

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский федеральный университет»

Институт цветных металлов и материаловедения

Авторы:
Баранов В.Н.
Саначева Г.С.
Падалка В.А.
Губанов И.Ю.
Степанова Т.Н.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕЙСТВУЮ-
ЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

Учебное пособие по курсовому проектированию

Красноярск
2008

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ.....</u>	<u>5</u>
<u>ГЛАВА 1. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....</u>	<u>5</u>
<u>1.1. Содержание и основные правила оформления</u> <u>курсового проекта.....</u>	<u>6</u>
<u>1.2. Основные требования к оформлению курсового проекта.....</u>	<u>6</u>
<u>ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....</u>	<u>10</u>
<u>2.1. Задачи проектирования.....</u>	<u>10</u>
<u>2.2. Принципы организации проектных работ.....</u>	<u>10</u>
<u>2.3. Стадии проектирования.....</u>	<u>11</u>
<u>ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ И ЦЕХОВ.....</u>	<u>12</u>
<u>3.1. Классификация литейных заводов и цехов.....</u>	<u>12</u>
<u>3.2. Состав литейных заводов и цехов.....</u>	<u>14</u>
<u>3.3. Показатели литейных цехов.....</u>	<u>15</u>
<u>3.4. Исходные данные для проектирования.....</u>	<u>16</u>
<u>3.5. Выбор технологических и проектных решений.....</u>	<u>18</u>
<u>ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТДЕЛЕНИЙ И УЧАСТКОВ</u> <u>ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....</u>	<u>26</u>
<u>4.1. Проектирование плавильных отделений.....</u>	<u>26</u>
<u>4.2. Проектирование формовочно-заливочного отделения.....</u>	<u>41</u>
<u>4.3. Проектирование стержневого отделения.....</u>	<u>47</u>
<u>4.4. Проектирование смесеприготовительного отделения.....</u>	<u>51</u>
<u>4.5. Проектирование термообрубных отделений.....</u>	<u>54</u>
<u>4.6. Проектирование складов литейного цеха.....</u>	<u>56</u>
<u>4.7. Проектирование вспомогательных участков литейного цеха.....</u>	<u>62</u>
<u>4.8. Проектирование грузопотоков и организация транспорта в литейном цехе.....</u>	<u>63</u>
<u>4.9. Особенности проектирования энергетического хозяйства литейных цехов.....</u>	<u>64</u>
<u>ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ</u> <u>ЛИТЬЯ.....</u>	<u>67</u>
<u>5.1. Особенности проектирования цехов специальных видов литья.....</u>	<u>67</u>
<u>5.2. Особенности проектирования цехов заготовительного литья.....</u>	<u>77</u>
<u>5.3. Особенности АСУП литейного цеха.....</u>	<u>81</u>
<u>ГЛАВА 6. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА</u> <u>.....</u>	<u>83</u>
<u>6.1. Проектные работы при реконструкции и техническом перевооружении литейных це-</u> <u>хов.....</u>	<u>87</u>

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство отличается тем, что для него характерно сочетание различных технологических процессов, складывающихся из трех циклов: металлургического (подготовка шихты, плавка, заливка), формовочного (подготовка формовочных материалов, приготовление смесей, изготовление форм и стержней, сборка и выбивка форм) и термообрубного (термическая обработка, выбивка стержней, обрубка, очистка, исправление дефектов, грунтовка).

Исходя из многовариантности технологических операций, литейные цехи должны иметь самое различное оборудование. Такая многовариантность, наличие большого количества независимых переменных, влияющих на качество отливок, а также дискретность технологических операций создают значительные трудности при автоматизации. Поэтому проектирование литейных отделений и цехов является сложным и особо ответственным процессом.

При проектировании литейных цехов должны широко использоваться современные достижения науки и техники с тем, чтобы после строительства или реконструкции цеха ко времени ввода его в действие он был технически передовым и обеспечивал выпуск продукции высокого качества.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» имеет целью:

- систематизацию, закрепление теоретических знаний студентов;
- самостоятельное изучение материала в соответствии с темой проекта;
- применение знаний при решении конкретных проектно-производственных задач;
- овладение навыками обоснования выбора технологических процессов изготовления отливок, оборудования для реализации этих процессов;
- овладение современными навыками проектирования, методами расчета оборудования, принципов организации грузопотоков и компоновки отделений литейного цеха;
- развитие расчетно-графических навыков студента.

Студенты должны научиться рассчитывать программу литейного отделения; правильно подбирать режимы его работы; фонды времени работы оборудования и рабочих; развивать навыки пользования нормативно-справочной литературой; каталогами; ГОСТами.

По времени выполнения, содержанию и структуре данный курсовой проект является заключительным по учебному плану специальностей «Литейное производство» и отражает большую часть разделов будущего дипломного проекта.

ГЛАВА 1. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В тематике курсового проектирования должны найти отражение достижения науки и техники, реальные перспективы развития литейного производства, передовой производственный опыт отечественных заводов и достижения литейного производства за рубежом.

Основными видами проектов и работ могут быть технологические, технологические с исследовательской частью.

Технологический проект представляет собой разработку нового проекта цеха или участка, реконструкцию существующего цеха. Технологический проект с исследовательской частью представляет собой проект, в специальной части которого решаются отдельные вопросы технологии, охраны труда и техники безопасности и охраны окружающей среды.

Задание на проектирование выдается руководителем проекта до начала производственной практики. Распоряжением заведующего кафедрой темы курсовых проектов утверждаются.

1.1. Содержание и основные правила оформления курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка должна иметь титульный лист задания на выполняемый курсовой проект, содержание и состоять из введения, общей части, технологической части, специальной части (при выполнении проекта с исследовательской частью), строительно-планировочной части, списка использованной литературы и приложения [1-3, 18].

1.2. Основные требования к оформлению курсового проекта

Чертежи и схемы должны быть выполнены в соответствии с правилами Единой системы конструкторской документации – ЕСКД, Единой системы технологической документации – ЕСТД и Государственными стандартами.

Все чертежи выполняются, как правило, на листах формата А1 с предпочтительным размещением основной надписи параллельно большей стороне листа. При необходимости вычерчивания чертежей и схем небольших размеров допускается формат А1 делить на форматы А2, А3, А4 в любой комбинации, при этом лист формата А1 не должен разрезаться, а основные надписи на отдельных чертежах нужно выполнять параллельно друг другу. Допускается использование для чертежей дополнительных форматов.

Основная надпись на конструкторских документах, регламентированных стандартами ЕСКД, выполняется по ГОСТ 2.104-68.

В графе обозначения документа для курсового проекта (работы) вводится следующее обозначение:

150104.08.512.00.00.00. СБ

1 2 3 4 5 6 7

где 1 – шифр специальности, 2 – год разработки, 3 – последние три цифры студенческого удостоверения, 4 – номер сборочной единицы, 5 – номер сборочной единицы, 6 – номер детали, 7 – обозначение типа чертежа.

Обозначение чертежей по разделам следующее:

150104.08.512.01.00.00 ПЛ – планировка цеха;

150104.08.512.01.01.00 ПЛ – разрез цеха;

150104.08.512.02.01.00 СБ – оснастка;

150104.08.512.02.02.00 СБ – оснастка.

Спецификации, входящие в техническую документацию, разрабатываются в соответствии с ГОСТ 2.106-96, ГОСТ 21.110-95 и выполняются на отдельных листах формата А4.

Пояснительная записка (ПЗ) к технологическому курсовому проекту составляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95, ГОСТ 2.106-96, СТО 4.2-07-2008.

Пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать теоретический замысел проекта, принятые методы расчета и сами расчеты, выводы по ним, необходимые иллюстрации.

Пояснительная записка к курсовому проекту печатается через 1,5 интервала на одной стороне листа белой бумаги формата А4 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм.

Каждый раздел текста пояснительной записки рекомендуется начинать с новой страницы. Разделам присваиваются порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами с точкой. Аннотация, введение и заключение не нумеруются.

При наличии подразделов их номера состоят из номера раздела и порядкового номера подраздела с точками между ними (например, 2.3 обозначает раздел 2, подраздел 3).

Подраздел допускается разбивать на пункты, нумерация которых выполняется аналогично (например, 2.3.2 обозначает раздел 2, подраздел 3, пункт 2).

Наименование разделов, подразделов и пунктов должно быть кратким и соответствовать содержанию. Записывают эти наименования в виде заголовков с абзацами строчными буквами (кроме первой прописной). Точку в конце заголовка ставить не следует. Названия разделов, подразделов и пунктов подчеркивать не допускается [2].

Условные буквенные обозначения математических, физических и других величин, а также сокращения слов в тексте и подписях под иллюстрациями должны соответствовать государственным стандартам (ГОСТ 2.321-84, 8.417-81). Перед обозначением какого-либо параметра следует давать пояснения, например: высота пролета здания – Н, потенциал в узловой точке φ и т.д.

Значение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы,

должны быть приведены непосредственно под соответствующими формулами, например:

$$S = V \times t ,$$

где S – пройденный путь, м; V – скорость движения, м/с; t – время, с.

В пояснительной записке все формулы должны быть пронумерованы по разделам, например:

$$F = m \times a .$$

Ссылки в тексте на формулу даются в скобках, например, «... в формуле (1.2)», где цифра 1 указывает номер раздела, а цифра 2 – порядковый номер формулы в данном разделе.

Когда в тексте пояснительной записки приводится ряд цифровых величин одной размерности, единицы измерения указываются только в конце ряда, например: 10, 65, 22, 118 кВ.

Все иллюстрации в пояснительной записке (эскизы, схемы, графики) называются рисунками, их нумеруют арабскими цифрами в пределах одного раздела и обозначают «Рисунок 1.2», «Рисунок 3.4». Допускается сквозная нумерация рисунков в пределах всего документа, например: Рисунок 1. При ссылках на рисунки следует писать «... в соответствии с рисунков 2», «рисунок 2».

Иллюстрации должны иметь наименование, а при необходимости и поясняющие данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Эскиз стержневого ящика.

Иллюстрации следует располагать после первой ссылки на них.

Схемы являются графическими документами, на которых составные части изделия, их взаимное расположение и связи между ними изображены условно. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, при этом действительное пространственное расположение составных частей можно не учитывать. Виды, типы и общие требования к выполнению схем установлены ГОСТ 2.701-84.

На принципиальных схемах различных установок, приборов, агрегатов и т.п. каждая позиция нумеруется с последующей расшифровкой в подрисуночных подписях или с обязательной ссылкой в тексте, например, «... образец (4) устанавливают в печь (5)».

Вспомогательные материалы и таблицы допускается давать в виде приложений к пояснительной записке с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» с прописной буквы и его обозначения; обязательно так-

же наличие тематического заголовка приложения. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, кроме букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Правила оформления приложений идентичны правилам оформления пояснительной записки.

Цифровой материал пояснительной записки оформляется в виде таблицы. Форма таблицы по ГОСТ 2.105-95.

Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах одного раздела. Слово «Таблица» и ее номер помещают слева над таблицей, например «Таблица 1.1». При малом количестве таблиц допускается сквозная нумерация в пределах всего документа. Таблица должна иметь краткий и полностью отражающий содержание заголовок, который следует выполнять строчными буквами (кроме первой прописной) и помещать над таблицей после слова «Таблица» и ее номера. Например, «Таблица 1.1 – Производственная программа цеха».

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, таблицу делят на части, которые в зависимости от ее особенностей переносят на другие листы или помещают на одном листе рядом или под первой частью, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. Слово «Таблица», ее номер и заголовок указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием ее номера. Графы таблицы допускается нумеровать для облегчения ссылок в тексте пояснительной записки. Повторяющийся в графе таблице текст допускается заменять словами «То же», которые далее заменяют кавычками. Не допускается заменять кавычками в таблицах повторяющиеся цифры, математические и другие символы, марки материалов и т.п. Графу «№ п/п» в таблицу включать не следует, при необходимости строки нумеруются в первой графе.

Эскизы, схемы, графики и т.п. необходимо располагать по ходу текста, и они должны иметь те же обозначения и нумерацию элементов, что и на чертежах.

Нумерация страниц должна быть сквозной для всей пояснительной записки в целом (титульный лист и задание не нумеруются). Номер листа представляется в основной надписи справа внизу.

В начале пояснительной записки после аннотации помещается содержание, в которое вносятся номера и наименования разделов и подразделов с указанием соответствующих страниц. Лист «Аннотация» оформляется как начало пояснительной записки, то есть основная надпись пол форме 2 ГОСТ 2.104-68.

В конце пояснительной записки после заключения приводится список литературы, нормативно-технической и другой документации, использованной при составлении записки.

Литература записывается и нумеруется в порядке ее упоминания в тексте. Оформление библиографических ссылок производится по ГОСТ 7.1-84. Ссылки на литературные источники приводятся в тексте в наклонных скоб-

ках. При цитировании в пояснительной записке текста из источника обязательно указывается номер источника и номер страницы в нем, например: «... ниобий образует с титаном непрерывный ряд твердых растворов /6, с.270/».

Виды программ и программных документов для вычислительных машин, комплексов и систем независимо от их назначения и области применения установлены ГОСТ 19.001-77. Программные документы оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 19.701-90.

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование является первым и основным этапом капитального строительства, обеспечивающим создание новых, а также расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий.

Технологический проект представляет собой разработку нового цеха или участка, расширение, реконструкцию или техническое перевооружение существующего литейного цеха.

2.1. Задачи проектирования

При проектировании предприятия необходимо обеспечивать его высокий технический уровень и экономическую эффективность, широко применять типовые и использовать повторно экономичные индивидуальные проекты, а также типовые конструкции и изделия, уменьшающие сроки и стоимость проектных работ.

При разработке проектов необходимо руководствоваться основными техническими направлениями в соответствующей отрасли, исходя из ближайшей перспективы развития науки и техники.

2.2. Принципы организации проектных работ

При проектировании литейных цехов могут быть различные варианты выполнения проекта:

- новое строительство – возведение литейного цеха или комплекса на новой рабочей площадке для создания новых производственных мощностей, часто по принципиально новой технологии.

- расширение производства – строительство новых и расширение существующих участков и производства для улучшения технико-экономических показателей цеха, в том числе создание новых производственных мощностей.

- реконструкция, полное или частичное переоборудование производства на основе новых технологических процессов. Основные цели реконструкции увеличение объемов производства, улучшение качества и расширение номенклатуры литья, повышение производительности труда за счет механизации и

автоматизации производства. Здесь улучшение показателей связано с меньшими затратами и в более короткие сроки, чем при новом строительстве и расширении.

- техническое перевооружение – менее масштабное мероприятие по повышению технико-экономических показателей цеха или отдельного участка. Оно проводится без расширения имеющихся производственных площадей и сводится к замене устаревшего оборудования, внедрению средств механизации и автоматизации производства.

