и 12 тонн при условии их загрузки в плавильном пролёте количество крано-часов составляет, соответственно, 0,182 и 0,064 ч/т; а для индукционных печей вместимостью 10 и 16 тонн, соответственно, 0,042 и 0,037 ч/т, причём в последнем случае (для крупных печей) рассчитывается дополнительно количество уборочных кранов из расчёта 0,022 т/ч. Коэффициент использования кранов рекомендуется 0,7-0,85.

Для двух и более печей вместимостью выше 6 т при одном расчётном основном кране дополнительно устанавливают резервный кран той же характеристики. Укрупнённым проверочным расчётом принятого количества мостовых кранов может служить норма обслуживания краном длины плавильного отделения, которая соответствует 30-50 м.

Выбор типа крана, его длины и грузоподъёмности зависит от требований производства и характера здания. В зависимости от технологических условий при выборе кранов определяются тип привода, режим работы, скорость и способ управления (из кабины, с пола, по радио). Характером производства определяются также специальные требования, связанные с взрыво- и пожаробезопасностью, транспортировкой жидкого или раскаленного металла, вентиляцией кабины крановщика и др.

Применение кранов требует увеличения высоты производственных корпусов, удорожает строительные конструкции. Поэтому краны следует устанавливать для перемещения тяжёлых и крупногабаритных изделий в случаях, когда невозможно использовать бескрановые средства или когда это требуется по условиям технологического процесса.

В проектах необходимо особо оговаривать краны для транспортировки расплавленного или раскалённого металла, ядовитых или взрывчатых веществ, так как эти краны должны иметь два тормоза на механизме подъёма. На кранах, работающих в цехах с тяжёлым тепловым режимом, должно быть дистанционное управление или герметически закрытые кабины с кондиционированием воздуха.

Краны делятся на подвесные и опорные, перемещающиеся по подкрановым путям. Причём краны однобалочные грузоподъёмностью до 5 т, управляемые с пола, называют также кран-балками.

В литейных цехах могут применяться в основном подвесные двух- и многоопорные краны грузоподъёмностью до 50 тонн включительно, которые устанавливают в корпусах пролётом до 30 м с железобетонным перекрытием при условии восприятия строительными сооружениями крановых нагрузок.

Подвесные двухбалочные многоопорные краны грузоподъёмностью больше 5 тонн устанавливают в специально проектируемых пролётах зданий с металлическим перекрытием шириной 36 м и более. Для бесперегрузочной передачи изделий из пролёта в пролёт подвесные краны могут быть оснащены специальными стыковочными механизмами.

К опорным кранам относят козловые, консольные поворотные, штабелеры, мостовые. Наибольшее распространение в литейных цехах получили мостовые опорные двухбалочные краны.

В стандартных типажах предусматриваются краны мостовые общего назначения однокрюковые (5-15т) и двухкрюковые (15/3, 20/5, 30/5, 50/10, 75/20 т) с пролётами 10,5-34,5 м, высотой подъёма 16-32 м и со скоростью передвижения 70-120 м/мин. Рекомендуемые расстояния перемещений до 50 м. Для перемещения грузов до 5 т включительно применять опорные двухбалочные мостовые краны не допускается, т.к. конструкция ферм и балок позволяет использовать подвесные краны.

При установке кранов должны быть соблюдены требования к условиям перемещения грузов внутри корпусов, передаче грузов через люки, устройству ремонтных загонов и площадок, предохранительных ограждений, расположению и устройству токоподводов, устройству галерей для прохода вдоль подкрановых путей.

Для входа в кабину мостового крана должна быть устроена посадочная площадка со стационарной лестницей. Кабина крана и посадочная площадка для нее как, правило, должны располагаться со стороны, противоположной расположению главных троллейных проводов. Вход в кабину крана через мост допускается лишь в тех случаях, когда непосредственная посадка в кабину не возможна по конструктивным или производственным причинам. В этом случае вход на кран должен осуществляться в специально отведённом месте через дверь в перилах моста, оборудованную электроблокировкой. Посадка в кабину через мост крана с проходной галереи, находящейся на уровне подкрановых путей, допускается только в отдельных обоснованных случаях. Наличие проходной галереи не исключает устройства посадочных площадок.

При установке кранов следует учитывать, что минимальное расстояние от нижних выступающих частей крана до верха установленного оборудования равно 400 мм, а до рабочей площадки обслуживания этого оборудования 2000 мм.

2. Помимо кранов применяют также подвесной однорельсовый транспорт, подвижной состав которого состоит из механизма подъёма груза, механизма передвижения, специальных устройств для захвата и перемещения транспортируемых изделий. В качестве элементов подвижного состава применяют тали, тележки и тягачи. Электротали выпускаются грузоподъёмностью до 10 тонн, высотой подъёма до 46 м, скоростью подъёма до 8 м/ мин, скоростью передвижения до 20 м/мин. Однорельсовые тележки с кабиной водителя в зависимости от назначения могут быть оснащены обыкновенным грузовым крюком серийных талей грузоподъёмностью до 5 т; ковшем для жидкого металла вместимостью 1-1,5 т; двухканатным рейфером вместимостью до 1,5 м³, кубелем вместимостью 0,75-1м³, бадей для загрузки шихты вместимостью до 0,75м³, магнитной шайбой грузоподъёмностью 2-3 т.

Недостатком однорельсового транспорта является малая ширина зоны обслуживания. Для её увеличения применяют гибкую подвеску монорельсов на тягах длиной 800-1500мм, что даёт возможность отвести электротали на 700-800 мм от номинальной оси подвески и обслуживать площадь шириной в 1600 мм.

3. Краны-штабелеры сочетают в себе качество кранов и электропогрузчиков. Они могут быть опорными и подвесными. Основное применение кранов-штабелеров – обслуживание складов со штабельным и стеллажным хранением грузов в таре. Однако они могут быть применены и в производственных цехах. Типаж серийно изготавливаемых и типовых конструкций кранов-штабелеров предусматривает их грузоподъёмность до 5 тонн, высоту подъёма груза до 12,4 м, скорости передвижения крана до 60 м/мин и поперечного передвижения тележки до 12,5 м/мин.

15.2. Выбор и расчёт непрерывного транспорта

1. Ленточные конвейеры широко применяют в литейных цехах для транспортирования формовочных песков, готовых, оборотных, отработанных смесей, отходов (отсевы, просыпи, выбитые стержни, отходы в очистных отделениях), кокса и известняка, мелких литников, отливок и стержней, а также в качестве рабочих столов для межоперационных передач в поточных линиях стержневых и термоочистных отделений. Трасса этих конвейеров может быть горизонтальной, наклонной и комбинированной.

Наибольшие допустимые углы наклона β конвейера к горизонту для гладких прорезиненных лент в зависимости от транспортируемого материала (в градусах) табл. 13:

Таблица 13

Песок сырой.....22	Оборотная смесь.....20-22
Песок сухой.....16	Отходы.....17
Формовочная смесь.....23	Кокс, известняк.....17

Величины радиуса R, по которому выполняют сопряжения горизонтальных участков с наклонными в комбинированных конвейерах, бывают 80-150 м и уточняют специальным расчетом.

Для насыпных грузов (смесь, песок, кокс и т.п.) конвейеры применяют только с желобчатой рабочей ветвью ленты. Плоская лента допускается только на горизонтальных участках, где с них производится разгрузка сыпучих материалов с помощью плужков.

Для конвейеров, принимающих смесь из под выбивных решеток, используют теплостойкую ленту, допускающую температуру транспортируемого материала до 130-200 С°. Ширина лент по типуажу: 500; 650; 800; 1000 мм.

Скорости конвейеров, транспортирующих насыпные грузы принимают в пределах 0,8-1,25 м/с. Скорости конвейеров, устанавливаемых на линиях обработки стержней и отливок, обычно 0,03-0,13 м/с. Их назначают с учетом необходимой производительности и выполняемых технологических операций. На конвейерах, транспортирующих оборотные смеси и сухие пески, делают укрытия над верхней ветвью ленты с вентиляционными отсосами для локализации и удаления пыли и газов. В узлах перегрузки этих материалов с конвейера на конвейер также следует предусматривать вентиляционные отсосы.

В литейных цехах много конвейеров размещают в туннелях, на площадках и эстакадах, ширину которых следует назначать с учетом обеспечения проходов вдоль конвейеров: в туннелях не менее 1200 мм, на площадках и эстакадах 1000 мм и ремонтных зазоров не менее 400 мм, для конвейеров с лентой шириной 500 и 650 мм и не менее 500 мм для конвейеров с лентой шириной 800 и 1000 мм (рис. 15.1).

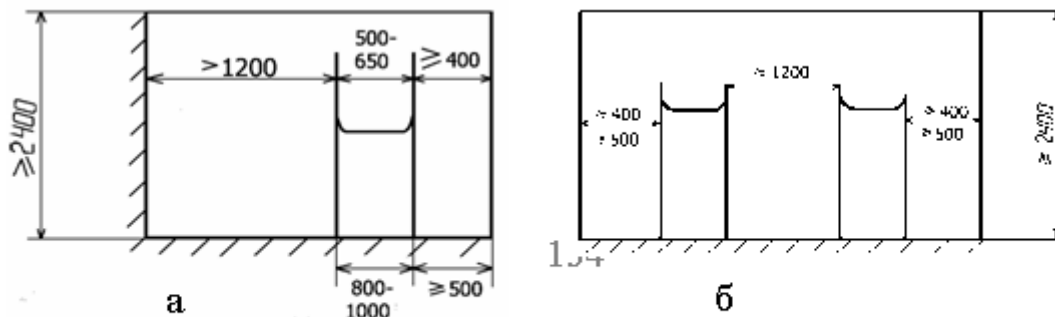


Рис. 15.1. Схема расположения ленточных конвейеров в туннелях и на площадках: а – одного конвейера; б – двух

При двух параллельных конвейерах проход между ними должен быть: в туннелях не менее 1200 мм, на площадках и эстакадах 1000 мм. Минимальная высота туннелей и галерей в свету 2400 мм. Минимальная высота над площадками 2000 мм. Ширину конвейеров принимают с учетом металлоконструкций.

При выборе конвейера определяют ширину желобчатой и плоской ленты по формулам и округляют до стандартной:

$$b_{Ж} = \sqrt{\frac{p \cdot K_n}{310 \cdot V_k}}; \quad b_{П} = \sqrt{\frac{p \cdot K_n}{155 \cdot V_k}}$$

где p – расчетная производительность, т/ч;

V_k – скорость движения ленты, м/с;

K_n – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки конвейера и прочие условия его работы.

При транспортировании готовых смесей от смесителей периодического действия $K_n=2,5-3,5$; других формовочных материалов $K_n=1,7-2,0$. Такие большие значения коэффициента неравномерности объясняются желанием максимально уменьшить просыпание материалов за счёт увеличения ширины ленты.

2. В литейных цехах преимущественное применение имеют вертикальные ленточные ковшовые элеваторы. Они надежно работают при транспортировании сухих и хорошо сыпучих мелкозернистых материалов и при равномерной подаче их в загрузочные лотки. По этим причинам для готовых формовочных смесей элеваторы применяют при небольших производительностях или в тех случаях, когда стесненные местные условия исключают установку наклонных ленточных конвейеров. Элеватор в этих случаях рекомендуется выбирать с большим запасом по производительности.

Для обеспечения равномерной загрузки элеваторов перед ними обычно устанавливают ёмкости, оборудованные питателями. При транспортировании оборотных смесей элеваторы устанавливают после дробилок, сит и металлоотделителей. Для хорошо сыпучих материалов (сухой песок или обратная смесь) применяют элеваторы с глубокими ковшами типа ЛГ; для влажных материалов, склонных к слеживанию и налипанию – с мелкими ковшами типа ЛМ.

При установке нижней части элеватора в приямке для обслуживания её должны быть предусмотрены проходы не менее 1000 мм с боковых и с одной из торцовых сторон элеватора.

По типуажу элеваторы выпускают с шириной ковша 160, 250, 320, 400, 650 мм с наибольшей теоретической производительностью до 180 м³/ч и высотой до 40 м. В справочниках указывается теоретическая производительность.

При выборе элеватора её следует умножать на коэффициент ϕ , учитывающий условия работы, неравномерность загрузки, свойства транспортируемых материалов и прочие факторы, влияющие на производительность элеватора:

сухая и обратная смесь при установке перед элеватором сита и питателя.....	0,7-0,75
сухая обратная смесь при установке перед элеватором сита.....	0,6-0,65
влажная обратная смесь при установке перед элеватором сита.....	0,5-0,60
формовочные смеси.....	0,45-0,5
сухие пески при установке питателей.....	0,7-0,80
сырые пески при установке питателей.....	0,5-0,60

3. Пластинчатые конвейеры применяют для транспортирования:

- а) мелких и средних отливок (до 500 кг) от выбивки в очистные отделения, причём на конвейере в этих случаях обычно происходит охлаждение отливок и их сортировка;
- б) средних и мелких отливок для межоперационной передачи их в термоочистное отделение;
- в) литников от мест выбивки отливок или из очистных отделений на склад шихтовых материалов;
- г) пустых опок из мест выбивки форм к формовочным машинам;
- д) кокса и известняка на складах шихтовых материалов в тех случаях, когда по местным условиям исключается (из-за углов подъёма) применение ленточных конвейеров.

Основное достоинство этих конвейеров заключается в возможности исполнения их металлического настила достаточной прочности для приёма на него горячих отливок и литников с ударами.

В литейных цехах устанавливают конвейеры с настилом шириной 400, 500, 650, 800, 1000, 1200 мм и длиной до 200 м и более. Скорости охлаждающих конвейеров назначают с учётом времени, потребного для охлаждения отливок и длины пути от загрузки отливок до их выгрузки, в пределах 0,5-3,5 м/мин. При межоперационном транспортировании отливок скорости принимают 3,5-12 м/мин, а при транспортировании кокса и известняка 10-15 м/мин.

Углы наклона β к горизонту принимают: для отливок и литников до 25° , а для мелких отливок при наличии на настиле поперечных перегородок до 30° , для кокса и известняка до 30° , а при глубоком бортовом настиле до 45° .

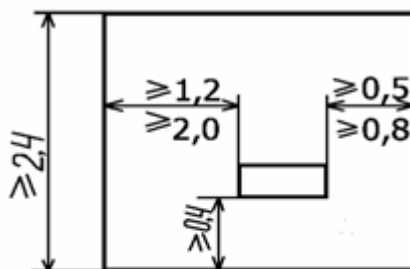


Рис. 15.2. Схема расположения пластинчатых конвейеров в туннеле

Радиусы сопряжения горизонтальных и наклонных участков берут в пределах 4-15 м в зависимости от конструкции настила и натяжки в тяговых цепях; при больших длинах принимают большие радиусы.

Отливки после выбивки загружают на конвейер по лоткам (склизам) из листовой стали с наклоном днища в пределах $25-30^\circ$. Такая загрузка легче автоматизируется, чем загрузка подвесных грузонесущих конвейеров. Крупные отливки грузят на конвейер с помощью электроталей или пневмоподъёмников.

При размещении конвейера в туннелях или подвальных помещениях проходы (в свету) вдоль конвейеров должны быть не менее 1,2 м, а у конвейеров, транспортирующих горячие отливки - ≥ 2 м (рис. 15.2). При одностороннем проходе зазор от стены до конструкции должен быть у конвейеров, транспортирующих горячие отливки, - $\geq 2,4$ м. Высота рабочей ветви конвейера на участках, где вдоль него располагаются рабочие места, должны быть 700-800 мм от уровня пола или рабочей площадки. Для возможности очистки пола под конвейером размер в свету от пола до холостой ветви должен быть ≥ 400 мм при размещении конвейера в туннеле и ≥ 200 мм в остальных случаях.

При расчёте этих конвейеров определяют ширину настила по расчётной производительности (потребности) P (т/ч):

- а) при транспортировании грузов навалом (мелкие отливки, литники, кокс)

$$b = P / (3600 V_K h_s \gamma \phi k),$$

где V_K – скорость движения настила, м/с;

h_s – высота бортов настила, м;

ϕ – коэффициент заполнения настила, принимаемый в пределах 0,5-0,7 для отливок; 0,3-0,5 – для литников; 0,7-0,8 – для кокса и известняка;

γ – объёмная (насыпная) масса материала, т/м³;

k – коэффициент, учитывающий угол β наклона конвейера:

при $\beta=10-20^\circ$ $k=0,9$; при $\beta>20^\circ$ $k=0,8-0,85$.