2.3. Стадии проектирования

Задание на проектирование является исходным документом, на основе которого производятся расчеты и решение всех вопросов, возникающих в процессе создания проекта. Оно составляется министерствами или ведомствами или по их поручению комбинатами, предприятиями при непосредственном участии проектных организаций, которым поручено проектирование. Задание на проектирование должно содержать следующие сведения: 1) наименование продукции; 2) основание для проектирования, район, пункт и площадка строительства; 3) номенклатуру продукции и мощность производства по основным ее видам (в натуральном или денежном выражении) на полное развитие и на первую очередь; 4) специализацию и режим работы предприятия; 5) основные источники обеспечения предприятия при его эксплуатации и в период строительства сырьем, водой, теплом, газом и электроэнергией;

6) условия по очистке и сбросу сточных вод; 7) основные технологические процессы и оборудование; 8) предполагаемое расширение предприятия; 9) намечаемые сроки строительства и ввода мощностей по очередям; 10) размер капиталовложений и основные технико-экономические показатели предприятия, которые должны быть достигнуты при проектировании; 11) кооперацию при строительстве предприятия; 12) данные для проектирования объектов бытового жилищного и культурно-бытового строительства; 13) стадии проектирования; 14) наименование генеральной проектной организации; 15) наименование строительной организации – генерального подрядчика.

Наибольшую важность в исходных данных представляет производственная программа. Она должна содержать задание на годовой выпуск отливок в тоннах с учетом выпуска запасных частей для производимой предприятием номенклатуры изделий (в % к основному выпуску).

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта выполняется на предварительной стадии проектирования и служит для того, чтобы ответить на четыре основных вопроса, связанных с проектированием предприятия, цеха или другого объекта:

1. Обоснование потребности в продукции нового или реконструируемого цеха как по номенклатуре и массе отливок, так и общему количеству про-

дукции.

2. Наличие технических возможностей выполнения разработанной программы производства изделий, включающая вопросы выбора технологического процесса, наиболее целесообразного для выполнения рассматриваемой производственной программы, выбор основного технологического оборудования (тип и возможность его приобретения по приемлемым ценам).

3. Выбор площадки для размещения вновь строящегося цеха, а также отводом площадок для жилищного строительства, складирования отходов производства (отвалов), принятия основной транспортной схемы обеспечения предприятия (железнодорожной, автомобильной, смешанной) и долевого участия в строительстве внеплощадочных дорог и транспортных сооружений.

4. Установление численности обслуживающего и производственного персонала, с возможностью их профессионального обучения.

Бизнес-план выполняет три основные функции:

- является инструментом, с помощью которого инвестор может оценить фактические результаты проекта за определенный период;

- используется для разработки инвестирования в перспективе при дальнейшем развитии проекта строительства или реконструкции;

- является необходимым документом, способным убедить потенциального инвестора в перспективности поддержки предлагаемого проекта.

ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ И ЦЕХОВ

3.1. Классификация литейных заводов и цехов

Основными признаками классификации литейных цехов являются: 1) развес отливок; 2) род выплавляемых сплавов; 3) характер (серийность) производства; 4) степень механизации; 5) вид специализации.

По роду металла, выплавляемого в литейных цехах, различают чугунолитейные (по производству отливок из серого, ковкого и высокопрочного чугуна, а также легированного и специального), сталелитейные (по производству отливок из углеродистых сталей, низко- и высоколегированных), и цеха цветного литья (по производству отливок из алюминиевых и других сплавов). Характер сплава накладывает отпечаток на выбор технологического оборудования, способы изготовления отливок, режим работы цеха, организацию грузопотоков и планировочные решения по размещению оборудования. По объему годового выпуска и серийности производства различают цеха малой мощности, средней и большой, при этом для различных способов литья абсолютное значение мощности будет различным. Так, для чугунолитейного цеха, производящий до пяти тысяч тонн отливок в год, будет цехом малой мощности, а для алюминиевого литья это цех большой мощности.

С мощностью цеха обычно тесно связан характер производства отливок. Он подразделяется на массовый, крупносерийный серийный, мелкосерийный и единичный (табл. 1).

Таблица 1

Классификация литейных цехов по серийности производства (черные металлы)					
Масса отливки, кг	Число отливок одного наименования в годовой программе при характере производства, шт.				
	единичном, менее	мелкосерийном	серийном	крупносерийном	массовом, более
< 8	500	501-6000	6001-30000	30001-20000	20000
8-19	300	301-3000	3001-15000	15001-100000	100000
20-49	200	201-2500	2501-10000	10001-60000	60000
50-99	150	151-2000	2001-8700	8701-53000	53000
100-249	95	96-1400	1401-7000	7001-37500	37500
250-499	75	76-1000	1001-4500	4501-25000	25000
500-999	50	51-600	601-3000	3001-20000	20000
1000-2999	40	41-400	401-2000	2001-13500	13500
3000-4999	20	21-150	151-550	551-4500	4500
5000-9999	10	11-50	51-100	101-1000	100
10000-19999	7	8-25	26-50	> 51	-
> 20000	5	6-12	13-20	-	-

Характер производства определяет выбор и построение технологического процесса, и форму организации работы цеха. При увеличении серийности создаются более благоприятные условия для применения комплексной механизации и автоматизации.

По развесу выпускаемых отливок цехи подразделяют на цехи мелких, средних, крупных, тяжелых и особо тяжелых отливок (табл. 2).

Таблица 2

Классификация литейных цехов по максимальной массе производимой отливки в зависимости от характера производства				
Тип отливки	Масса отливки из чугуна и стали в разовые песчаные формы, кг		Масса отливок из легких цветных сплавов при литье, кг	
	массовое и крупносерийное	серийное, мелкосерийное, единичное	под давлением	в кокиль
особо мелкие	1	-	0,1	-
мелкие	10	100	0,2	1,0
средние	50	1000	1	5
крупные	до 500	5000	10	25
тяжелые	> 500	20000	> 10	> 25
особо тяжелые	-	> 20000	-	-

По степени механизации литейные цехи делятся на цехи средней механизации, механизированные и автоматизированные. Цехи, в которых основные технологические операции механизированы, относятся к средней механизации, например цехи индивидуального, мелкосерийного и серийного произ-

водства. К механизированным относятся цехи, в которых установлены комплексно-механизированные и автоматизированные линии. К автоматизированным относятся цехи, оборудованные комплексно-автоматизированными установками, например цех по производству автомобильных поршней.

По специализации различают отраслевые цехи и цехи по технологическому процессу. В понятие отраслевая специализация прежде всего входит тип отливок для определенной отрасли промышленности (автотракторная, станкостроительная и др.). При технологической специализации отливки группируются по общности технологических параметров, зависящих в основном от назначения, габаритов, возможности изготовления в опоках одного типоразмера и имеющих одну марку металла. Технологическая специализация в литейном цехе позволяет максимально механизировать и автоматизировать процессы.

Цехи крупносерийного и массового производства специализируют по технологическому процессу и назначению, а мелкосерийного и индивидуального производства – только по технологическому процессу подбором номенклатуры отливок по общности их технологических параметров.

3.2. Состав литейных заводов и цехов

Литейные цехи, как правило, входят составными частями в крупные машиностроительные предприятия и являются их основной заготовительной базой, имеющей соответствующую узкую специализацию. В РФ получили развитие специализированные литейные заводы «Центролиты», имеющие возможность производить отливки из разнообразных сплавов (чугун, сталь, цветные сплавы), а также использовать разные технологические процессы, позволяющие получать отливки от небольших масс и размеров до крупных.

Современные требования к цехам серийного и массового производства обязывают проектировать эти цехи с оснащением их автоматическими и автоматизированными системами. Цехи-автоматы в ближайшем будущем появятся в составе различных заводов. Однако цех-автомат возможен только при условии полной комплексной автоматизации как технологических, так и вспомогательных процессов, автоматизации управления и обеспечения безлюдной технологии. Важным является внедрение роботов и робототехнических комплексов. Достижения науки и техники позволили в последнее время широко внедрить в литейное производство автоматические линии, автоматизированные комплексы, высокопроизводительные установки, в работе которых человек выполняет только функции оператора, однако в вспомогательных производствах литейных цехов, особенно в погрузочных работах, уровень ручного и маломеханизированного труда еще высок, например, простановки стержней. Высок уровень маломеханизированного труда при единичном и мелкосерийном производстве.

Литейный цех непосредственно состоит из производственных отделе-

ний:

- плавильного с шихтовым двором, участком подготовки и навески шихты;
- формовочно-заливно-выбивного;
- стержневого со складом готовых стержней;
- смесеприготовительного (может входить в состав формовочного и стержневого);
- термообрубного (с участками исправления дефектов, грунтовки и складирования).

В цехе имеется большое количество вспомогательных участков — регенерации формовочных смесей; ремонта заливочных ковшей и сводов печей; ремонтной службы механика; ремонтной службы энергетика; ремонта модельно-опочной оснастки; изготовления каркасов холодильников, жеребеек, литейных паст и красок и др.; трансформаторных и конденсаторных подстанций; насосных и компрессорных станций; вентиляционных и очистных систем.

Наряду с этим в литейном цехе могут быть самостоятельные склады шихтовых, формовочных материалов и огнеупоров, склады модельной стержневой и опочной оснастки; инструментальные кладовые и склады горюче-смазочных материалов и связующих.

Нормальная работа литейного цеха невозможна без контроля за всеми параметрами технологического процесса, поэтому в него входят лаборатории анализа (спектрального и химического), лаборатории металлографических и механических испытаний, а также контроля свойств формовочных материалов и смесей.

В состав цеха также входят административно-бытовые помещения (АБК) и службы: администрация цеха, его отделений и участков; администрация служб цеха; медпункт; служба технического контроля и качества; бытовые помещения (гардеробные душевые, туалеты, комнаты личной гигиены, бани, оздоровительные комнаты); столовая и буфеты; актовый зал; библиотека с читальным залом.

Ряд отделений и участков могут быть общими для нескольких цехов, а ряд помещений использоваться для совместной работы. Ряд служб и участков могут размещаться вне основного здания.

3.3. Показатели литейных цехов

Нормы проектирования не устанавливают перечень показателей литейных цехов, однако, исходя из опыта проектирования и экономики литейного производства, можно определить основные показатели и технико-экономические данные.

Основные данные литейного цеха:

1. Годовой выпуск (производственная мощность), тонн в год, штук в

год, усл. руб.

2. Марка сплава.
3. Количество наименований отливок.
4. Средняя масса отливки, кг.
5. Наибольшая масса отливки, кг
6. Наименьшая масса отливки, кг.
7. Общая численность работающих, в том числе производственных рабочих, вспомогательных рабочих, ИТР, администрация, рабочих в наибольшую смену, человек.
8. Общая площадь цеха, в том числе производственная, м².
9. Установленная мощность оборудования, в том числе плавильного и нагревательного, технологического, транспортного, кВт.
10. Годовой расход воды (тыс. м³), сжатого воздуха, кислорода, природного газа, ацетилена, тыс. Нм³.
11. Сметная стоимость, в том числе строительно-монтажных работ, оборудования, монтажа, тыс. руб.

Технико-экономические показатели:

1. Трудоемкость 1 тонны отливок, в том числе производственных рабочих, производственных и вспомогательных рабочих, чел./час.
2. Выпуск отливок на одного производственного рабочего, на одного рабочего, на 1 м² общей площади, на 1 м² производственной площади, тонн в год.
3. Установленная мощность на 1 тонну отливок, на 1 м² общей площади, кВт.
4. Электровооруженность 1 рабочего в наибольшую смену, кВт.
5. Расходы на 1 тонну отливок воды (м³), природного газа, сжатого воздуха, ацетилена, кислорода, тыс. Нм³.
6. Себестоимость 1 тонны жидкого металла каждого сплава, 1 тонны отливок по каждому сплаву, руб.
7. Стоимость 1 м² цеха, в том числе СМР, оборудования, руб.
8. Выход годного по каждому сплаву, %.
9. Уровень рентабельности: отношение прибыли к производственным фондам, отношение прибыли к себестоимости, %.
10. Срок окупаемости капитальных вложений, лет.

3.4. Исходные данные для проектирования

Разработка проекта ведется на основании исходных данных, которые являются основополагающими в ходе проектирования. К основным исходным данным необходимо отнести следующие: производственная программа по выпуску отливок; номенклатура отливок; режимы работы и фонды времени; чертежи, спецификации, технические условия на литые детали; нормы проектирования и другие регламентирующие документы.

Производственная программа должна содержать задание на годовой выпуск отливок с учетом выпуска запасных частей в процентах к основному выпуску, а также в натуральном исчислении.

Различают три вида производственной программы: точную, приведенную и условную.

Точная производственная программа характерна для массового и крупносерийного производства и предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки всей номенклатуры цеха, которые сводят в подетальную ведомость с указанием наименования и номера детали, сплава, массы детали и отливки, количества деталей на окончательное изделие, особые требования, а также годовой выпуск в штуках и тоннах по основной программе, запчастей (с указанием в процентах от основной программы) и общий выпуск.

Для серийного производства отливок характерна приведенная программа. В этом случае вся номенклатура отливок разбивается на группы по массе, сложности, технологическому процессу или другим признакам. Из каждой группы выбирается наиболее характерная для нее отливка-представитель. Программа составляется по отливкам-представителям аналогично точной программе. Ведомость приведенной программы включает расчеты выпуска для каждой группы по отливке-представителю и для группы в целом, причем пересчет на группу ведется, как правило, с помощью поправочных и переводных коэффициентов, учитывающих отличия по массе, сложности отливок и другие факторы.

Мелкосерийное и единичное производство отливок отличается тем, что его номенклатура может уточняться и даже определяться только в ходе производства (например, ремонтное для внутренних нужд литье, стандартное литье), поэтому в этих случаях применяют условную производственную программу. Все расчеты при этом проводятся по группам отливок по массе и сплавам на основе опыта работы аналогичных предприятий с учетом перспективы проектируемого производства.

Для литейных цехов «режим работы» рассматривается в двух аспектах: во-первых, как организация производства, во-вторых, как количество времени работы работающего.

Последовательный (ступенчатый) режим работы заключается в выполнении всех или большинства технологических операций изготовления отливки в различное время на одной и той же площади цеха.

Параллельный режим работы, характерный для массового и крупносерийного производства, заключается в выполнении всех технологических операций одновременно на различных производственных участках площади цеха.

В ряде случаев применяется комбинированный режим работы.

Обычно цехи работают по двухсменному режиму работы, продолжительность рабочей недели – 40 часов, при одном обязательном выходном дне

в неделю (проектирование новых предприятий должно предусматривать пятидневную рабочую неделю для работающих). Некоторые отделения (участки) литейных цехов, в первую очередь массового производства, должны работать в три или в две с половиной смены для обеспечения работы двух смен всего цеха (это относится к плавильному отделению) или из-за особенностей техпроцесса и работы оборудования (это относится к термическому отделению).