Расчётную ширину в (мм) округляют до стандартной.

б) ширину настила для крупных отливок, укладываемых на конвейер поштучно, принимают на 150-200 мм больше габарита наиболее крупной отливки.

Если конвейер применяется в качестве охладительного, то рассчитывают его длину с помощью формы 15.

3. Подвесные конвейеры (грузонесущие и толкающие) находят широкое применение в литейных цехах массового и крупносерийного производства. С их помощью транспортируют:

а) отливки от мест выбивки в термоочистные отделения к пунктам выбивки стержней или к местам отделения литников. На конвейере при этом обычно происходит охлаждение отливок, и поэтому такие конвейеры называются охладительными;

б) отливки в термоочистных отделениях на участках очистки, окраски и других операций. При этом отливки на этих конвейерах проходят очистные камеры, окрасочные ванны, сушильные установки и т. д.;

в) готовые отливки на склады литья и в цехи механической обработки;

г) стержни на участках их изготовления (сушка, окраска, оклейка и пр.) и на склады готовых стержней, а также к местам сборки форм. Конвейеры в этом случае могут служить также подвесными складами стержней;

д) литники и бракованные отливки на складах шихтовых материалов и т. д.

Мелкие отливки и литники транспортируют обычно навалом в металлических коробах, лотках, корзинах; крупные отливки – на крюковых и клещевых подвесках; литейные формы – на полочных подвесках; стержни – на многополочных подвесках – этажерках. Загрузку и разгрузку грузонесущих конвейеров производят на ходу, а толкающих – при остановленной подвеске. В первом случае задача надёжно действующей автоматической загрузки отливок на движущийся конвейер пока не решена и эту операцию выполняют с участием рабочих: для лёгких грузов вручную; тяжёлых – посредством различных подъёмников. Разгрузку мелких отливок и литников с грузонесущих конвейеров во многих случаях осуществляют автоматически из переворотных коробов или коробов с открывающимися днищами в пунктах разгрузки.

Загрузка и разгрузка толкающих конвейеров может легко осуществляться автоматически.

В местах, где трасса конвейера проходит над производственной площадью цеха или над проходами и проездами, под конвейером делают ограждение, габариты которого необходимо учитывать при проектировании. Длина конвейера достигает 1,5 км и более.

Скорость подвесных конвейеров назначают в зависимости от их производительности обычно в пределах (м/мин):

горячие отливки при охлаждении на конвейере.....	0,5-4,0
сырые и готовые стержни.....	2,0-3,0
отливки в очистных отделениях.....	4,0-8,0
межцеховые конвейеры.....	6,0-12,0

Расстояние между грузами или шаг подвесок зависит от габаритных размеров грузов, производительности, радиуса поворотных устройств и скорости конвейера. Зазор между грузами (особенно на повороте или подъёме) рекомендуется ≥ 250 мм для грузов размером до 800 мм и ≥ 400 мм для грузов больших размеров. Иногда шаг подвесок принимают из расчёта обеспечения возможности прохода между грузами (800-1000 мм), например, между этажерками со стержнями.

Производительность конвейера определяют по формулам:

$$f = \frac{36mV_K K_{ис}}{60S} \text{ [т/час]}$$

$$f = \frac{60V_K i K_{ис}}{S} \text{ [шт/час]}$$

где m – масса груза на одной подвеске, кг;

S – шаг подвески с грузом, м;

i – количество грузов на подвеске;

$K_{ис} = 0,75-0,9$

Если на конвейере производят охлаждение отливок, то определяют длину с помощью формы 15.

4. Пневмотранспорт широко применяют для пылевидных материалов: глины, бентонита, угля, а также сухих песков. Основные достоинства пневмотранспорта состоят в малых габаритах транспортного трубопровода, в возможности размещения его по пространственной трассе, практически в любых местных условиях и в сохранении материала от распыления при его перемещении, т. е. в гигиеничности этих установок. Недостатком пневмотранспорта является большой удельный расход мощности, достигающий 8-12 кВт/т транспортируемого материала, а также быстрый износ отдельных элементов установок при транспортировании абразивных материалов.

Обычно пневмотранспортом подают уголь и глину после помола. При этом глина перед подачей в мельницу должна пройти глинорезку и просушку, а уголь – дробление. При компоновке размольных установок с пневматическим отбором продуктов помола не следует допускать горизонтальных участков трубопроводов во избежание слеживания в нем пылевидного материала во время останковки.

Для подачи молотых глины, угля, песка применяют высоконапорные (нагнетательные) пневмотранспортные установки с камерными насосами производительностью 6-15 м³/ч и дальностью транспортирования до 400 м.

16. Объёмно-планировочные решения литейных цехов

Объёмно-планировочное решение литейного цеха включает:

1) разработку компоновочной (технологической) схемы цеха, которая определяется видом отливок, принятым технологическим процессом их изготовления, составом и мощностью цеха. Она должна обеспечивать рациональные грузопотоки

2) разработку на основе принятой компоновки архитектурно-строительного решения здания, определяющего его габариты, этажность, размеры пролётов, высоту здания и т. п.

16.1. Грузопотоки литейного цеха

Для получения 1 т отливок по цеху необходимо переместить до 3 т различных материалов. Если перемещать рационально, то уменьшится количество капитальных, энергетических и трудовых затрат. Достигается это разумной компоновкой цеха, т. е. взаимным расположением его производственных, вспомогательных отделений и участков. Для чего на компоновочной схеме цеха вычерчивают схему грузопотоков основных материалов (шихтовых и формовочных). При этом за основу берётся годовой грузопоток (в тоннах из формы 21) и разбивается по отделениям, участкам (линиям). Ширина полосы пропорциональна годовому количеству материала в тоннах.

Ведомость грузооборота				Форма 21		
№ п/п	Цех получает		Цех выдает		Внутрицеховой оборот	
	Наименование груза	тыс.т	Наименование груза	тыс.т	Наименование груза	тыс. т
1	Покупной лом		Годные отливки		Оборотный металл	
2	Металл из других цехов (стружка, обрезь)		Оборотный металл (внешний брак)		Оборотная формовочная смесь	
3	Топливо		Шлак, зола, мусор		Опоки, грузы, плиты, драйеры	
4	Флюсы, огнеупоры		Отработанная смесь		Модели стержневых ящиков	
5	Свежие формовочные материалы				Сушильные плиты и драйера	
6	Прочие материалы.					

Схема грузопотоков позволяет наглядно выявить достоинства и недостатки компоновки и проекта цеха в целом. При этом избегают перекрещивания и встречи одноименных грузопотоков и добиваются их минимальной длины.

16.2. Основные рекомендации по составлению компоновочных схем

Компоновка цеха может быть различной, однако имеются и общие рекомендации (рис. 16.1):

1. Компоновка должна обеспечивать:

а) наименьшую протяженность основных грузопотоков: жидкого металла из-за потери литейных свойств при быстром снижении температуры; готовых и оборотных смесей из-за большой величины грузопотока; готовых стержней из-за их хрупкости. Поэтому во всех компоновках заливочный участок формовки стремятся расположить рядом с плавильным отделением; сборочный участок формовки – со стержневым отделением; формовочные отделения – со смесеприготовительным.

б) удобные связи с заводскими транспортными, энергетическими и санитарно-техническими коммуникациями. в) размещение наиболее людных и с большими тепловыделениями производственных отделений в помещениях, обеспеченных хорошей естественной освещенностью и вентиляцией (формовочные, стержневые, плавильные).

в) размещение наиболее людных и с большими тепловыделениями производственных отделений в помещениях, обеспеченных хорошей естественной освещенностью и вентиляцией (формовочные, стержневые, плавильные).

2. Наиболее предпочтительно размещение цеха в одном здании, так как сокращается площадь, увеличивается коэффициент застройки, снижается стоимость строительства и, как правило, получаются более короткими внутрицеховые грузопотоки. Однако, для крупных цехов усложняется решение вопросов вентиляции и естественного освещения. Поэтому термоочистные отделения крупных цехов литья из стали и ковкого чугуна иногда размещают в отдельных зданиях.

3. Рекомендуется компактная конфигурация плана цеха в виде прямоугольника с отношением сторон от 1:1 до 1:3 для цехов крупносерийного и массового производства чугунных и цветных отливок; для цехов мелкосерийного и единичного производства крупных и тяжелых отливок, также для цехов стального литья целесообразно отношение сторон $>1:3$ и Г- и Т-образная форма здания.

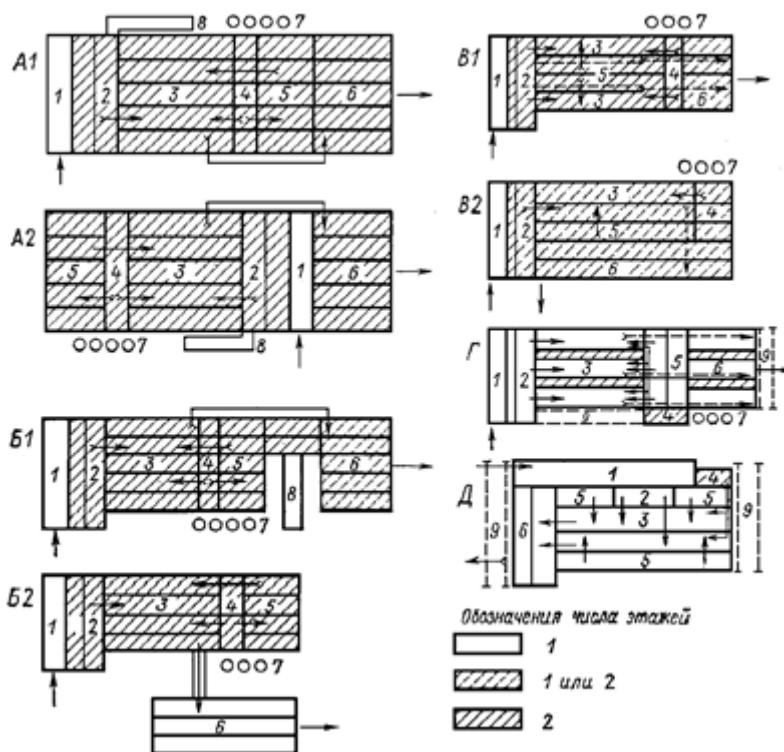


Рис. 16.1. Компоновочные схемы литейных цехов: 1 – склад шихты; 2 – плавильное отделение; 3 – формовочное отделение; 4 – смесеприготовительное отделение; 5 – стержневое отделение; 6 – обрубное и грунтовочное отделение; 7 – силосы для песка; 8 – пандус; 9 – открытая эстакада

4. В современных условиях оборудование технологического, транспортного, санитарно-технического и энергетического назначений невозможно рационально расположить на одном уровне. Требуется более 3 уровней. Поэтому для основных технологических операций и оборудования, обслуживаемых большим числом работающих, выделяют более комфортную площадь, чем для остального оборудования и помещений, требующих периодического обслуживания или минимального числа персонала. Это оборудование устанавливают на первых и промежуточных этажах зданий, в подвалах, тоннелях, на площадках, антресолях, крыше. Следует отметить, что вентиляционное оборудование занимает от 10 до 18 % площади цеха.

5. В двухэтажных зданиях на первом этаже размещают вентиляционное, санитарно-техническое и электротехническое оборудование, трансформаторные силовые и печные подстанции, тепловые вводы, пластинчатые, ленточные, подвесные конвейеры и технологическое оборудование, выделяющее вредности и подлежащее локализации (охладительные конвейеры, галтовочные барабаны, оборудование для подготовки

оборотной смеси и литейных материалов и др.), пульта управления, склады оснастки, отливок и т.п. Для въезда на второй этаж устраивают пандус.

6. В зданиях смешанной этажности основные отделения занимают двухэтажную часть здания, а термоочистные с большими нагрузками на полы от печного оборудования и отделения хранения и подготовки литейных материалов – одноэтажную.

7. В одноэтажных зданиях площадь подвалов составляет 40-60 % площади застройки. Кроме того, часть приточных устройств и трансформаторных помещений приходится размещать на кровле здания. Устройство глубоких подвалов и мощных перекрытий цеха обходится очень дорого, поэтому для производства отливок массой до 1000 кг целесообразны здания двухэтажные или смешанной этажности. Иногда в одноэтажных зданиях для сокращения протяженности коммуникаций применяют многоэтажные вставки шириной 12 м между продольными производственными пролетами. Первый этаж вставок используют для основного производства, транспортных устройств и проездов, верхние этажи для электрооборудования, приточных и вытяжных вентиляционных установок. Однако вставки по сравнению с двухэтажными зданиями разделяют общий производственный объем на отдельные отсеки и усложняют коммуникации и конструкцию здания.

8. Расходные склады свежих сухих и регенерированных песков обычно размещают в силосных башнях вне цеха около основных потребителей этих материалов. Промежуточные склады моделей и стержневых ящиков должны находиться в непосредственной близости от формовочных и стержневых машин и рабочих мест, причем должен быть обеспечен удобный и бесперебойный транспорт этой оснастки (особенно в цехах с обширной номенклатурой отливок).

9. Смесеприготовительные отделения, как правило, занимают всю высоту здания, а иногда и превышают его, и размещаются на нескольких ярусах.

10. Административно – конторские помещения и столовые рекомендуется размещать в отдельно стоящем здании, соединенном с цехом отопливаемыми надземными или подземными переходами длиной 50 м. Для создания наиболее комфортных условий труда эти здания размещают с той стороны здания цеха, где меньше вредные выделения (шум, пыль, газы, вибрация и т.д.). Помещения душевых и гардеробных, которые используются короткое время и меньше нуждаются в комфортных условиях, рекомендуется размещать внутри здания цеха, заполняя его объем. Проходы людей из этих помещений к рабочим местам в цехе должны быть безопасными вплоть до применения специальных галерей или вставок.

11. Здания литейных цехов имеют, как правило, помимо продольных пролетов и поперечные (для отделений хранения и подготовки литейных материалов, плавильных).

12. Специфика литейного производства требует постоянного санитарно-бытового обслуживания рядом с рабочими местами. Для этого предусматривают специальные блоки местного бытового обслуживания, которые размещают в цехе вблизи основных проходов на промежуточных или первых этажах двухэтажных зданий; во вставках или на антресолях одноэтажных зданий. В блоках размещают комнаты отдыха, раздачи молока, помещения для полудушей, питьевые устройства с подсоленной водой и пр. Здесь удобно блокировать также экспресс-лаборатории, кладовые, комнаты мастеров.

17. Строительная часть

Строительная, санитарно-техническая и энергетическая части проекта литейного цеха разрабатываются специализированными проектными организациями соответствующего профиля. Однако проектанты-литейщики должны выдать им задание на проектирование, в котором указывают основные сведения для них: тип здания, основные его параметры, вид отопления, вентиляции, кратность обмена, расходы энергоносителей, их параметры, количество потребителей, их расположение и характеристики и т.п.

17.1. Классификация зданий

Производственные здания в зависимости от процессов, происходящих в них делятся на:

- 1) основные производственные, в которых осуществляются основные и подсобные технологические процессы;
- 2) обслуживающие (здания складского, энергетического и транспортного назначения);
- 3) вспомогательные (здания заводоуправления, лабораторий, столовых, медицинских учреждений, здания бытового назначения, проходные и т.п.)

По пожарной опасности эти здания подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Производства категорий А, Б непосредственного отношения к машиностроению не имеют. К категории В относят лесопильные, деревообрабатывающие, столярные, дерево модельные, лесотарные цехи, отделения регенерации смазочных масел, трансформаторные мастерские, склады горючих и смазочных материалов. К категории Г – литейные, кузнечные, сварочные, термические цехи, цехи горячей прокатки металлов, мотороиспытательные станции, депо мотовозные и паровозные, котельные, помещения испытания двигателей внутреннего сгорания, машинные залы электростанций. К категории Д – механические и инструментальные цехи, цехи холодной штамповки и холодной прокатки, шихтовые склады, депо электровозов, воздуходувные и компрессорные станции, насосные станции для перекачки горючих жидкостей.