Выбор режима работы должен учитывать особенности работы в литейном цехе и требования охраны труда, которые не допускают проводить операции, сопровождающиеся повышенным шумом, тепло- и газовой выделением в неизолированных помещениях или вместе с менее вредными операциями.

Фонд времени – это количество часов в году, которое может или должно работать оборудование или работающих. Различают три вида годовых фондов времени работы:

- календарный годовой фонд времени равен количеству часов в году $365 \times 24 = 8760$ часов;

- номинальный годовой фонд времени определяет время в году, в течение которого может выполняться работа в году, и равен календарному за вычетом времени праздничных и выходных дней. Номинальный годовой фонд времени при двухсменной работе равен 4140 часов, односменной 2070 часов;

- действительный (эффективный) годовой фонд времени является расчетным и определяется путем исключения из суммы номинального фонда времени неизбежных (плановых) потерь. Для оборудования такими потерями являются время на плановые ремонты и обслуживание. Плановые потери для определения действительного (эффективного) фонда времени для работающих складываются из различных видов отпусков, временной нетрудоспособности, выполнения государственных обязанностей. Этот показатель усредняется по специальной методике. Действительные эффективные фонды времени являются нормативными.

3.5. Выбор технологических и проектных решений

При проектировании первоначально проводится конкретизация и уточнение исходных данных, заключающаяся в уточнении производственной программы и выборе режимов работы и фондов времени.

Для проведения дальнейших расчетов и отражения программы составляют подетальную ведомость выпуска отливок (табл. 3, 4).

Общий брак литейного производства подразделяется на технологический и организационный. К технологическому относят брак, возникающий в результате неправильного выбора технологического процесса, несовершенства действующего оборудования и средств контроля, а также из-за недостатков в поставке исходных материалов и т.д.; к организационному – брак, вызванный отклонениями технологических параметров процесса и несовершен-

ной организацией производства.

При установлении величины допустимого брака учитывается только брак, возникший по технологическим причинам. Допустимую величину технологического литейного брака определяют путем анализа статистических данных дифференцированно по причинам и видам. На основании причин возникновения литейного брака и статистических данных за предыдущий период работы цехов находят допустимый процент брака на тонну годового литья в зависимости от сложности отливки.

Важнейшим этапом технологического проектирования является выбор способа изготовления отливки.

Современное литейное производство располагает экономичными, прогрессивными технологическими процессами, которые гарантируют получение отливок самой сложной конфигурации практически любой массы – от нескольких граммов до нескольких сотен тонн – со стенками толщиной от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Отходы металла в стружку при получении деталей из литых заготовок в 1,5-2,0 раза меньше, чем при их изготовлении из проката и слитков, а при производстве отливок специальными способами литья (непрерывное, центробежное, литье в металлические формы, по выплавляемым моделям, под давлением, жидкой штамповкой и другие) отходы металла в стружку практически исключаются. Более 30 % общего выпуска отливок (по массе) применяется в промышленности без механической обработки или с незначительной обработкой.

Наиболее распространенным способом литья является изготовление отливок в песчано-глинистые формы. Изготовление отливок в сырых формах соответствует требованию безотходной технологии и содержит значительные резервы повышения точности отливок в результате использования интенсивных методов уплотнения – вибропрессования, пескодувно-прессового и, наиболее перспективных, импульсных методов.

Изготовление отливок в литейных цехах массового и крупносерийного производства следует предусматривать в сырых формах методом комбинированного уплотнения с использованием единых бентонитных смесей на автоматических и комплексно-механизированных формовочных линиях, оборудованных автоматическими или механизированными устройствами заливки.

Нормы проектирования рекомендуют в литейных цехах серийного и единичного производства изготовления мелких отливок предусматривать в сырых формах с использованием единых бентонитных смесей на формовочных автоматах с комбинированными способами уплотнения. Для отливок массой 50 кг могут предусматриваться облицовочные бентонитные смеси.

Таблица 3

Годовая программа литейного цеха (фасонное литье)

Наименование деталей	Марка сплава	Вес детали, кг		Годовая общая программа цеха по заданию	Годовая поддетальная программа цеха			Брак в литейном цехе			Требуется за-лить в год	
		по сдаче из литейного цеха	из литья		%	т	шт.	%	т	шт.	т	шт.

Таблица 4

Годовая программа литейного цеха (литье слитков)

Наименование или индекс слитка	Марка сплава	Вес слитка, кг	Годовая программа по подаче слитков		Брак литья на освоение и наладку технологии			Годовая программа по заливке слитков	
			т	шт.	%	т	шт.	т	шт.

Для изготовления форм отливок повышенной точности, массой свыше 100 кг в условиях мелкосерийного и единичного производства следует применять холоднотвердеющие смеси (ХТС).

Поточное изготовление средних и крупных отливок для среднесерийного и мелкосерийного производств следует предусматривать в формах, с использованием пластических самотвердеющих смесей (ПСС), быстросохнущих песчано-глинистых смесей (ПГС) с органическими крепителями, CO₂-процесс (для стальных отливок) в потоке на встряхивающих машинах с подпрессовкой или пескометами. Для изготовления крупных и тяжелых отливок могут применяться также жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС).

При среднесерийном, мелкосерийном и единичном производствах отливок массой до 100 кг на линиях следует предусматривать автоматизацию или механизацию заливки. При производстве отливок массой от 100 до 200 кг следует предусматривать механизацию заливки ковшевыми установками с дистанционным управлением. Допускается предусматривать заливку монорельсовыми или крановыми ковшами. В потоке следует предусматривать с учетом различия марок стали, накопители для готовых форм.

Литье в металлические формы (кокили) широко применяется в настоящее время для получения отливок из цветных металлов на алюминиевых, магниевой и медной основах, из чугуна и в несколько меньшей степени из стали. Способ литья в металлические формы по сравнению с литьем в песчаные формы имеет ряд преимуществ, в связи с чем он получил распространение в различных отраслях промышленности. Литье в металлические формы имеет ряд серьезных технологических недостатков, но исключает ряд процессов и операций, характерных для литья в песчаные формы.

Литье под давлением применяют в массовом и крупносерийном производстве сложных по конфигурации отливок из алюминиевых, медных, цинковых и других цветных сплавов массой до 50 кг с очень тонкими стенками (толщиной от 1 мм и более), а также литой резьбой. Имеет применение процесс литья под давлением для получения чугунных и стальных отливок в пресс-формы из сплавов на основе молибдена.

Получило определенное развитие литье цветных сплавов под низким давлением.

Центробежный метод литья применяют в основном при получении отливок, имеющих форму тел вращения: водопроводных и канализационных труб, втулок, барабанов и т.д. Подобные отливки массой от нескольких килограмм до 3 т отливают из серого чугуна, стали, бронзы и других сплавов.

При центробежном литье расплав заливают в металлическую или футерованную огнеупорной смесью форму-изложницу, вращающуюся со скоростью 1500 об./мин. Под действием центробежной силы расплав распределяется по внутренней поверхности изложницы и, затвердевая, образует отливку.

Центробежным способом можно получать двухслойные заготовки, что достигается поочередной заливкой в форму различных расплавов (сталь и чугун, чугун и бронза и другие сплавы).

Широкое применение для получения отливок повышенной точности получило литье в оболочковые и керамические формы. На ряде автозаводов в оболочковые формы получают такие сложные отливки, как коленчатые и распределительные валы.

Литье по выплавляемым моделям рекомендуется применять при производстве отливок очень сложной конфигурации (например, лопатки газовых турбин, фрезы), масса которых составляет от 0,02 до 50 кг при толщине стенок до 0,05 мм, с отверстиями диаметром до 2 мм. В качестве материалов для отливок используют углеродистые и высоколегированные стали, специальные сплавы, обладающие высокой температурой плавления, труднообрабатываемые сплавы. По традиции в нашей стране по выплавляемым моделям отливают ряд различных отливок в автомобилестроении.

К способам литья, обеспечивающим высокие показатели отливок и получающим все большее распространение, относятся литье по газифицируемым моделям, вакуумно-пленочная формовка, электрошлаковое литье и другие.

Выбор способа изготовления отливок, как и любое проектное решение, должен иметь аргументированное обоснование. Обоснование должно быть проведено как с технической, так и с технологической и экономической точек зрения.

Выбор способа изготовления отливок должен сопровождаться обоснованным выбором основных технологических процессов – плавки, формовки, смесеприготовления, очистных операций. Далее проводится выбор основного технологического оборудования, которое должно обеспечить выполнение принятого технологического процесса, а также обеспечить высокие технико-экономические показатели спроектированного цеха.

Затем определяются вспомогательные процессы и оборудование для их реализации.

В результате должны быть спроектированы все отделения, участки и другие подразделения цеха, в это понятие входит определение места на территории цеха, применяемых процессов и оборудования, грузопотоков и связи между отделениями, участками и другими подразделениями цеха.

В проектирование цеха входят расчеты шихты и количество ее составляющих, смесей и формовочных материалов, других материалов, электроэнергии, сжатого воздуха, газа и т.п.

Мощностью литейного цеха является расчетный, максимально возможный в запроектированных условиях, объем выпуска продукции (отливок) в год. После ввода цеха в эксплуатацию его мощность должна быть достигнута в нормативные сроки при условии обеспечения производства кадрами, исходными материалами и энергоресурсами. Проектная мощность литейного цеха

рассчитывается комплексно по всем участкам производства (включая склады исходных материалов), по производительности основного оборудования и площадям.

Потери времени в работе оборудования по организационным причинам должны учитываться введением в расчет коэффициента использования цикловой или расчетной (для неавтоматического оборудования) производительности (K_n), который регламентируется нормами [1-3].

Затраты времени на восполнение дефектных форм, стержней, отливок учитываются путем соответствующего увеличения годового расчетного количества форм для выпуска годных отливок на 4-6 % и стержней на 8-10 %, введением коэффициента выхода годных отливок при определении потребности в жидком металле.

В связи с изготовлением различных отливок в групповом потоке в процессе текущего планирования их номенклатура меняется, что вызывает изменения в потребности жидкого металла, формовочных и стержневых смесей, стержней и объемов обработки отливок на термообрубных участках. Вследствие этого при расчете количества оборудования следует вводить коэффициент неравномерности (K_n) (табл. 5).

Для оборудования формовочных участков $K_n = 1$, так как оно рассчитывается исходя из готового количества форм, при определении которого учитываются все различия в проектной номенклатуре отливок. Нормативные значения коэффициента неравномерности для расчета оборудования других участков установлены с учетом наличия необходимых межоперационных накопителей. Коэффициент неравномерности не следует учитывать при определении годового расхода материалов.

Формовочно-заливочно-выбивные участки являются основой литейного производства. Все другие обслуживающие их участки следует проектировать исходя из принятой в проекте цикловой или суммарной расчетной (для неавтоматического оборудования) производительности формовочных линий с учетом коэффициента неравномерности.

Под формовочной линией, здесь и далее, следует понимать комплексную автоматическую формовочно-выбивную линию или литейный конвейер (рольганговая линия) с формовочными автоматами (блок-линиями) или с формовочными машинами, включая участки заливки, трассы остывания, выбивки и другие.

Расчетной производительностью неавтоматического оборудования является количество продукции (форм), вырабатываемое в единицу времени при непрерывной работе с учетом ручных вспомогательных операций и подготовительно-заключительного времени.

Цикловой (тактовой) производительностью автоматического оборудования является количество продукции (форм), вырабатываемое в единицу времени, которое гарантируется заводом-изготовителем этого оборудования при его исправной непрерывной работе.

В результате работы линий с цикловой или расчетной (для неавтоматического оборудования) производительностью с учетом всех потерь времени, получается среднечасовой выпуск потока, необходимый для выполнения годовой проектной программы.

Количество оборудования определяется по формуле

$$P_1 = \frac{B \times K_n}{\Phi_3 \times \Pi},$$

где P_1 – количество оборудования по расчету, ед.; B – годовое количество форм, смеси, стержней, жидкого металла, обрабатываемых отливок с учетом восполнения потерь на брак, жидкого металла и литниковые системы, безвозвратные потери, просыпи смесей, шт.; т; м³; K_n – коэффициент неравномерности (табл. 5); Φ_3 – эффективный годовой фонд времени оборудования, ч; Π – цикловая или расчетная (для неавтоматического оборудования) часовая производительность, шт.; т; м³.

Принятое количество оборудования определяется по формуле

$$P_2 = \frac{P_1}{K_{и}},$$

где P_2 – принятое количество оборудования, ед.; $K_{и}$ – коэффициент использования цикловой или расчетной (для неавтоматического оборудования) производительности ($K_{и} = 0,7-0,8$).

Таблица 5

Нормы коэффициента неравномерности потребления

Оборудование	Коэффициент неравномерности по типам производства		
	крупносерийное и массовое	мелкосерийное и среднесерийное	единичное и мелкосерийное
Плавильное	1,10-1,20	1,20-1,30	1,20-1,40
Формовочно-заливочное	1,00	1,00	1,00
Смесеприготовительное	1,10-1,20	1,20-1,30	1,20-1,40
Стержневое	1,05-1,10	1,10-1,20	1,20-1,30
Для сушки стержней и форм	-	1,10-1,20	1,20-1,30
Очистное	1,10-1,20	1,10-1,20	1,20-1,30
Термическое	1,05-1,10	1,10-1,20	1,20-1,30
Грунтовочное	1,05-1,10	1,10-1,20	1,20-1,30

Примечание: 1. Коэффициент неравномерности определен с учетом межоперационных накопителей (бункера, миксеры и т.д.). Коэффициент неравномерности не следует применять при определении годового расхода материалов. 2. Расчет плавильного оборудования чугуно- и сталелитейных цехов (при количестве формовочных линий менее трех) в массовом и крупносерийном производствах следует вести по часовой потребности в жид-

ком металле, рассчитываемой по средней металлоемкости форм, закрепленных за линией, при цикловой производительности линии с учетом коэффициента неравномерности.

Коэффициент использования ($K_{и}$) для оборудования участков, обслуживающих формовочно-заливочно-выбивные, не должен превышать коэффициент использования формовочного оборудования. Коэффициент использования плавильного оборудования равен 1.

Число одновременно работающих плавильных электропечей определяется с учетом числа компонентов шихтовых материалов, потребляемых в цехе, исходя из необходимости одновременного обеспечения жидким металлом всех формовочных линий.

При выплавке чугуна в индукционных или чугуна и стали в дуговых электропечах монопроцессом их количество должно быть определено в зависимости от условий рационального отбора металла и экономного расходования энергии по формуле

$$P = \frac{M \times K_{н}}{E \times H},$$

где P – количество электропечей, ед.; M – расчетная часовая потребность в жидком металле, т; $K_{н}$ – коэффициент неравномерности; E – выбранная вместимость ковша, т; H – число отбора металла в час.