По огнестойкости здания делятся на 6 категорий: I, II, III, IV, V, VI (СНТП II – А.5-70). Здания I и II категорий имеют все части здания несгораемые. Здания III категории имеют основные части здания несгораемые, а такие части, как междуэтажные и чердачные перекрытия, перегородки – трудносгораемые, а совмещенные покрытия – сгораемые. Здания IV категории имеют части здания трудносгораемые (основные перекрытия, перегородки), сгораемые (совмещенные перекрытия) и несгораемые (брандмауэры). Здания V и VI категорий имеют все части здания сгораемые и несгораемые только брандмауэры.

Производственные здания различают по объемно-планировочным решениям и эксплуатационным режимам:

- на одноэтажные, многоэтажные и смешанной этажности;
- со световыми или аэрационными фонарями и безфонарные;
- без кранового оборудования и крановые;
- отапливаемые и неотапливаемые;
- с плоскими и скатными кровлями;
- с наружным отводом атмосферных вод с кровли или с внутренними водостоками.

17.2. Типы зданий и основные параметры

1. Одноэтажные здания

Имеют преимущества перед многоэтажными в отношении расстановки тяжелого оборудования и широких возможностей использования всех видов горизонтального транспорта.

Одноэтажные здания бывают:

- с полным каркасом, у которых вертикальными несущими элементами являются колонны, наружные же стены выполняются лишь ограждающими элементами, т.е. заполнением (наиболее распространены);
- с неполным каркасом, когда несущие колонны располагают только внутри здания, наружные же стены делают несущими, выполняющими также функции и ограждения;
- с несущими стенами, т.е. без несущих колонн.

Основными структурными частями зданий являются пролеты. Под пролетом понимается объемная часть здания, ограниченная двумя смежными рядами вертикальных несущих конструкций (для зданий с полным несущим каркасом – рядами колонн).

Основными строительными параметрами здания в плане являются ширина пролета L и шаг колонн t . Ширина пролета L – это расстояние между продольными разбивочными осями. Ширина пролета промышленных зданий принимается кратной 6 м и равна обычно 18 и 24 м для бескрановых зданий и 18, 24, 30 и 36 м в крановых зданиях. Шаг колонн t – расстояние между поперечными разбивочными осями (или расстояние между осями двух соседних колонн в направлении продольной оси пролета). В промышленных зданиях принимается кратным 3 м. Обычно шаг крайних (пристенных) колонн принимается 6 или 12 м в зависимости от конструкции стеновых ограждений. Шаг средних колонн обычно 12 м. Сочетание ширины пролета и шага колонн образует сетку колонн, обозначаемую произведением $L \times t$. Для повышения эффективности использования производственной площади целесообразно применять большую ширину пролета и шаг колонн. Например, увеличение шага колонн сверх 12 м дает больший эффект, чем увеличение ширины пролета при неизменном шаге колонн.

Основным параметром здания в разрезе является высота пролета h – расстояние от чистого пола до низа несущих конструкций покрытий. Принимается кратным 1,2 м, 0,6 м для производственных и 0,3 м для административно-бытовых. Унифицированная высота пролетов находится в пределах 6-8,4 м в бескрановых пролетах и 10,8-21,6 м – в крановых.

В настоящее время разработана и внедряется система унифицированных типовых секций (УТС). УТС представляет собой объемную часть здания, состоящую из одного или нескольких одинаковых пролетов постоянной высоты. УТС для одноэтажных зданий литейных цехов имеют размеры в плане 144×72 м и 72×72 м (при сетке колонн 24×12 м). Высота пролетов при подвесном подъемно-транспортном оборудовании производительностью до 5 т равняется 10,8 м, при мостовых кранах до 30 т – 10,8, 12,6, 16,2, 18 м. Кроме того используются дополнительные секции следующих размеров:

- 1) 48×72 м с шириной пролетов 24 м и шагом 12 м;
- 2) 24×72 м с шагом 12 м;
- 3) 30×72 м с шагом 12 м.

Компонуя основные и дополнительные секции получают здание необходимых размеров. УТС значительно сокращает стоимость и сроки проектирования и строительства объектов.

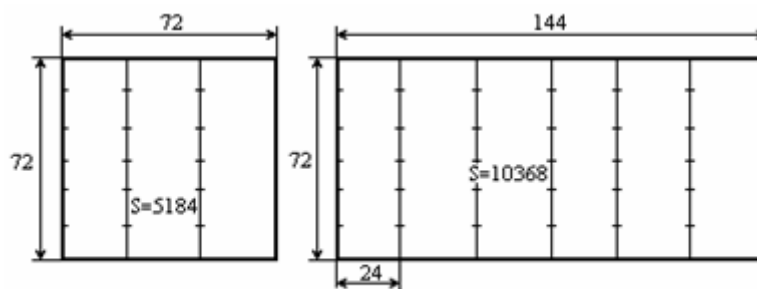


Рис. 17.1. Схемы типовых секций

1. Двухэтажные здания

Имеют каркасную конструкцию с полным каркасом. Ширину пролетов первого этажа для двухэтажных зданий литейных цехов обычно принимают 9 или 12 метров (реже 6), а второго этажа 18 и 24 м, и только для плавильных отделений 30, 36, а шаг колонн 6 и 12 м.

Высота нижних этажей двухэтажных зданий измеряется расстоянием от пола до пола и составляет для литейных цехов – 7,8; 8,4 м, а верхнего этажа – от пола до нижней точки балки покрытия и составляет 10,8, 12,6, 14,4, 16,2, 18, 19,8, 21,6 м.

Допускаемые нагрузки на перекрытие при пролете 9 м – 0,5 – 1,5 т/м² и 2,0 – 2,5 т/м² при пролете 6 м.

УТС для двухэтажных зданий литейных цехов принимают размером в плане 96×72 м и 72×72 м при тех же дополнительных секциях. УТС разработаны для зданий без перепада высот.

17.3. Основные конструктивные элементы здания

Фундаменты

При каркасной конструкции здания наиболее целесообразны отдельно стоящие фундаменты, выполненные из железобетона. Они разделяются на сборные и монолитные. Размеры фундамента определяются допустимой нагрузкой на грунт. На фундамент 1 непосредственно опираются колонны 5, а также фундаментные балки 3 через посредство бетонных столбиков 2 или без них (рис. 17.2). Фундамент своим башмаком устанавливается на песчаную подготовку 6 так, чтобы обрез фундамента располагался на уровне планировочной отметки грунта, которая принимается на 0,15 м ниже уровня чистого пола для железобетонных колонн и -0,6...-1,0 м для металлических колонн.

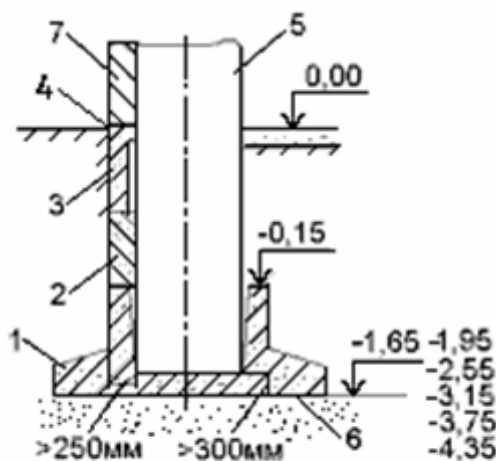


Рис. 17.2. Схема отдельно стоящего сборного фундамента

Глубина заложения фундамента устанавливается в зависимости от положения уровня грунтовых вод, расчетной глубины промерзания грунта и его влажности. Рекомендуемые значения этой глубины приведены на рис. 17.2. Фундаментная балка покрывается слоем гидроизоляции 4, обычно рубероид с битумом или только битумная промазка, и на этот слой монтируются защитные наружные ограждения (стены) 7. Колонна 5 устанавливается в гнездо фундамента, после чего остающийся зазор заливается цементным раствором.

Колонны по расположению их в здании подразделяются на средние и крайние. К крайним с наружной стороны примыкают стеновые ограждения. Крайние колонны, в свою очередь, подразделяются: 1) основные, воспринимающие нагрузки от конструкций покрытия, кранов, стен; 2) фахверковые, служащие только для крепления стен. Эти колонны применяют при расстоянии между основными колоннами более 6 м в следующих случаях: - при стенах из асбестоцементных и металлических листов; - в зданиях высотой

более 30 м; - в зданиях при кирпичных стенах; - в сборно-разборных зданиях; - для внешних переносных торцовых стен при строительстве здания в несколько очередей.

На выбор типа колонны, ее размеров влияет:

- 1) нагрузка на нее;
- 2) наличие и грузоподъемность мостовых кранов и кран-балок;
- 3) высота здания, шаг колонн и ширина пролета
- 4) нормативное сопротивление на грунт и вид фундамента;
- 5) ветровой район.

Колонны бывают железобетонные и стальные. Железобетонные колонны в одноэтажных зданиях применяются при высоте от пола до низа стропильных конструкций 14,4 м включительно при одноярусном расположении мостовых кранов общего назначения грузоподъемностью до 30 т, а также при отсутствии мостовых кранов.

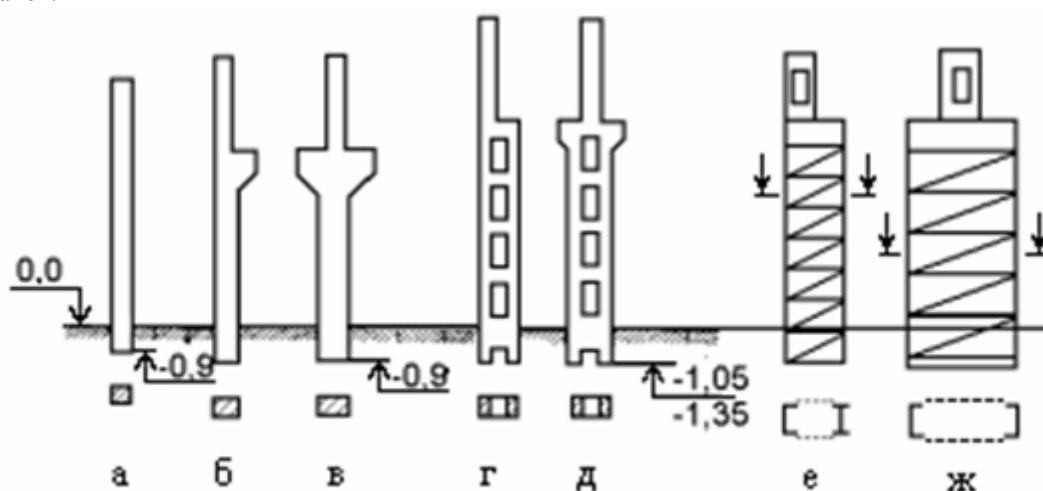


Рис. 17.3. Схемы колонн: железобетонных одноветвевых (а, б, в) и двухветвевых (г, д), металлических (е, ж)

Стальные колонны применяют: 1) при высоте от пола до низа форм более 14,4 м; 2) при наличии мостовых кранов общего назначения грузоподъемностью 50 т и более независимо от высоты колонн, а также при меньшей грузоподъемности, когда требуется устройство прохода для людей в теле колонн на уровне крановых путей; 3) при шаге колонн более 12 м; 4) при двухъярусном расположении мостовых кранов; 5) в зданиях, а также пролетах зданий, оборудованных мостовыми кранами тяжелого и весьма тяжелого режима работы; 6) в зданиях с пролетами более 18 м, возводимых в труднодоступных пунктах строительства.

Приблизительно поперечные размеры колонн можно определить в зависимости от их высоты, назначения по следующим соотношениям:

1) для колонн квадратного сечения ($a \times a$), не несущих крановых нагрузок при металлических и железобетонных перекрытиях $a = H/25$, где H – высота колонны (см), на которую опираются конструкции перекрытия;

2) для колонн прямоугольного сечения ($a_b \times a_m$), несущих крановые нагрузки. Большой размер сечения колонны a_b при кранах грузоподъемностью до 10 т не менее $H_{пр}/14$, при кранах грузоподъемностью более 10 т не менее $H_{пр}/10$. Меньший размер сечения колонны a_m должен быть не менее $H_{пр}/25$ в любом случае.

$H_{пр}$ – нижняя часть колонны (см) от верха фундамента до верха железобетонных подкрановых балок или до верха консоли, на которую опираются подкрановые балки.

Во всех случаях размеры сечения железобетонных колонн должны быть не менее 30×30 см.

Несущие конструкции покрытия

Делятся на стропильные и подстропильные.

Стропильные конструкции перекрывают пролет и поддерживают настил кровли (покрытия) и бывают в виде стропильных балок и ферм. Балки применяют при пролетах 6, 9, 12, 18 м, а при пролетах более 18 м применяют фермы, т.к. нагрузка на эти конструкции с увеличением ширины пролета возрастает.

Стропильные балки различают по применению: 1) балки для зданий со скатными покрытиями (двускатные и односкатные); 2) балки для зданий с плоским покрытием (рис. 17.4).

Стропильные фермы – по очертанию поясов делятся на сегментные, арочные, полигональные, треугольные, с параллельными поясами (рис. 17.5).

Обычно межферменное пространство используют для расположения разнообразных коммуникаций: - подающих воздухопроводов и отсосов сетей вентиляции; - водовод ливневой внутренней канализации; - водопровода промышленной и питьевой воды; - системы электрических шинопроводов и др.

При большом числе и габаритах этих коммуникаций весьма целесообразны фермы с параллельными поясами, т.к. они создают самое большое межферменное пространство, которое, кроме того, может быть использовано для устройства здания с техническим этажом, в котором могут размещаться вспомогательные, бытовые и конторские помещения и др.

Стропильные конструкции помимо основного назначения выполняют часто и другие функции: к ним прикрепляют подвесные кран-балки, краны и подвесные конвейеры.

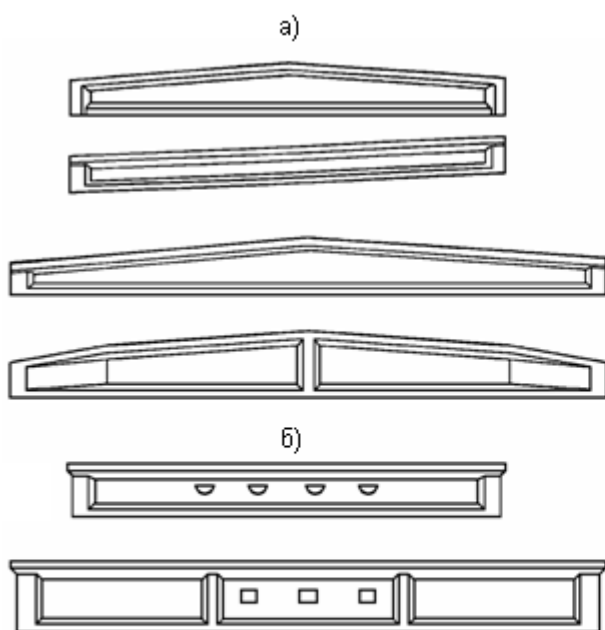


Рис. 17.4. Железобетонные балки покрытий: а - для скатных покрытий, б - для плоских покрытий

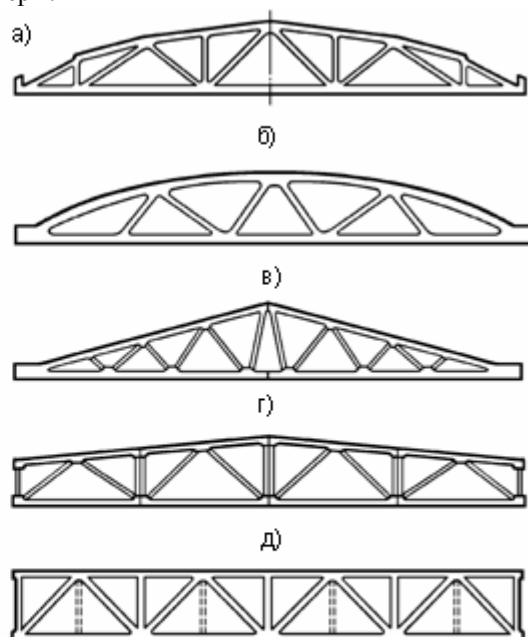


Рис. 17.5. Железобетонные фермы покрытий: а - сегментная, б - арочная, в - треугольная, г - полигональная, д - с параллельными поясами

Подстропильные конструкции (фермы и балки)

Перекрывают 12-метровый шаг колонн и образуют промежуточные опоры для расположенных с 6-метровым шагом стропильных конструкций.