Для индукционных электропечей $H > 3$, для дуговой электропечи – полный слив всей плавки $H \leq 1$.

Вместимость ковшей для заливки форм следует определять по формуле

$$E = \frac{e \times (T_1 - T_2) \times K_p}{T_{сн} \times Ц},$$

где E – вместимость ковшей, кг; e – средняя металлоемкость одной формы, кг; T_1, T_2 – интервал рекомендуемых температур, °С; K_p – коэффициент резерва на непредвиденные потери времени ($K_p = 0,75-0,50$); $T_{сн}$ – снижение температуры в ковше, °С/мин; $Ц$ – полный цикл заливки форм, мин.

Суммарную производительность плавильных электропечей в цехах крупных и тяжелых отливок следует определять с учетом максимальной металлоемкости формы и допустимого времени на накапливание и выдержку жидкого металла.

ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТДЕЛЕНИЙ И УЧАСТКОВ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

4.1. Проектирование плавильных отделений

При проектировании плавильного отделения литейного цеха перед проектировщиками стоят важные и сложные задачи выбора технологического процесса плавки металла или сплава, обеспечивающего заданную производительность цеха как по количеству, так и по качеству металла. При этом чрезвычайно важным, особенно в настоящее время, является экономическое обоснование целесообразности выбора технологического процесса плавки, который наряду с качеством металла позволяет получить его низкую стоимость и использовать в процессе дешевые недефицитные шихтовые материалы и энергоносители. Кроме того, технологический процесс плавки должен сводить к минимуму вредное воздействие на обслуживающий персонал и окружающую среду выделений тепла, пыли, газа.

Технология плавки наряду с этим должна быть достаточно гибкой в организационном отношении, обеспечивать непрерывную заливку жидким металлом готовых форм, позволять быстро переходить на выплавку различных сплавов, приспосабливаться к возможному изменению в шихтовке плавки при перебоях в снабжении шихтовыми материалами.

Выбранная технология плавки должна иметь широкий диапазон воздействия на процесс с целью получения металла заданного химического состава, то есть должна позволять проводить рафинирование, легирование, модифицирование расплава. Это позволит обеспечить гарантированное качество металла, а следовательно, отливки.

Перечень операций, выполняемых в плавильных отделениях, приведен в табл. 6.

Таблица 6

Основные технологические операции, выполняемые в плавильных отделениях

Основные технологические операции	Вспомогательные технологические операции
<ul style="list-style-type: none">- Получение шихтовых материалов и загрузка их в закрома;- Заполнение шихтовыми материалами суточных бункеров, оснащенных дозирующими устройствами;- Набор составляющих шихты в загрузочные устройства;- Загрузка шихты в плавильные печи;- Плавка, термовременная и внепечная обработка (рафинирование, модифицирование и т.п.);- Передача жидкого металла на заливку форм;- Подготовка печей для следующей плавки.	<ul style="list-style-type: none">- Получение огнеупорного кирпича и материалов для футеровки печей и ковшей;- Ремонт (текущий и капитальный) футеровки печей и ковшей;- Сушка и подогрев ковшей;- Уборка и переработка шлаков и отходов;- Очистка отходящих газов и отработанной воды.

При проектировании плавильных отделений необходимо решить следующие вопросы: выбрать типы плавильных агрегатов, раздаточных и заливочных ковшей; определить производительность одной плавильной печи и емкость ковшей; рассчитать количество плавильных агрегатов и ковшей; выбрать способ транспортировки шихты и ее загрузки в плавильные печи и рассчитать транспортные средства; выбрать способ транспортировки жидкого металла к заливочному участку и рассчитать транспортные средства.

Современное плавильное отделение имеет примерно следующий состав:

1. Склад шихты, включающий в себя подземные пути с платформой разгрузки, недельные, суточные и другие закрома (бункера), участок подготовки и хранения возврата. На складе шихты, как правило, также организовано хранение флюсов, футеровочных материалов и их подготовка.

2. Участок подогрева шихты, оснащенный специальными установками.

3. Участок плавки, оборудованный плавильными агрегатами.

4. Участок миксеров, оборудованный специальными печами доводки, выдержки и раздачи сплава.

5. Участок модифицирования может быть небольшим по площади и включать в себя немногочисленное оборудование и места хранения модификаторов.

6. Участок ремонта и подогрева ковшей, сводов печей и т.п.

7. Подъемно-транспортное оборудование, электрокары, стенды для перелива расплава, переливные желоба и другое оборудование.

8. Пульты управления АСУП.

9. Плавильное отделение обслуживают следующие лаборатории: химическая, спектральная, металлографическая, механических испытаний.

10. Системы вентиляции и очистки отходящих газов и воды.

11. Системы уборки и переработки шлака.

Основанием для выбора типа плавильного агрегата является: объем производства, номенклатура отливок и уровень требований к ним, способ изготовления отливок, применяемый сплав и требования к нему, состав применяемой шихты, экономическая целесообразность, перспективы развития цеха.

Расчет плавильных отделений следует начинать с расчета баланса металла – потребного количества жидкого металла и шихты для обеспечения годового производства отливок.

Составление баланса металла. Расчет плавильных агрегатов начинается с определения необходимого объема металлозавалки по отдельным маркам металла. В массовом производстве при постоянной номенклатуре расход металла определяется подетальным расчетом отливок. Вес металлозавалки складывается из веса годного литья на программу, веса металла литниковых систем, расхода металла на брак и угар и безвозвратных потерь.

Брак отливок зависит от характера литья, рода металла, вида произ-

водства. При проектировании процент брака устанавливается по опыту работы базового цеха (2-4 %) [1,2,4-8]. Угар и безвозвратные потери зависят только от рода металла и вида плавильного агрегата и приведены в табл. 7.

Таблица 7

Средний угар и безвозвратные потери в плавильных печах			
Род металла	Плавильный агрегат	Угар и безвозвратные потери к завалке, %	
		основной процесс	кислый процесс
Серый чугун	Вагранка	-	5,0
	Индукционная печь	-	2,0
Ковкий чугун	Вагранка	-	6,0
	Вагранка + электропечь	-	8,0
Стальное литье	Электропечь	4,0	5,0
	Электропечь постоянного тока	1,5	2,0
	Индукционная печь	2,0	3,0

Годовой расход металла на годные отливки, литниковые системы и брак принимается по ведомости расчета количества и веса отливок на годовую программу (табл. 22 раздел 4.2).

В мелкосерийном и индивидуальном производстве при отсутствии подетально разработанной технологии изготовления отливок потребность в металлозавалке определяется укрупненным расчетом. Основным показателем при расчете является выход годных отливок, который зависит от рода металла, отрасли промышленности и характера литья (мелкое, среднее, крупное). При укрупненном расчете программа выпуска отливок разбивается на весовые группы согласно табл. 8, 9.

Потребность металлозавалки определяется по каждой весовой группе. Выход годных отливок для каждой группы различный и приведен в табл. 10.

Вес металлозавалки каждой группы определяется по формуле

$$Q_{в.гр} = \frac{Q_{г}}{K} \times 100$$

где $Q_{в.гр}$ – вес металлозавалки на программу весовой группы, т; $Q_{г}$ – вес годного литья на программу весовой группы, т; K – выход годного литья по данной весовой группе, %.