Стропильные и подстропильные конструкции бывают железобетонные и стальные. Железобетонные применяют:

1) в отапливаемых зданиях с подвесными кран-балками грузоподъемностью до 5 т или без них с пролетами до 24 м и шагом колонн до 12 м;

2) в неотапливаемых помещениях с асбоцементной кровлей с подвесными кран-балками грузоподъемностью до 2 т или без них с пролетами до 12 м, а в зданиях с рулонной кровлей, с подвесными кран-балками грузоподъемностью до 5 т или без них с пролетами до 18 м.

Стальные применяют:

1) в отапливаемых зданиях с пролетами 30 м и более;

2) в неотапливаемых зданиях с пролетами 18 м и более при асбоцементной кровле;

3) в зданиях с подвесными кран-балками грузоподъемностью более 5 т либо другими подвесными устройствами, создающими нагрузки, превышающие предусмотренные для типовых железобетонных конструкций;

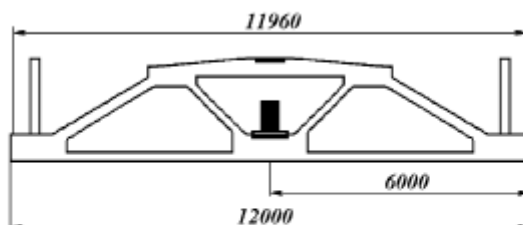


Рис. 17.6. Железобетонная подстропильная ферма

4) в зданиях с развитой сетью подвесного конвейерного транспорта либо с коммуникациями, размещаемыми в пределах межферменного пространства, в случаях, когда они по своим размерам не размещаются в пределах решетки типовых железобетонных ферм.

- 5) в зданиях с расчетной сейсмичностью 8 и 9 баллов с пролетами 18 м и более, а также возводимых в труднодоступных пунктах строительства;
 - 6) в зданиях с большими динамическими нагрузками (копровые цехи, взрывные отделения и т.п.);
 - 7) над горячими участками цехов с интенсивным теплоизлучением (печные и разливные пролеты);
- в других случаях, когда колонны здания выполняются стальными.

Перекрытия

Перекрытия бывают сборные и монолитные, которые делятся на балочные и безбалочные. Основным несущим элементом перекрытия являются балки перекрытия – ригели, которые могут быть стальные или железобетонные. Эти балки перекрывают пролет и 12-метровый шаг колонн. На них укладываются железобетонные плиты перекрытия при сборных перекрытиях или на месте изготавливают участок монолитного железобетонного перекрытия. Балочные перекрытия обеспечивают более жесткую конструкцию и запроектированы двух типов из железобетона и из стали. Железобетонные предназначены для зданий, в которых оборудование устанавливается на плиты перекрытий, укладываемые на полки ригелей (рис. 17.7, а). Стальные предназначены для зданий, в которых должно устанавливаться «провисающее» оборудование, т.е. проходящее через проемы в перекрытиях и опирающееся на балки, окаймляющие эти проемы (рис. 17.7, б).



Рис. 17.7. Балочные перекрытия: а – железобетонные; б – стальные

Покрывтия пола

Вид покрытия пола выбирается в зависимости от характера и интенсивности воздействий (механических, тепловых, жидкостных) на пол или специальных требований к нему. Толщину подстилающего слоя, передающего нагрузку на основание, делают от 80 до 250 мм в зависимости от величины и характера распределения нагрузки и прочности основания.

В литейных цехах применяют следующие виды покрытий полов по отделениям:

- 1) склад шихты – булыжные по песку (тип П-20), металлоцементные (П-13);
- 2) склад формовочных материалов – бетонное (П-9), асфальтобетонное (П-16);
- 3) смесеприготовительное – бетонное (П-9);
- 4) стержневое – бетонное (П-9), асфальтобетонное (П-16), из бетонных плит (П-39), из асфальтобетонных плит (П-49);
- 5) формовочное – а) при формовке на плацу – земляное из формовочных материалов (П-1); б) при машинной формовке – бетонное, асфальтобетонное, из бетонных плит, из асфальтобетонных плит;
- 6) разливающий участок – а) разливка на плацу – земляное из формовочных материалов; б) заливка на конвейере – из чугунных плит по песчаной прослойке (П-59);
- 7) плавильное отделение – из жароупорного бетона (П-14), из чугунных плит, из клинкерного кирпича (П-22);
- 8) выбивное отделение – металлоцементное, из чугунных плит по бетону (П-60), из стальных плит по бетону (П-61);
- 9) отделение обрубки – металлоцементные.

Подкрановые балки

Служат для поддержания рельс мостовых кранов. Бывают железобетонные и металлические. Железобетонные применяют в зданиях с опорными кранами грузоподъемностью до 30 т с шагом основных колонн в 12 м. Такие балки имеют тавровое сечение и высоту 0,8 – 1,4 м.

Металлические (стальные) балки применяют в зданиях с тяжелым режимом работы мостовых кранов, а также при высокой температуре или агрессивной среде в помещении здания при грузоподъемности кранов до 50 т. Высота таких балок от 650 до 2050 мм с градацией через 200 мм.

На балках укрепляются подкрановые рельсы подвижно и неподвижно. Чаще всего применяется подвижное крепление с помощью резьбовых соединений, что позволяет проводить рихтовку рельс.

Ограждения производственных зданий

Обеспечивают: 1) изоляцию помещений от влияния внешних условий (атмосфера), к ним относят наружные стены, окна, ворота, кровли, фонари, полы;

2) разделение помещений и связь их между собой (перегородки, лестницы).

Стены

У зданий с полным каркасом наиболее распространены навесные крупнопанельные стены, которые свой вес полностью передают на колонны каркаса, за исключением нижнего подоконного яруса, опирающегося на фундаментные балки. Каждая из панелей в навесных стенах несет только собственный вес или дополнительно вес 2-3 вышерасположенных конструкций. Наиболее эффективны эти стены при легких крупноразмерных панелях из асбоцемента и металла, имеющих распространение в зданиях с избыточными тепловыделениями, неотапливаемых и большими динамическими нагрузками. Кроме того, применяют также панели из железобетона. Основные панели изготавливают с номинальной длиной 6 и 12 м, высотой 1,2 и 1,8 м. Толщина наружных стен принимается от 200 до 500 мм в зависимости от вида материалов и теплотехнических требований.

Для стен с отдельными оконными проемами предусмотрены простенные легкобетонные панели длиной 1,5 и 3 м.

Световые проемы в стенах (окна) – могут быть 1) в виде отдельных окон, 2) ленточные (одна или несколько лент по высоте стены), 3) сплошные (рис. 17.8).

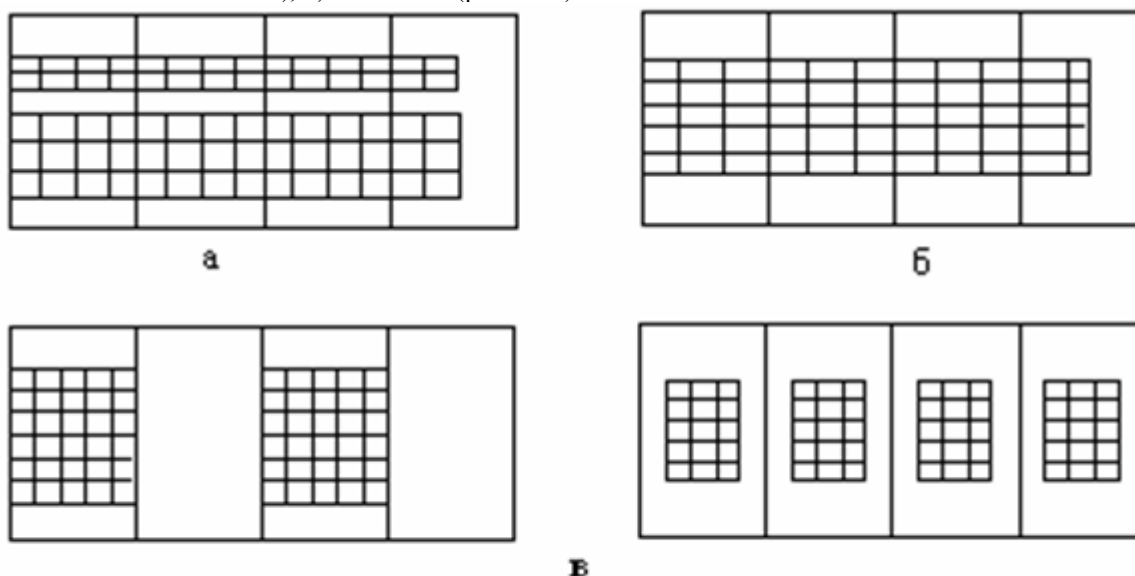


Рис. 17.8. Световые проемы: а – ленточные; б – сплошные; в – в виде отдельных окон

Проемы в виде отдельных окон устраивают в зданиях, где производится грубая обработка изделий. Если необходимо иметь хорошее естественное освещение на большую глубину помещений, предусматривают ленточное или сплошное остекление.

При проектировании оконных проемов нужно учитывать, что чрезмерно большая площадь остекления вызывает перегрев помещений летом и переохлаждение зимой и приводит к удорожанию строительства и содержания здания. Следует учитывать также и специфические особенности производства. Например, в плавильном и термических отделениях с наличием раскаленного металла высокой яркости световая обстановка должна способствовать наилучшей видимости рабочих поверхностей, а цвет внутренних поверхностей не должен резко контрастировать с раскаленным металлом. Поэтому необходимо создавать интенсивное естественное освещение.

В целях уменьшения прямой и отраженной блескости в помещениях, ухудшающей видимость, рекомендуется располагать нижнюю грань оконных проемов на возможно большем расстоянии от пола. В зависимости от назначения здания и расчетного перепада температур наружного и внутреннего воздуха заполнение оконных проемов может быть одинарным и двойным. Вместо двойных переплетов рекомендуется устраивать более экономичные спаренные переплеты или одинарные переплеты с двойным остеклением.

Номинальные размеры оконных проемов по ширине и высоте принимают кратными 600 мм. Расстояние от пола до низа проемов (подоконников) принимают равным 1,2; 1,8 м и более. Заполняют проемы отдельными переплетами и оконными панелями. В промышленных зданиях наиболее распространены стальные переплеты и панели. В последнее время получают распространение беспереплетные заполнения: стеклоблоки, листы из стеклопластика, профильное стекло.

Световые фонари

В промышленных зданиях для увеличения естественной освещенности помимо оконных проемов устраивают световые фонари.

В зависимости от расположения фонари разделяют:

- на продольные, устанавливаемые вдоль конька пролетов (более просты по конструкции и поэтому наиболее распространены);

- поперечные, располагаемые поперечно коньку (применяют, когда продольные не обеспечивают требуемой освещенности, например, в большепролетных зданиях). Фонари бывают следующих типов: прямоугольные или П-образные, трапециевидные, треугольные, шедовые, зенитные иллюминаторы (прямоугольные, квадратные, круглые).

Размеры фонарей определяют на основе светотехнического расчета. Оптимальная в светотехническом отношении ширина наиболее часто применяемых прямоугольных фонарей составляет 0,4-0,6 от ширины пролета, а отношение высоты фонарей к их ширине около 0,3, но не более 0,45 (рис.17.9).

Унифицированные прямоугольные фонари имеют ширину 6 м для пролетов шириной 12 и 18 м, а 12 для пролетов шириной 24-36 м. Номинальную высоту проемов (остекленных переплетов) фонарей принимают: - для фонарей шириной 6 м – 1,5, 1,75, и 2×1,25 м; - для фонарей шириной 12 м - 2×1,25, 2×1,5, 2×1,75 м.

Для обеспечения равномерного освещения производственных помещений необходимо соблюдать следующее расстояние между осями смежных фонарей: при прямоугольных фонарях – не более 4h; при трапециевидных – не более 2h; при зенитных – менее 2,5h;

где h – расстояние от горизонтальной рабочей плоскости до нижнего края светового проема.

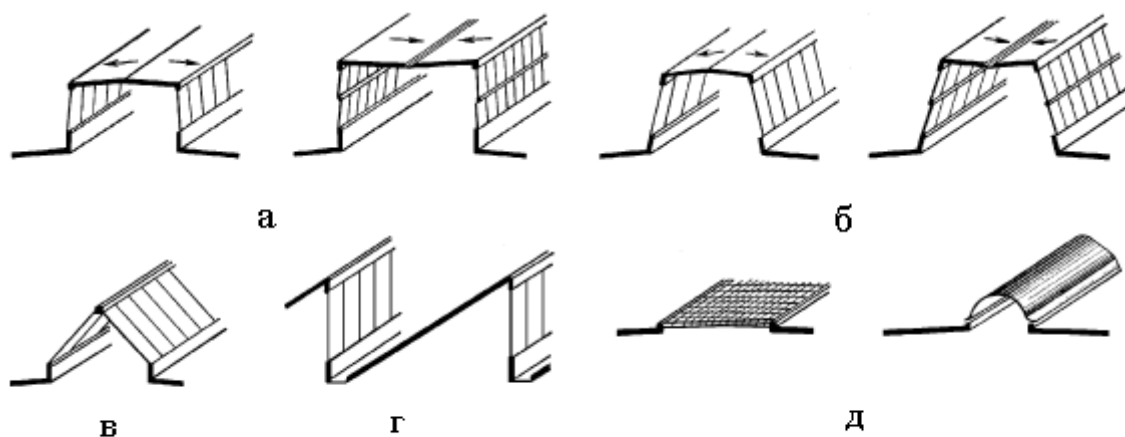


Рис. 17.9. Световые фонари: а - прямоугольные; б - трапециевидные; в - треугольный; г - шедовый; д - зенитные

Фонари-иллюминаторы подразделяют на 1) мелкоразмерные (800×1100, 800×1500, и диаметром 1200 мм), 2) крупноразмерные (1500×3000 мм и 3000×6000 мм).

Зачастую световые фонари являются и аэрационными.

Безфонарные здания применимы в РФ для размещения производств, требующих: 1) строго определенных температурно-влажностного режима при его автоматическом регулировании, 2) особого режима по чистоте воздуха помещений, 3) в цехах-автоматах.

В зданиях без окон и фонарей у людей может возникнуть чувство «замурованности».

Ворота и двери

Размеры проемов ворот и дверей принимают кратными по ширине 500 мм, а по высоте – 600 мм.

Типовые ворота имеют следующие размеры:

- для пропуска электрокар, автомобилей, вагонеток, автопогрузчиков 2000×2400, 3000×3000, 4000×3000, 4000×3600, 4000×4200.

- для пропуска ж.д. транспорта нормальной колеи 4700×5600 мм.

Конструктивные размеры дверных проемов увеличенных на толщину швов составляют: 765×2430 мм 1015×2430 мм для однопольных дверей, 1515×2430 мм и 2015×2430 мм – для двухпольных.

В зависимости от размеров и массы полотнищ, наличия свободного пространства ворота разделяют на: распашные, раздвижные, подъемные, откатные (рис. 17.10).

Открывание и закрывание ворот должно быть автоматическим, а ворота должны быть оборудованы воздушно-тепловыми завесами.

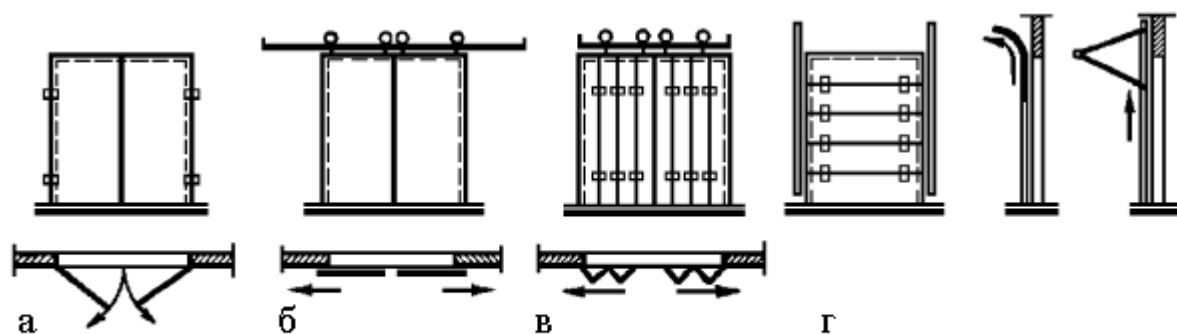


Рис. 17.10. Ворота: а – распашные; б, в – раздвижные; г – подъемные

17.4. Деформационные швы

В зданиях, имеющих большие размеры в плане или состоящих из нескольких объемов с различными высотами и нагрузками на основание, предусматриваются деформационные швы, которые в зависимости от назначения подразделяются на: - температурные, - осадочные, - антисейсмические.

Температурные швы предупреждают образование трещин в конструктивных элементах зданий от деформаций, вызываемых колебаниями температур наружного и внутреннего воздуха. Температурные швы (продольные и поперечные), расчленяя по вертикали все подземные конструкции здания на отдельные части, обеспечивают независимость их горизонтальных перемещений. Фундаменты и другие подземные элементы здания температурными швами не расчленяют, т.к. они под воздействием температуры не деформируются до опасной величины.

Расстояние между температурными швами определяют в зависимости от конструктивного решения здания, климатических показателей района строительства и температура внутреннего воздуха.

В отапливаемых зданиях:

- со сборным железобетонным каркасом – через 60-72м,
- со стальным каркасом – через 150-230 м.

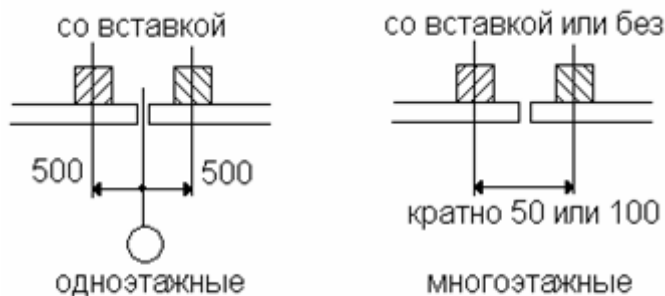


Рис. 17.11. Привязка колонн у температурного шва в одноэтажных и многоэтажных зданиях

В неотапливаемых зданиях и горячих цехах:

- со сборным железобетонным каркасом – через 40 м,
- со стальным каркасом – через 120-200 м.

Поперечные температурные швы в каркасах размещают на двух рядах колонн, на каждый из которых опираются стропильные конструкции покрытия.

Продольные температурные швы в зданиях с железобетонным каркасом устраивают на двух рядах колонн со вставкой в конструкции покрытия, ширина которой в зависимости от типа привязки в смежных пролетах принимается 500 или 1000 мм. Привязка температурного шва показана на рис. 17.11. В зданиях с цельнометаллическим каркасом и смешанным продольные швы следует решать на одном ряду колонн.

В ограждающих конструкциях зданий (стенах, покрытиях, перекрытиях и полах) температурные швы предусматривают в тех же местах, что и в несущих конструкциях.

Поперечные и продольные температурные швы в покрытиях выполняют без разрыва кровельного ковра (рис. 17.12).

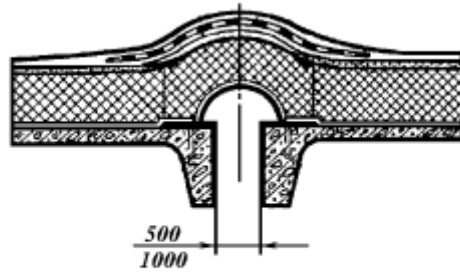


Рис. 17.12. Выполнение кровельного ковра в покрытии у температурного шва

При наличии в перекрытии перепада высот пролетов с ним совмещают и температурный шов.

В местах стыка стеновых панелей, примыкающих к температурному шву, зазор между ними имеет ширину 20 мм и заполняется просмоленной паклей или другим упругим материалом.

Осадочные швы

Предусматривают в тех случаях, когда ожидается неодинаковая и неравномерная осадка смежных частей здания. Такая осадка может происходить 1) при значительной разнице высот смежных частей (более 10 м); 2) при различных по величине и характеру нагрузках на основание; 3) при разнородных грунтах основания под фундаментами; 4) при осуществлении пристроек к существующим зданиям.

Осадочные швы устраивают на границе смежных частей здания, и в отличие от температурных, они расчленяют по вертикали все конструкции здания, допуская самостоятельную осадку отдельных его объемов. Осадочные швы обеспечивают и горизонтальные перемещения расчлененных частей, поэтому их можно совмещать с температурными швами. В этом случае они называются температурно-осадочными.

17.5. Привязка конструктивных элементов к разбивочным осям

Привязка определяется расстоянием от модульной разбивочной оси до грани или геометрической оси сечения конструктивного элемента. Так, колонны, стены и подкрановые балки должны располагаться в каркасных зданиях следующим образом.

В одноэтажных зданиях.

1. В зданиях без мостовых кранов, или с мостовыми кранами грузоподъемностью до 30 т при шаге колонн 6 м и высоте менее 16,2 м наружные грани колонн и внутренние поверхности стен совмещают с продольными разбивочными осями (нулевая привязка), что исключает применения в покрытии доборных элементов (рис. 17.13, а, б).

2. В зданиях с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т при шаге колонн 6 м и высоте 16,2 и 18 м, а также при шаге колонн 12 м и высоте от 8,4 до 18 м (при любой из указанных характеристик) наружные грани колонн смещают с продольных разбивочных осей на 250 мм или реже на 500 мм (рис. 17.13, в).

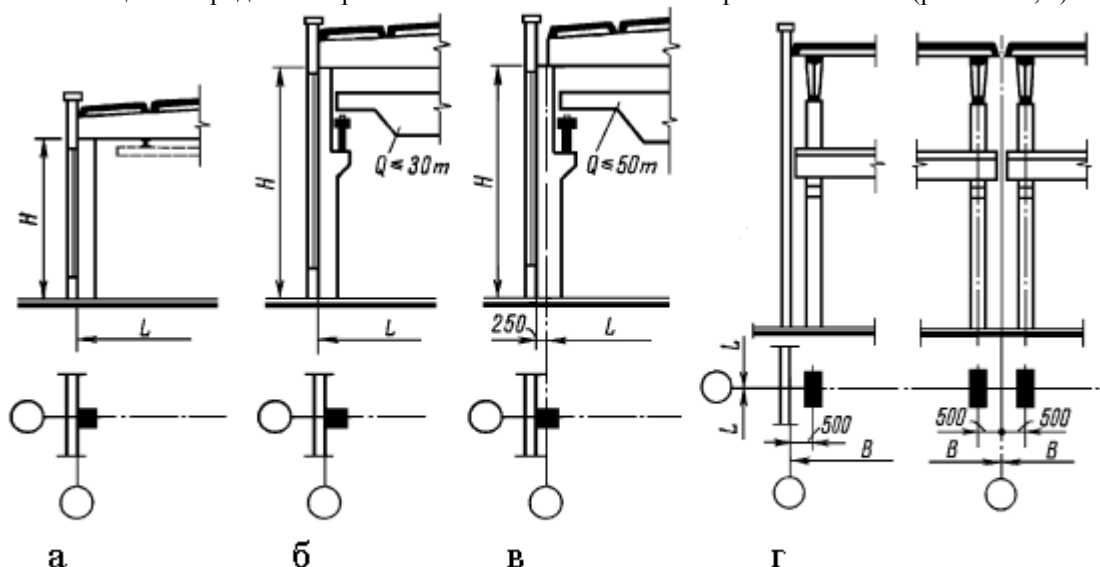


Рис. 17.13. Привязка колонн и стен: а, б, в – к продольным разбивочным осям; г – к поперечным разбивочным осям

3. Поперечные разбивочные оси, определяющие шаг колонн, совмещают с осью сечения колонн, за исключением осей, проходящих в местах торцовых стен и поперечных температурных швов, где колонны относят от поперечных осей на 500 мм (рис. 17.13, г).

4. Колонны, примыкающие к продольному температурному шву, привязывают к продольным разбивочным осям следующим образом:

- при шаге колонн средних рядов, равном шагу колонн крайних рядов, т.е. в случае применения покрытия без подстропильных конструкций, привязка аналогична правилам, установленным для колонн крайних рядов (т.е. нулевая привязка) (рис. 17.14, а).

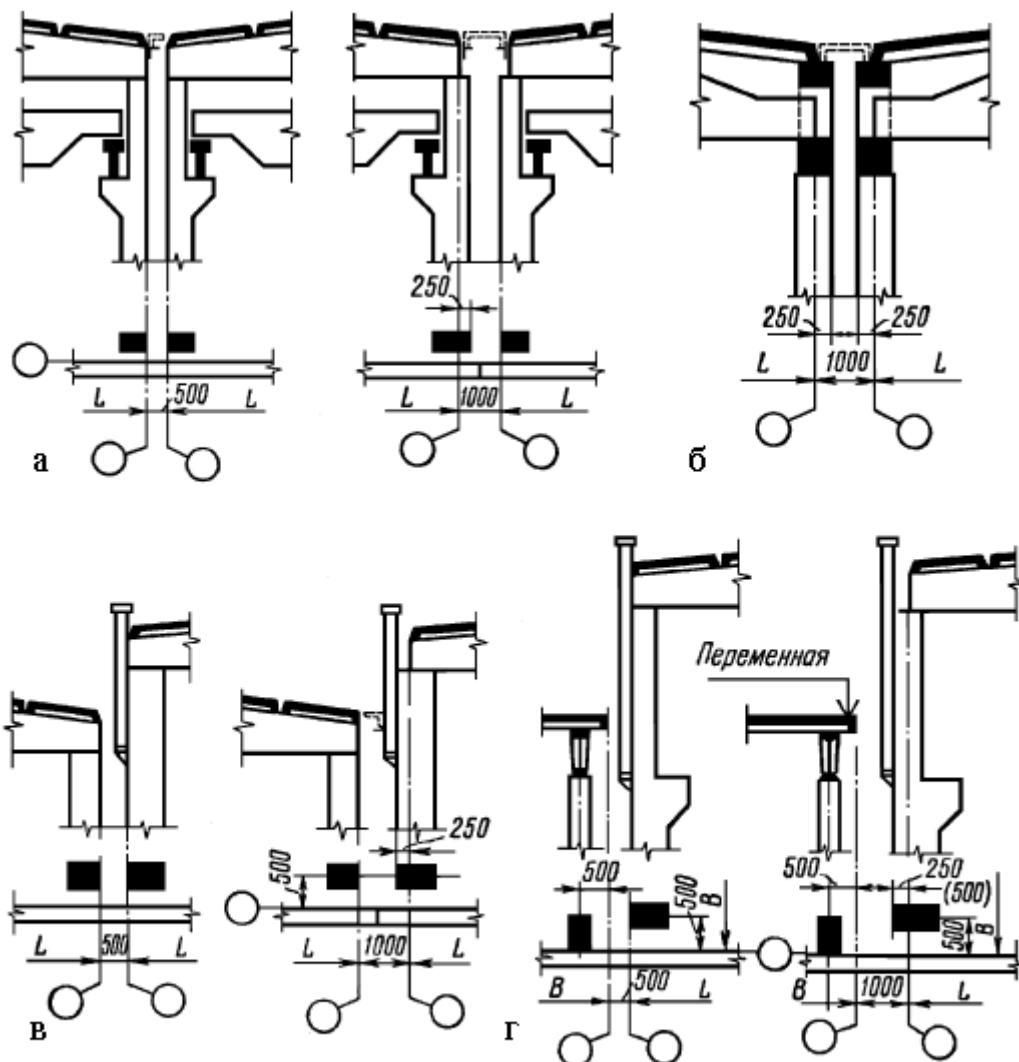


Рис. 17.14. Привязка колонн в местах температурных швов и перепадов высот пролетов: а - в зданиях с покрытием без подстропильных конструкций; б - то же, по подстропильным конструкциям; в - при перепаде высот пролетов одного направления; г - то же, пролетов взаимно перпендикулярного направления

- при шаге колонн средних рядов 12, а крайних 6, т.е. при использовании покрытия с подстропильными конструкциями, расстояния между продольными разбивочными осями и гранями колонн, обращенными в сторону шва, принимают 250 мм (рис. 17.14, б).

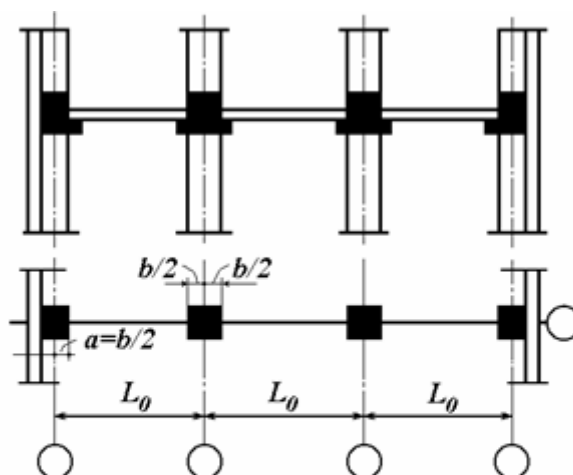
5. Перепад высот между пролетами одного направления (параллельными) в зданиях с железобетонным каркасом рекомендуется предусматривать на двух рядах колонн, привязку которых к продольным разбивочным осям производят так же, как в местах продольных температурных швов (рис. 17.14, в). В зданиях с цельнометаллическим каркасом перепад высот предусматривают на одном ряде колонн.

6. В местах примыкания двух взаимно перпендикулярных пролетов предусматривают два ряда колонн (со вставкой). При этом колонны продольных пролетов, примыкающие к поперечному пролету, смещают с поперечной разбивочной оси на 500 мм (рис. 17.14, г).

В многоэтажных зданиях

Привязка наружной грани колонн к продольным разбивочным осям принимается нулевой, если ригель перекрывает колонну или если это целесообразно по условиям раскладки линий перекрытий и покрытий.

Если ригели опираются на линии колонн или плиты перекрытия опираются на полки ригелей, привязку принимают равной половине толщины внутренних колонн (рис. 17.15).



ис. 17.15. Привязка колонн и стен многоэтажных зданий, равная половине сечения внутренних колонн

17.6. Нанесение размеров на строительных чертежах

Размеры на инженерно-строительных чертежах зданий и сооружений проставляют в миллиметрах без указания единицы измерения. Если же размеры поставлены в других единицах измерения, то на чертеже делается соответствующая оговорка с указанием принятой единицы измерения.

Т.к. положение конструктивных элементов зданий и сооружений определяется привязкой их к модульным разбивочным осям, то и расположение разбивочных осей на строительных чертежах должно быть четко зафиксировано соответствующей маркировкой осей. Разбивочные оси продолжают за контур изображения (плана, разреза) и заканчивают кружками диаметром 8-10 мм, в которых и проставляют обозначение осей.

Для маркировки разбивочных осей применяют арабские цифры и прописные буквы, за исключением букв З, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ы, Ъ, Ь. Цифрами маркируют оси по стороне здания с большим количеством разбивочных осей. Последовательность маркировки осей принимают слева направо и снизу вверх, как правило, по левой и нижней сторонам плана здания.

На планах зданий проводят внешние размерные линии (от 1 до 4) с расстоянием между ними в 6-8 мм. При этом первую линию проводят на расстоянии $\geq 12-16$ мм от контура плана, чтобы не затруднять его чтение. На 1-й размерной линии проставляют размеры оконных и дверных проемов и простенков между ними. На второй линии проставляют размеры между сменными осями и на 3-й линии - размеры между крайними осями.

На разрезах зданий разбивочные оси выносят вниз, проставляют в кружках соответствующие обозначения, проводят размерную линию и проставляют на ней размеры между смежными осями. Для обозначения высотной отметки служит условный знак в виде стрелки с углом 60° , опирающейся острием на выносную линию уровня элемента. На выносной линии стрелкой проставляют высотную отметку элемента в метрах с двумя или тремя десятичными знаками. Высотная отметка определяет высоту от уровня чистого пола первого этажа здания до уровня поверхности данного элемента.

18. Санитарно - техническая часть

18.1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

Литейное производство в машиностроительной промышленности отличается от других производств неблагоприятными условиями труда из-за избыточных выделений газов, пыли, теплоты и резких запахов. Задача нормализации условий труда в литейных цехах решается комплексно, т. е. не только совершенствованием технологических процессов и определением рациональных объемно-планировочных решений, но и санитарно-техническими средствами: применением наиболее эффективных способов удаления и очистки выделений, вентилирования и отопления рабочих помещений.

Показатели производственных выделений теплоты, влаги, вредных веществ и пыли, поступающих в воздушную среду помещений, сведения о конструкции местных отсосов и характеристике их работы, об интенсивности теплоты облучения рабочих мест, необходимые при выборе и расчете систем отопления и вентиляции, принимают по заданию технологической части проекта.

Отопление. В качестве теплоносителя для промышленных зданий используют перегретую воду и пар. Системы отопления компенсируют тепло-потери через строительные ограждения. При расчете отопления и вентиляции литейного цеха исходят из определения расчетных температур различных отделений, определяемых в соответствии с санитарными нормами или по технологическим нормам проектирования. Тепловую мощность систем отопления рассчитывают с учетом среднечасовых тепловыделений от технологического оборудования, от нагретых материалов и полуфабрикатов, от людей, искусственного освещения и других источников.

При определении максимального расчетного часового расхода теплоты на отопление и вентиляцию литейного цеха применяют данные, приведенные в табл. 14 и 15.

Укрупненные тепловые характеристики на отопление и вентиляцию Таблица 14

Здания	Кубатура, тыс. м ³	Удельная тепловая характеристика ккал/(м ³ ·ч·°С); кДж/(м ³ ·ч·°С)	
		для отопления	для вентиляции
Чугуно- и сталелитейные	≤100	0,55; 2,3027	2,2; 9,2110
	≤500	0,35; 1,4654	1,8; 7,5362
	>500	0,3; 1,2560	1,35; 5,6522
Инженерно-лабораторные	<25	0,45; 1,8841	0,85; 3,5588
	<50	0,4; 1,6747	0,8; 3,3494
Бытовые	<25	0,35; 1,4654	0,55; 2,3027
	<50	0,3; 1,2560	0,45; 1,8841

В литейных цехах, как правило, устраивают систему воздушного отопления, совмещенную с приточной вентиляцией, с подогревом приточного воздуха в калориферах. Раздача воздуха в зависимости от назначения помещения и выполняемой работы осуществляется в рабочую зону или к рабочему месту. В литейных цехах на участках с большими тепловыделениями и тяжелой физической работой дополнительно предусматривают воздушное душирование.

При воздушном душировании на участках со значительными тепловыделениями [>20 ккал/(м³·ч); 83,7360 кДж/(м³·ч)] принимают температуры и скорости движения воздуха в теплый период года в пределах 20–22°С со скоростью 2–3 м/с, в холодный период 16–18°С со скоростью 1–2 м/с. В помещениях с выделением пыли и теплоты рециркуляция воздуха не допускается.

Бытовые и административно-конторские помещения отапливают с помощью местных нагревательных приборов независимо от системы отопления производственных цехов.

Наружные расчетные отопительные и вентиляционные температуры, продолжительность отопительного периода Таблица 15

Пункты	Наружные расчетные температуры, °С			Продолжительность отопительного периода в днях за год	Средняя температура отопительного периода, °С
	Средняя наиболее холодной пятидневки	Вентиляционные			
		Средняя наиболее холодного периода	Средняя летняя		
Архангельск	-32	-19	20,8	25	-6,5
Баку	-6	-1	30	119	5,1
Владивосток	-24	-14	24	171	-6,3
Вильнюс	-23	-9	23,4	122	-0,9
Днепропетровск	-21	-8	27	153	-2,2
Ереван	-19	-4	32,5	114	-0,9
Иркутск	-38	-28	23	219	-10,8
Киев	-20	-9	24	164	-2,5
Самара	-31	-17	25	190	-7,4
С-Петербург	-24	-12	20	193	-3,7
Москва	-30	-14	21	194	-5,3

Вентиляция. В промышленных зданиях применяют естественную, механическую и совмещенную вентиляцию, общеобменную и местную.

При естественной вентиляции (аэрации) движение воздуха создается посредством давления, возникающего из-за разности объемных масс наружного (холодного) и внутреннего теплого воздуха. При искусственной механической вентиляции движение воздуха создается за счет разности давлений, создаваемых приточными и вытяжными вентиляторами. Совмещенная система вентиляции – это искусственная механическая вентиляция, учитывающая применение на отдельных участках естественного побуждения для притока и вытяжки. Общеобменная вентиляция поддерживает воздушную среду во всем объеме помещения, обеспечивая соответствующую кратность обмена воздуха, т. е. смену его в течение часа. Кратность обмена зависит от степени загрязнения воздуха. Местная вентиляция предусматривает подачу воздуха в некоторые ограниченные места рабочей зоны помещения или удаление загрязненного воздуха от мест выделения вредностей.

Естественную (аэрацию) и совмещенную системы вентиляции долгие годы считали основными средствами, обеспечивающими санитарно-гигиенические условия воздушной среды. Аэрация осуществлялась притоком воздуха через оконные проемы, а вытяжка – через П-образные светоаэрационные фонари, широко применяемые в отечественной практике. При эксплуатации зданий, рассчитанных на аэрацию, выявлены следующие недостатки: производственные вредности попадают непосредственно в атмосферу цеха, откуда недостаточно быстро и не полностью удаляются; потоки неочищенного воздуха сильно загрязняют поверхности стен и конструкций, приводя цехи в неблагоприятное состояние; стекла фонарей в процессе эксплуатации литейных цехов очень скоро загрязняются, покрываясь темной несмываемой пленкой, не пропуская естественный свет. Кроме того, при аэрации в зимний период холодный воздух создает опрокидывающие потоки, препятствующие естественной вентиляции. Все это приводит к неблагоприятным условиям внутри здания, а удаляемый из цеха воздух, не подвергаясь очистке, загрязняет воздушную среду.

Применение аэрации в литейных цехах послужило основанием для ограничения ширины здания до 96 м.

Специализация производства обуславливает проектирование крупных механизированных и автоматизированных цехов, для которых необходимы крупногабаритные многопролетные здания сплошной застройки. Естественно, что для таких зданий аэрацию невозможно применять как средство, обеспечивающее заданные параметры воздуха в цехе. Для создания нормальных условий труда в многопролетных зданиях применяют механическую приточно-вытяжную вентиляцию с современным технологическим оборудованием и местными отсосами, удаляющими вредности и пыль на месте их выделения.

Однако для ряда цехов мелкосерийного и единичного производства, особенно крупных и тяжелых отливок, имеющих относительно небольшой выпуск продукции, применяют здания с небольшим числом пролетов (3–4 пролета). В таких зданиях, учитывая небольшую ширину и значительную высоту, на участках с большими тепловыделениями целесообразно использование в летнее время аэрации в сочетании с механической вентиляцией (совмещенная система вентиляции). При этом следует иметь в виду, что аэрация эффективна только для участков, размещенных на расстоянии <30 м от наружных стен.

Для обеспечения стабильных параметров воздуха и надежности работы механической приточно-вытяжной вентиляции необходимо создавать повышенное давление внутри здания (увеличение приточной вентиляции над вытяжной на 10%), что возможно в зданиях, не имеющих аэрационных проемов в стенах и кровле. Повышенное давление внутри здания уменьшает неорганизованное перемещение воздушных масс в горизонтальном направлении и гарантирует надежную работу местных отсосов. Механическая приточно-вытяжная вентиляция требует значительных площадей для размещения приточного и вытяжного оборудования. В среднем от развернутой площади цеха вентиляционные установки занимают $\leq 17\%$ в цехах чугунного литья, $\leq 20\%$ в цехах стального литья.

Кроме того, рекомендуется предусматривать резервы для развития вентиляционных систем, надобность в которых выявляется при внедрении новых технологических процессов и реконструкции цехов.

В состав приточной вентиляции входят следующие основные конструктивные элементы: воздухозаборные устройства; приточные камеры, в которых воздух очищается от пыли в фильтрах, подогревается в калориферах, при необходимости увлажняется; воздуховоды для транспортировки; приточные насадки для раздачи (воздухораспределители) воздуха; регулирующие устройства.

Вытяжные системы состоят из следующих элементов: вытяжных устройств – решеток, местных отсосов, укрытий; воздуховодов; вытяжных камер, в которых установлен вентилятор с электродвигателем; устройства для очистки воздуха (при подаче воздуха на рециркуляцию или перед выбросом в атмосферу). Эффективность работы механической вентиляции во многом зависит от рационального размещения вентиляционных устройств в объеме здания и кратчайших магистралей воздуховодов. Приточные вентиляционные камеры рекомендуется группировать и размещать вне производственных площадей, располагая их на антресолях, во вставках между пролетами, на первом этаже в двухэтажных зданиях, а также на кровле. Расположение установок на кровле над участками, куда требуется подача того или иного количества воздуха, позволяет отказаться от протяженных магистральных воздуховодов.

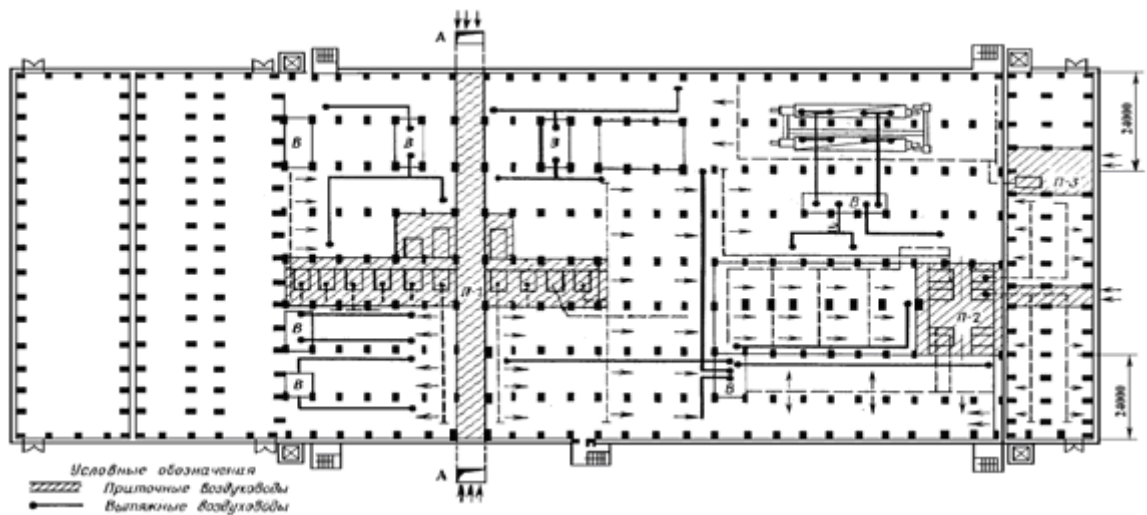


Рис. 18.1. Схема расположения установок общеобменной вентиляции в двухэтажном здании литейного цеха: П-1 – приточная камера обслуживает помещения первого этажа и формовочно-заливочное отделение, размещенное на втором этаже. К камере воздух подается через отдельно стоящие воздухозаборные шахты и подпольные каналы; П-2 – приточная камера для смесеприготовительного и грунтовочного отделений; П-3 – приточная камера для термообрубного отделения; В – вытяжные камеры с системами очистки воздуха и выбросом через трубы; А – воздухозаборные шахты

В основных производственных отделениях воздух подается в рабочую зону (на высоте 3,5–5 м от пола), за исключением отделений обрубки, очистки отливок и складов, где воздухораздача осуществляется на уровне нижнего пояса ферм. На рис. 18.1., 18.2. показаны примеры рационального размещения вентиляционных систем и промышленных проводок в объеме двухэтажных зданий.

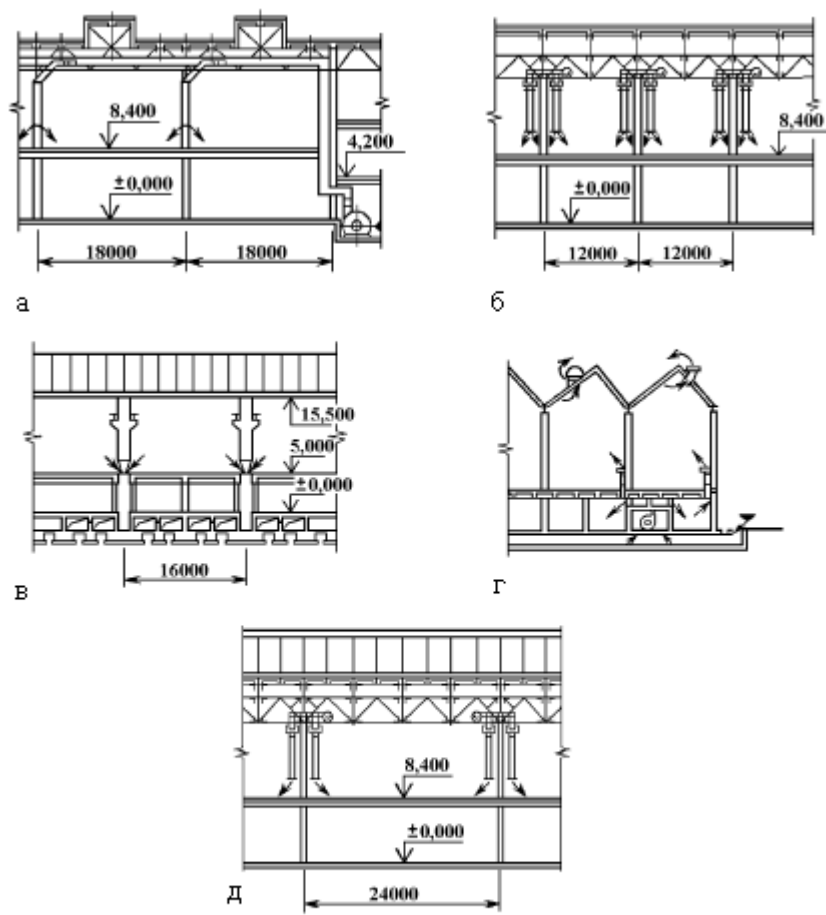


Рис. 18.2. Схемы размещения приточных вентиляционных установок в литейных цехах: а, б - чугунолитейный цех Волжского автомобильного завода; в, г - цех алюминиевого литья автомобильного завода «Фольксваген» в Касселе (ФРГ); д, е - чугунолитейный цех отечественного литейного завода

При расчетах систем вентиляции учитывают характер производственных вредностей в различных отделениях литейного цеха. Показатели вредностей уточняют в технологической части проекта в каждом отдельном случае.

Для предварительного определения общего расхода вентиляционного воздуха при искусственной механической вентиляции литейного цеха используют данные, приведенные в табл. 16.

Укрупненные и усредненные показатели расхода воздуха на приточную вентиляцию (без учета аэрации) Таблица 16

Материал	Удельный расход воздуха на 1 т отливок, тыс. м ³ /т, при массе отливок, кг		
	≤100	100–1000	>1000
Чугун	300	260	230
Сталь	330	300	280

Местную вытяжную вентиляцию применяют в виде местных отсосов, укрытий типа шкафов, специальных пылеуловителей, очистителей и т. д. (рис. 18.3.). Местные отсосы, поставляемые как составная часть технологического оборудования, удаляют пыль и вредности на месте их выделения.

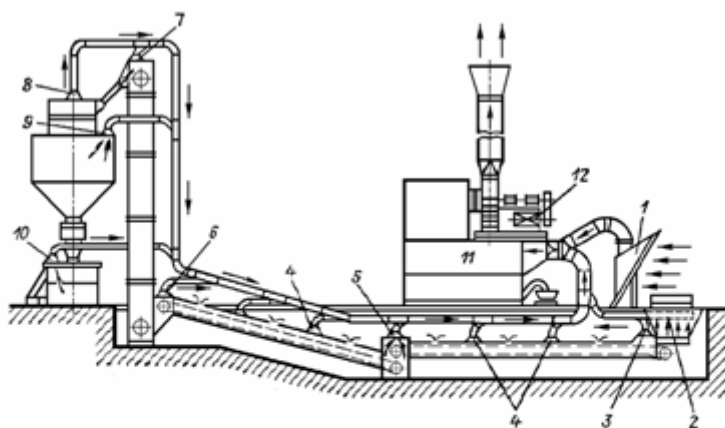


Рис. 18.3. Пылеулавливающая установка в системе смесеприготовления: 1 – над выбивной решеткой; 2 – от приемной воронки выбитой смеси; 3 – на участке выдачи смеси на ленту 4; 5 – на участке передачи смеси с ленты на ленту; 6 – на участке перегрузки смеси в элеватор; 7 – на элеваторе; 8 – на помпональном сите; 9 – от бункера отработанной смеси; 10 – от смесителя; 11 – мокрый скруббер; 12 – вентилятор

В помещениях с одновременным выделением вредных газов и теплоты или только вредных газов, кроме устройства местных отсосов от производственного оборудования, предусматривают общеобменную вытяжку из верхней зоны помещения.

Технологические выбросы и воздух, содержащий пыль, газы и пары, удаляемые местными отсосами, перед выбросом в атмосферу подвергают очистке в масляных, сухих, матерчатых или водных фильтрах.

Воздух, отсасываемый от оборудования смесеприготовительного и выбивного отделений, очищается, как правило, мокрым способом в агрегатах различного типа.

Кондиционирование воздуха. В связи с широким развитием производства точных отливок методом литья по выплавляемым моделям и других аналогичных способов на отдельных участках изготовления моделей и керамических оболочек требуется создание строго регламентированных параметров воздуха. Заданные параметры температурного и влажностного режима для указанных отделений обычно равны $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $55 \pm 5\%$.

К отделениям, в которых необходимо соблюдать заданный термokonстантный режим, предъявляют особые требования. Эти отделения и участки не должны иметь внешних помех – вибраций и солнечной инсоляции, последнее достигается ориентацией окон на север или устройством специальных заградительных экранов и жалюзи. Для поддержания стабильных параметров воздуха необходима герметизация помещения, а также применение стеновых материалов с малой теплопроводностью. Предпочтительно применение многослойных панелей или стен из кирпича толщиной 640 мм.

К интерьерам этих помещений предъявляют повышенные требования: необходимо избегать излишних промышленных проводов и воздуховодов (для чего делают подвесные потолки), отделка должна быть улучшенная, для сообщения с соседними помещениями должны быть предусмотрены тамбуры с двойными воротами или дверями.

18.2. Водоснабжение и канализация

На литейных заводах при наличии открытых источников технического водоснабжения предусматривают следующие системы водоснабжения: хозяйственно-противопожарную; производственную (речной воды); оборотного и повторного использования воды.

Противопожарный водопровод можно объединять также с производственным водопроводом речной воды.

В литейных цехах производственную воду расходуют на следующие нужды: водоохлаждение оборудования; гидрогенерацию песка; очистку удаляемого вентиляционного воздуха; очистку ваграночных газов; гидротранспорт отработанных смесей; приготовление формовочных и стержневых смесей; гидравлическую и электрогидравлическую выбивку стержневых смесей; приготовление красителей и пр.

Вода питьевого качества, кроме хозяйственно-питьевых нужд, расходуется на очистку и увлажнение приточного воздуха, душирующие установки, пылеподавление в рабочих помещениях.

Расходы воды, режимы водопотребления, потребные напоры и требования к качеству воды для производственных нужд принимают по технологическим заданиям.

Ниже приведены укрупненные ориентировочные расходы воды ($\text{м}^3/\text{год}$) на единицу продукции – 1 т отливок.

Оборотная и повторно используемая	110
Производственная	14
Питьевая:	
для бытовых целей	2
для производственных целей	0,1

Для регулирования неравномерностей водопотребления на литейных заводах устанавливают водонапорные баки и башни. В целях экономного использования воды применяют оборотные системы водоснабжения, число которых определяют технико-экономическим расчетом. Оборотные системы водоснабжения следует группировать по признакам качества воды, температурным параметрам и требуемым напорам с учетом расположения водопотребителей на генеральном плане.

В литейных цехах необходимо предусматривать средства автоматического пожаротушения на складе горючих связующих и гранул полистирола; в отделении (участке) изготовления моделей и модельных блоков из пенополистирола; на участках растворения моделей из пенополистирола, расплавления и приготовления модельной массы из парафина, изготовления моделей и модельных блоков из парафина, выплавления модельной массы из парафина и в отделениях краскозаготовительном, грунтовочном и окрасочном.

На литейных заводах, как правило, должны быть предусмотрены следующие системы канализации: хозяйственно-бытовая, дождевая и промышленная различного назначения.

Основные промышленные сточные воды литейных цехов объединяют в водооборотные системы и в водоемы не сбрасывают, поскольку они содержат технические примеси.

Расчетное количество, характеристику и режим сброса производственных сточных вод принимают по данным технологической части проекта. Незагрязненные сточные воды образуются при охлаждении плавильного, компрессорного и другого оборудования.

Основное количество загрязненных сточных вод в литейном производстве образуется при промывке отходящих ваграночных газов и газов электроплавильных печей, очистке вентиляционных выбросов, грануляции шлака, гидрорегенерации песка, промывке агрегатов по приготовлению жидких самотвердеющих смесей.

Очистка воды от механических примесей, как правило, производится методом отстаивания, в необходимых случаях с применением реагентов. Сточные воды, загрязненные токсичными компонентами, сбрасываются в общезаводскую (в отдельных случаях непосредственно в общегородскую) канализацию после очистки на специальных локальных очистных установках с соблюдением установленных нормативных требований по предельно допустимым концентрациям.

Отходы производства и осадки из отстойников рекомендуется удалять с помощью системы гидротранспорта, в которую входит шламонакопитель соответствующей емкости, расположенный вблизи территории завода. Отходы производства и осадок можно также вывозить с территории завода автомобильным или железнодорожным транспортом. Места вывоза согласовывают с органами санитарного надзора при выборе территории под строительство.

19. Энергетическая часть

Обеспечение производства энергетическими ресурсами является важнейшей частью проекта. Расходы различных видов энергии определяют с учетом всех конкретных потребителей для обоснования мощности и числа устанавливаемого энергетического оборудования и для проверки решений по энергоснабжению, принятым в ТЭО. При решении этих вопросов следует предусматривать реальную перспективу развития предприятия, эффективное и экономное использование топливно-энергетических ресурсов.

В современных чугунолитейных цехах расход электрической энергии в среднем равен ~30%, природного газа ~35% и кокса ~35% общего количества потребляемой энергии. В сталелитейных цехах расход электрической энергии достигает 70%, природного газа ~30%. Для выработки 1 кВт·ч электрической энергии расходуют 0,34 кг условного топлива (кгут).

19.1. Теплоснабжение

Схема теплоснабжения – это составная часть ТЭО строительства предприятия. Источниками теплоты являются в основном котельные и ТЭЦ (теплоэлектроцентрали), которые сооружают большой мощности для обслуживания обычно нескольких предприятий. На ТЭЦ осуществляется комбинированное производство тепловой и электрической энергии.

На вводах магистральных тепловых сетей на территории завода сооружают тепловые пункты, в которых происходит распределение, учет и контроль за параметрами теплоносителей, отпускаемых котельной или ТЭЦ.

В качестве теплоносителя для литейных производств, как правило, применяют горячую (перегретую) воду с температурой до систем теплоснабжения 150°С и после систем 70°С. Давление в тепловых сетях при температуре воды 150° С поддерживается на уровне 5 кгс/см².

На (рис. 19.1.) приведена принципиальная схема теплоснабжения от водогрейной котельной. Трассы тепловых сетей, которые могут быть подземными или надземными, приводят в проекте на сводном плане инженерных сетей предприятия. Предусматривают теплоизоляцию и коррозионную защиту сетей.

Расход теплоты на теплоснабжение завода (цеха) складывается из расчетных потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, Вт:

$$\Phi = \Phi_{от} + \Phi_{в} + \Phi_{гв}.$$

Для укрупненных расчетов в ТЭО принимают количество теплоты на 1 м² отапливаемых производственных зданий

$$q = (60 \div 130) \text{ Вт/м}^2.$$

Верхний интервал относится к помещениям литейных цехов, требующих высокой кратности вентиляции.

В проекте определяют и приводят данные о количестве и качестве возвращаемой воды (конденсата).

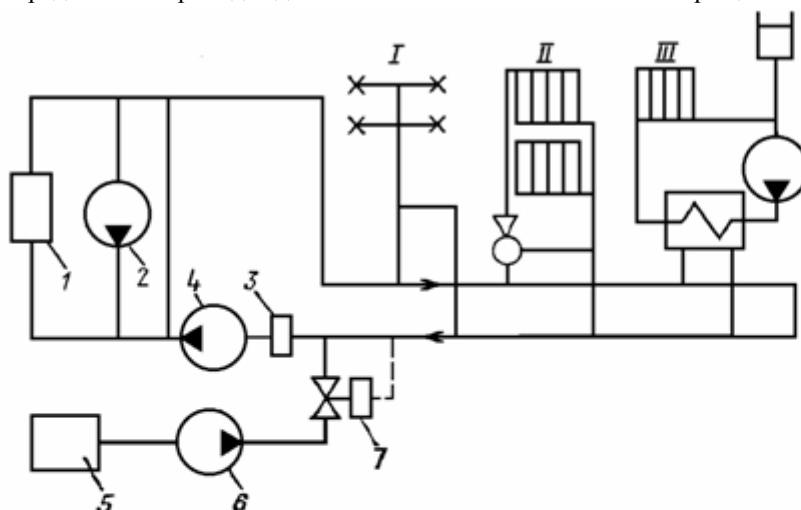


Рис. 19.1. Принципиальная схема теплоснабжения от водогрейной котельной: I – система горячего водоснабжения; II – система отопления и вентиляции; III – система отопления и теплоснабжения других видов (присоединение к тепловой сети через поверхностные теплообменники); 1 – котельная с водогрейными котлами; 2 – рециркуляционный насос; 3 – грязевик; 4 – сетевые насосы; 5 – химводоочистительная установка; 6 – подпиточный насос; 7 – регулятор подпитки

19.2. Газоснабжение

Использование в литейном производстве природного газа вместо мазута или твердого топлива существенно улучшает условия труда. Возможность применения природного газа определяют в ТЭО по согласованию с Госпланом РФ. При определении потребности в природном газе принимают, что 1 м³ природного газа равен 1,17 кгуг. Расход природного газа определяют по потребителям (см. форму 22).

Задание на проектирование газоснабжения								Форма 22		
№ оборудования по плану	Потребители по отделению цеха	Число потребителей	Давление газа у потребителя, МПа	Коэффициент использования оборудования	Расход газа, м ³ /ч				Годовой фонд времени, ч	Годовой расход газа, м ³
					на единицу		общий			
					наибольший	средний	наибольший	средний		

Ориентировочно суммарный расход природного газа (с учетом отопления) при производстве чугуновых отливок составляет 150—180 кгуг/т, а при производстве стальных отливок 140—170 кгуг/т.

К предприятиям газ подводится распределительными газопроводами обычно среднего давления (0,005–0,3 МПа). Для снижения давления газа и поддержания его на заданном уровне служат газорегуляторные пункты (ГРП) и установки (ГРУ). ГРП размещают в отдельно стоящих зданиях (категория производства А) или в пристройках снаружи зданий, ГРУ – в помещениях цехов. В цехе газ распределяется к агрегатам-потребителям по внутрицеховым надземным газопроводам (рис. 19.2).

Герметичность газопроводов и всех элементов газового хозяйства должна отвечать требованиям техники безопасности по испытаниям на плотность.

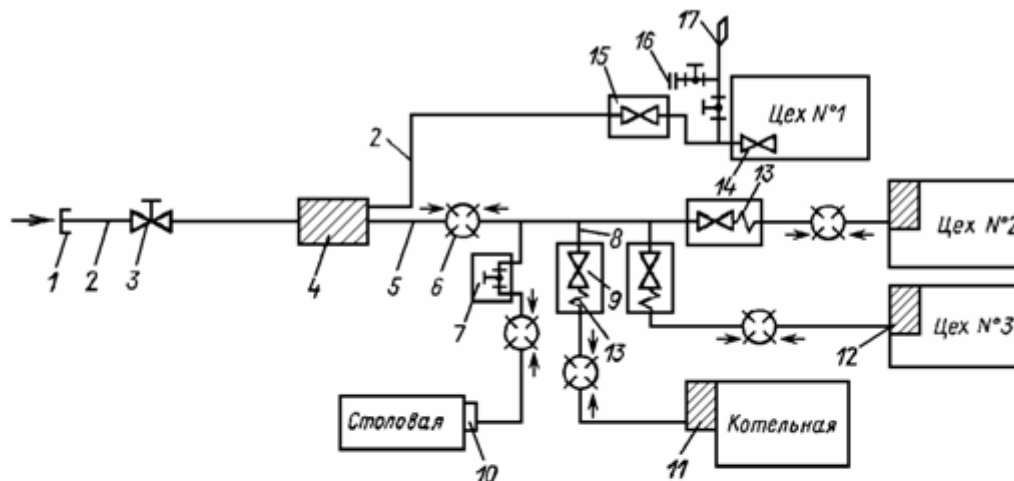


Рис. 19.2. Принципиальная схема межцеховых газопроводов:

1 – ввод газопровода на территорию завода; 2 – газопровод среднего давления; 3 – отключающее устройство с электроприводом; 4 – центральный ГРП; 5 – межцеховой газопровод низкого давления; 6 – сборник конденсата; 7 – отключающее устройство в колодце; 8 – ответвление газопровода к цеху; 9 – отключающее устройство с компенсатором в колодце; 10 – шкафная редуцирующая установка; 11, 12 – цеховые ГРУ низкого давления; 13 – линзовые компенсаторы; 14 – задвижка на вводе газопровода в цехе; 15 – отключающее устройство в колодце; 16 – штуцер для отбора пробы газа; 17 – продувочный газопровод и свеча в атмосферу

19.3. Сжатый воздух

Расход сжатого воздуха определяют для условий его всасывания компрессором в м³/ч (при температуре 15°С и при абсолютном давлении 1 кгс/см²).

Расход сжатого воздуха определяют по отдельным потребителям с указанием максимального (паспортного), среднечасового и годового расхода.

Среднечасовой расход сжатого воздуха для однотипного оборудования:

$$V_{\text{ср}} = n V_{\text{н}} K_{\text{ис}} k_0,$$

где n – число единицы однотипного оборудования; $V_{\text{н}}$ – расход сжатого воздуха при работе оборудования (по паспорту); $K_{\text{ис}}$ – коэффициент использования оборудования; k_0 – коэффициент одновременности работы однотипного оборудования.

Годовой расход сжатого воздуха по цеху:

$$V_{\text{цех, год}} = \sum V_{\text{ср}} \Phi_{\text{э}},$$

где $\Phi_{\text{э}}$ – годовой эффективный фонд времени работы однотипного оборудования.

Увеличение расхода сжатого воздуха объясняется применением пневмотранспорта (50–100 м³/т) для сухих песков и других сыпучих материалов.

С учетом превышения максимальных нагрузок над среднечасовой и имеющихся утечек сжатого воздуха расчетный расход его для компрессорной станции:

$$V_{\text{год}} = \sum V_{\text{цех, год}} k_{\text{э.ц}},$$

где $k_{\text{э.ц}}$ – коэффициент, обычно $k_{\text{э.ц}} = 1,6 \div 1,8$.

Укрупненно расход сжатого воздуха для производства отливок из СЧ составляет 1000–1300 м³/т; из КЧ 1200–1500 м³/т; из стали 1400–1800 м³/ч. Абсолютное давление сжатого воздуха на компрессорной станции 0,7–0,8 МПа, у потребителей, как правило, 0,6–0,3 МПа.

При определении числа компрессоров предусматривают резерв для обеспечения работы предприятия (цеха) при остановке одного из агрегатов.

Для охлаждения компрессоров применяют обратную систему водоснабжения с искусственными охладителями (градирни, брызгальные бассейны).

Для автоматических формовочных линий обычно требуется сухой сжатый воздух, поэтому перед воздухоприемником устанавливают осушитель.

Для выравнивания давления в сети, сепарации воздуха от масла и воды применяют воздухохорборники (ресиверы). Последние, например, требуются перед участком установки камерных насосов для пневмотранспорта формовочных материалов. Ресиверы, обычно, устанавливают вне цеха,

Объем воздухохорборника, м³

$$V = 0,5 \sqrt{10 N_{\Pi}},$$

где N_{Π} – производительность компрессора, м³/мин.

19.4. Электроснабжение, электроосвещение, контрольно-измерительные приборы и автоматика

До начала проектирования необходимо оформить разрешение и технические условия на присоединение объекта к сетям энергоснабжающей организации, согласовать применение электропечей и других электронагревательных устройств мощностью более 50 кВт.

В электротехнической части ТРП (ТП) определяют установленную мощность электроприемников и расходы электроэнергии по корпусам, число трансформаторных подстанций, распределительных устройств, высокочастотных станций и общую потребляемую мощность по заводу. Согласовывают размещение трансформаторных подстанций, пультов управления и других устройств на планировках оборудования и разрабатывают цеховые сети электроснабжения и электроосвещения. На генплане размещают сооружения электроснабжения и составляют схемы и проекты электроснабжения, освещения и слаботочного хозяйства предприятия.

Проекты внешнего электроснабжения обычно разрабатывают специализированные проектные институты (Энергосетьпроект и др.).

Электроснабжение. Распределение электроэнергии к главным понизительным подстанциям (ГПП) осуществляется высоковольтными линиями электропередач (ЛЭП). На ГПП устанавливают, как правило, два трансформатора. Межцеховые кабельные линии прокладывают в траншеях, каналах или туннелях.

В цехах комплектные распределительные устройства (КРУ) совмещают с комплектными трансформаторными подстанциями (КТП) и комплектными конденсаторными установками (ККУ), которые выпускаются промышленностью. КТП имеют один-два трехфазных трансформатора с первичным напряжением 6–10 кВ (реже 35), мощностью 1000, 1600 и 2500 кВ·А. Для питания дуговых электропечей применяют специальные трансформаторы. Для ограничения токов коротких замыканий при расплавлении шихты в кожух печного трансформатора встраивают реактор. Обеспечивается возможность выкатки трансформаторов из помещения подстанции в зону, обслуживаемую грузоподъемными средствами. Питание цеховых КТП ведется КРУ от заводской магистральной сети 6–10 (35) кВ.

Внутрицеховые электрические сети прокладывают скрытым или (преимущественно) открытым способом. Во взрыво- и пожароопасных помещениях электросиловое оборудование сети и другие электроустановки применяют в специальном взрывобезопасном исполнении.

Среднюю активную нагрузку (кВт) за максимально загруженную смену определяют исходя из установленной (номинальной) мощности электроприемников P_{Π}

$$P_{\text{см}} = K_{\text{ис}} P_{\Pi}$$

где $K_{\text{ис}}$ – коэффициент использования.

Средняя реактивная нагрузка (квар)

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \operatorname{tg} \varphi,$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ соответствует коэффициенту мощности $\cos \varphi$.

Получасовые максимальные активные нагрузки (кВт) определяют умножением средних нагрузок на коэффициент максимума k_{max}

$$P_{\text{max}} = k_{\text{max}} P_{\text{см}}$$

Максимальные реактивные нагрузки $Q_{\text{max}} = Q_{\text{см}}$. При эффективном числе электроприемников <10

$$Q_{\text{max}} = 1,1 Q_{\text{см}}$$

Общую электрическую нагрузку определяют сложением силовых и осветительных нагрузок с добавлением потерь в трансформаторах. Полная максимальная нагрузка (кВ·А)

$$S_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{max}}^2 + Q_{\text{max}}^2}.$$

Для обычных осветительных электроприемников учитывают максимальную активную нагрузку P_{max} , а для люминесцентных ламп и реактивную нагрузку.

Для компенсации реактивных нагрузок с резкопеременным режимом (сварочные аппараты и др.) и для повышения $\cos \varphi$ предусматривают установку статических конденсаторов, применение синхронных двигателей (для поршневых компрессоров, насосов) и других компенсирующих устройств. Обычно выгодной бывает частичная компенсация реактивных нагрузок (несколько больше $1/2 Q_{\text{max}}$).

Для наиболее характерных групп электроприемников значения $\cos \varphi$, $K_{\text{ис}}$, k_c (коэффициента спроса) приводят в справочных материалах. Соотношение коэффициентов $k_c = k_{\text{max}} K_{\text{ис}}$. Величину k_{max} также определяют по справочным таблицам в зависимости от эффективного числа электроприемников n_e и $K_{\text{ис}}$.

Упрощенно n_3 определяют делением общей установленной мощности электроприемников на половину мощности максимального приемника. Пример расчета электрических нагрузок цеховой сети приведен в форме 23.

Мощность конденсаторов и реактивные нагрузки синхронных двигателей берут со знаком минус.

Пример расчета электрических нагрузок цеховой сети

Форма 23

Узлы питания и группы электроприемников	n , рабочих / резерв	Установленная мощность, кВт		$P_{\text{н max}} / P_{\text{н min}}$	$K_{\text{ис}}$	$\cos \varphi / \text{tg } \varphi$	Средняя нагрузка за наиболее загруженную смену		n_3	k_{max}	Максимальная нагрузка		
		одного max / min	$P_{\text{об}}$ общая / резерв				$P_{\text{св}}$	$Q_{\text{св}}$			P_{max}	Q_{max}	S_{max}
Смесеприготовление	92/-	-	655/-	100/5	0,55	0,75/0,88	360	315	2(4490)/100	-	-	-	-
Различные машины	76/-	-/5	800/-		0,12	0,5/1,73	96	166					
Краны	70/-	100/-	1560/-		0,26	0,5/1,73	406	705					
Печи сопротивления	14/-	-	420/-		0,5	0,95/0,33	210	69					
Вентиляторы	52/-	-	845/-		0,65	0,80/0,75	550	413					
Освещение	-	-	210/-		0,95	1,0/0,0	200	-					
Итого по цеху	304/-	105/-	4490/-	20	0,41	0,74/0,92	1822	1668	90	1,09	1986	1668	-
Конденсаторы 0,38 кВ	-	-	-	-	-	-	-	-900	-	-	-	-900	-
Итого нагрузка 0,38 кВ	-	-	-	-	-	0,92/0,42	1822	768	-	-	1986	768	2140
Потери в ТП (241600 кВт·А)	-	-	-	-	-	-	-	132	-	-	-	132	-
Всего на стороне кВ ТП цеха	-	-	-	-	-	0,90/0,49	1822	900	-	-	1986	900	2170
Дуговые печи (241800 кВт·А)	-	-	3240	-	0,65	0,90/0,49	2100	1015	-	1,16	2440	1130	2680
Компрессор с синхронным двигателем	-	-	600	-	0,77	0,90/0,49	463	-226	-	1,17	540	-248	-
Всего на стороне 6 кВ цеха	-	-	8330	-	0,53	0,93/0,38	4385	1689	-	1,14	4966	1782	5300

Примечание: n – число электроприемников; n_3 – эффективное число электроприемников.

Число цеховых КТП при $k_3 = 0,67$ составит

$$2140 : 0,67 = 2 \times 1600 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

Кроме того, устанавливают трансформаторы для дуговых электропечей $2 \times 1800 \text{ кВт} \cdot \text{А}$.

Годовой расход активной энергии

$$W_{\text{Г}} = P_{\text{max}} T_{\text{max}} = 4966 \cdot 3200 = 15,8 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где T_{max} ($T_{\text{max p}}$) – годовое число часов использования максимума электрических нагрузок при двухсменной работе.

Годовой расход реактивной энергии на стороне 6 кВ

$$V_{\text{Г}} = Q_{\text{max}} T_{\text{max p}} = 1782 \cdot 3500 = 6,2 \cdot 10^6 \text{ квар}.$$

Средние значения на стороне 6 кВ

$$\text{tg } \varphi = 6,2 / 15,8 = 0,39; \cos \varphi = 0,93.$$

В ТЭО общую потребность в активной электроэнергии (кВт·ч) можно определять по удельному расходу на 1 т годных отливок. Для СЧ 300 – 500 кВт·ч/т при плавке в вагранках, для стали 1600–2200 кВт·ч/т (большие значения интервала относятся к основному процессу при плавке в дуговых электропечах). При использовании индукционной плавки удельный расход равен 1100–2100 кВт·ч/т (большие значения интервала относятся к КЧ и ВЧ).

Электроосвещение. Для общего освещения отделений и участков литейных цехов применяют газоразрядные источники света типа ДРЛ или ДРИ. Для общего освещения пультовых помещений, цеховых лабораторий, а также для местного освещения участков изготовления форм и стержней, приемки отливок применяют люминесцентные лампы типа ЛБ и ЛХБ. Аварийное освещение для продолжения работы предусматривают в плавильном отделении, на пультах управления. Проектируют аварийное освещение для эвакуации людей из помещений. Для общего освещения используют напряжение 380/220 В. Лампы местного стационарного и переносного освещения должны иметь напряжение 36 В. Питание осветительных и силовых потребителей может быть от общих или отдельных трансформаторов.

Слаботочное хозяйство. Кроме телефонной станции, производственной громкоговорящей связи, промышленного телевидения, документальной связи (телетайпа) в проекте предусматривают электрочасификацию, тревожную сигнализацию (пожарную, охранную), звонковую сигнализацию и др. Схему организации связи завода, на основании которой ведут проектирование, выполняют на одном чертеже с решением административно-хозяйственной, диспетчерской и технологической связи. При необходимости предусматривают фототелеграфные связи.

Автоматизация производственных процессов. При поставке современного оборудования контрольно-измерительные приборы и средства автоматики (КИП и А) входят в состав комплектов этого оборудования.

Основной заданием на проектирование КИП и А является функциональная производственная схема автоматизации (блокировки), в дополнение к которой дается перечень контролируемых и регулируемых параметров с учетом характеристики приборов (сигнализация, показания, запись, счет и т. д.)

Автоматизированные системы управления технологическими процессами, агрегатами на базе современных средств вычислительной техники (АСУТП) применяют в тех случаях, если они оговорены в ТЭО и в задании на проектирование. Для разработки проекта АСУТП привлекают специализированные организации.

На (рис. 19.3.) приведена поэтапная схема АСУТП оптимизации производства СЧ, выплавляемого в вагранке.

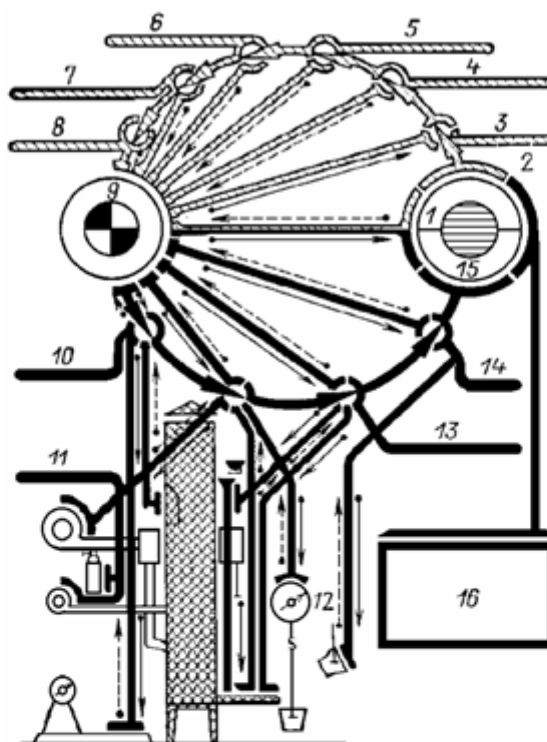


Рис. 19.3. АСУП оптимизации выплавки серого чугуна в вагранке холодного дутья (Франция). Ввод информации в ЭВМ показан тонкими штриховыми линиями. Схема расчета оптимального состава шихты (заштрихованные линии): 1 - задаваемая марка чугуна, структура, обрабатываемость; 2 - время охлаждения заливки в форме и диаметр контрольного образца; 3 - интервалы химического состава чугуна 4 - состав и количество модификатора; 5 - угар; 6 - науглероживание; 7 - возврат и добавляемые материалы, сорта, цены; 8 - имеющиеся шихтовые материалы (сорт, цена); 9 - калькуляционный расчет и выбор оптимального состава шихты, АСУ показана тонкими сплошными линиями. Общая схема АСУТП планки чугуна (толстые сплошные линии); 10 - загрузка вагранки, последовательность по сортам; 11 - обеспечение температуры (дутье, кислород, газ); 12 - производительность вагранки; 13 - анализы чугуна, регулирование модифицированием через дозирующие устройства; 14 - разливка - начало, конец; 15 - расчетные и полученные результаты; 16 - марка, свойства, цена чугуна

При проектировании литейных цехов преобладает организация различных поточно-транспортных систем (ПТС) и других установок из отдельных или целых групп механизмов и оборудования, изготавливаемых различными заводами. В этом случае разрабатывают проекты автоматизации управления и предусматривают укомплектование ПТС или других установок КИП и А. На щитах диспетчерского пульта управления предусматривают мнемонические схемы, показывающие расположение механизмов и транспортных связей между ними. Рекомендуется установка светового табло, на котором автоматически указывается остановившийся механизм ПТС с одновременной фиксацией продолжительности простоя того или иного оборудования на самозаписывающих приборах.

Список литературы

1. Основы проектирования литейных цехов и заводов: Учебник / Под ред. Кнорре Б. В. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.
2. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник. – В 6-ти т. / Под ред. Ямпольского Е. С. – т. 2 – Машиностроение, 1974. – 294 с.
3. Логинов И. З. Проектирование литейных цехов – Минск.: Вышэйшая школа, 1975. – 314 с.
4. Левшин Г.Е. Проектирование производственных отделений литейного цеха - Барнаул: АлтПИ., 1980. – 50 с.

5. Левшин Г. Е. Расчеты производственной программы и количества оборудования литейного цеха. – Барнаул: АлтПИ., 1991. – 23 с.
6. Левшин Г. Е. Расчеты формовочно-заливочно-выбивных и плавильных отделений литейного цеха. – Барнаул: АлтГТУ, 1993. – 40 с.
7. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1977. – 510 с.
8. Общесоюзные (межотраслевые) нормы технологического проектирования чугунолитейных, сталелитейных цехов машиностроительных заводов. – М.: НИИНМаш, 1976. – 255 с.
9. Матвеев И. В., Тарский В. Л. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1976. – 440 с.
10. Василевский Н. Ф. Технология стального литья. М.: Машиностроение, 1974. – 428 с.
11. Справочник по чугунному литью. / Под ред. Гиршовича Н. Г. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
12. Литейные машины. Номенклатурный справочник. – М.: НИИНМаш, 1976. – 86 с.
13. Литейные машины. Каталог – справочник. – М.: НИИНМаш, 1984. – 74 с.
14. Каталог нестандартного оборудования. – М.: ЦНИИТЭСтройдормаш, 1973. – 92 с.
15. Индукционные печи для плавки чугуна. – М.: Машиностроение, 1976. – 176 с.
16. Штольцель К. Технологические процессы литейного производства. – М.: Машиностроение, 1975. – 255 с.
17. Кульбовский И. К. Расчет оптимальной емкости плавильных печей и участков накопления форм под заливку. // Литейное производство. – 1978. - №8, - с. 11-13.
18. Нормативы времени на литейные работы. – М.: Машгиз, 1956. 334 с.
19. Общемашиностроительные нормативы времени на смесеприготовительные, стержневые и формовочные работы. – М.: Машиностроение, 1975. – 213 с.
20. Общемашиностроительные нормативы времени на машинную, ручную формовку литейных форм для чугуна, стального и цветного литья: - М.: Машиностроение, 1967. - 215 с.
21. Общемашиностроительные нормативы времени на очистно-обрубные работы при производстве чугуна, стального и цветного литья: - М.: Машиностроение, 1962. - 63 с.