Вес металлозавалки на программу литья складывается из суммы весов металлозавалки отдельных весовых групп.

Для расчета потребного количества плавильных агрегатов составляется ведомость расчета металлозавалки по маркам металла (табл. 11).

Расчет плавильных агрегатов ведется по жидкому металлу. Вес металлозавалки в табл. 11 складывается из веса жидкого металла (п. 4) и веса угара и безвозвратных потерь (п. 5).

Пример расчета баланса металла для цеха, производящего в год 40 тыс. тонн приведен в табл. 12.

На годовую программу потребность составляет:

жидкого металла: $29240 + 15950 + 17020 = 62200$ т

металлозавалки (шихты): $30800 + 17000 + 18000 = 65800$ т

Расчет вместимости и количества плавильного оборудования.

Анализ номенклатуры производимых отливок позволяет установить требования по качеству к выплавляемому сплаву, что определит тип плавильного агрегата для обеспечения металла требуемого качества, который должен быть выбран на основе анализа, изложенного выше, с учетом того, что приведенные затраты должны быть минимальными, сам процесс экологически чистым, а условия труда отвечать санитарно-гигиеническим нормам.

После выбора типа агрегата необходимо установить вместимость и производительность его.

Лучшие технико-экономические показатели процесса имеют печи большей садки и, следовательно, они являются экономичными. С точки зрения организации производства, особенно при непрерывном его характере (конвейеры, автоматические линии), необходимо бесперебойно и равномерно обеспечивать формовочно-заливочно-выбивное отделение жидким металлом. Это лучше всего достигается при частых выпусках плавки, то есть на печах малой вместимости, или при применении промежуточного буфера – миксера, на печах большой вместимости. При установке в плавильном отделении печей малой вместимости возрастает количество обслуживающего персонала, а также затраты на эксплуатацию. Однако с увеличением вместимости индукционной печи 6 т и более приведенные затраты изменяются незначительно и применение печей садкой более 6 т не дает большой экономической выгоды.

На основании этого сравнения можно установить ближайшую вместимость печи или типоразмер вагранки. Важно отметить, что часто дальнейший рост производительности литейного цеха при использовании более производительного технологического оборудования или применении высокопроизводительного процесса сдерживается отсутствием резервных мощностей плавильного отделения. Нарращивание его мощности может сдерживаться отсутствием свободных производственных площадей, большими капитальными затратами на реконструкцию отделения или строительство дополнительных печей, а также зачастую ограниченной мощности электроснабжения. Поэтому при проектировании плавильного отделения всегда необходимо предусматривать резервные мощности с учетом дальнейшего развития цеха.

В случае невозможности использовать весь металл для заливки форм при выплавке чугуна можно использовать миксер, но и в этом случае нельзя иметь только один миксер, желательно иметь их в цехе хотя бы два.

Таблица 8

Отливки	Максимальная масса, кг				
	из чугуна и стали (в объемные разовые песчаные формы)		из легких цветных сплавов при литье		из тяжелых цветных сплавов
	массовое и крупносерийное	среднесерийное, мелкосерийное и единичное	под давлением	в кокиль	
Особо мелкие	1	-	0,1	-	0,05
Мелкие	10	100	0,2	1	0,10
Средние	50	1000	1,0	5	0,50
Крупные	200	5000	10,0	25	5,00
Тяжелые	500	20000	св. 10,0	св. 25	-
Особо тяжелые	св. 500	св. 20000	-	-	-

Таблица 9

Группа отливок по массе, кг	Годовое количество отливок одного наименования, по типу производства, шт.				
	массовое, более	крупносерийное	среднесерийное	мелкосерийное	единичное, менее
1	2	3	4	5	6
Чугунно- и сталелитейные цехи					
До 1	500000	100001-500000	-	-	-
1-10	200000	30001-200000	6001-30000	501-6000	501
10-20	145000	20001-145000	4801-20000	361-4300	361
20-50	72500	11751-72500	2651-11751	236-2650	236
50-100	52000	9101-52000	2101-9100	161-2100	161
100-150	42000	7751-42000	1601-7750	111-1600	111
150-250	37000	7151-37000	1401-7150	96-1400	96
250-500	29000	6001-29000	1131-6000	83-1130	83
500-1000	15000	3500-15000	601-3500	51-600	51
1000-1500	12000	2701-12000	451-2700	46-450	46
1500-2000	8800	1801-8800	301-1800	41-300	41
2000-5000	4500	781-4500	131-780	31-130	31
5000-10000	1500	351-1500	91-350	26-90	26
10000-20000	770	217-770	64-216	21-63	21
Св. 20000	-	-	42-110	15-41	15

1	2	3	4	5	6
Цехи цветного литья					
Литье под давлением					
До 0,063	1000000	800001-1000000	160001-800000	10501-160000	10501
0,063-0,100	800000	600001-800000	120001-600000	10001-120000	10001
0,10-0,25	600000	450001-600000	90001-450000	9001-90000	9001
0,25-0,63	500000	375001-500000	75001-375000	6501-75000	6501
0,63-1,00	400000	300001-400000	60001-300000	4001-60000	4001
1,00-2,50	300000	225001-300000	45001-225000	3001-45000	3001
2,50-4,00	200000	150001-200000	30001-150000	2501-30000	2501
4,00-10,00	100000	75001-100000	20001-75000	1601-20000	1601
10,00 и более	50000	35001-50000	7001-35000	651-7000	651
Литье в кокиль					
До 0,25	100000	20001-100000	4001-20000	501-4000	501
0,25-0,63	70000	15001-70000	3751-15000	361-3750	361
0,63-1,00	40000	10001-40000	2501-10000	236-2500	236
1,00-2,50	20000	6001-20000	1551-6000	161-1550	161
2,50-10,00	12000	3001-12000	1101-3000	111-1100	111
10,00-25,00	8000	1501-8000	601-1500	51-600	51
25,00-63,00	6000	1201-6000	451-1200	46-450	46
63,00-160,00	4000	751-4000	301-750	41-300	41
160,00-630,00	2500	501-2500	131-500	31-130	31
630,00-1000,00	1500	301-1500	91-300	26-90	26
1000,00 и более	500	76-500	64-75	21-63	21
Литье по выплавляемым моделям					
До 0,063	1100000	220001-1100000	50001-220000	1001-50000	1001
0,063-0,160	850000	160001-850000	30001-160000	801-30000	801
0,16-0,25	650000	130001-650000	20001-130000	651-20000	651
0,25-0,63	500000	100001-500000	15001-100000	501-15000	501
0,63-1,00	350000	70001-350000	10001-70000	351-10000	351
1,00-4,00	220000	35001-220000	5001-35000	201-5000	201
4,00-10,00	125000	20001-125000	1001-20000	101-1000	101
10,00 и более	70000	12001-70000	501-12000	51-500	51

Таблица 10

Средний выход годного литья для различных отраслей промышленности, %

Материалы	Отрасль промышленности							
	тяжелое машиностроение	станкостроение	машиностроение	тракторное и сельскохозяйственное машиностроение	автомобилестроение	радиотехническая	электротехническая	строительная
Серый чугун:								
общий для мелкого, среднего, крупного литья	75	70	68	67	66	65	68	76
мелкое литье	66	60	68	60	58	59	58	68
среднее литье	69	65	63	65	65	66	67	75
крупное литье	77	73	71	70	69	68	72	78
модифицированный чугун	73	67	66	65	65	63	66	70
высокопрочный чугун	68	55	65	66	65	-	64	68
Ковкий чугун:								
вагранка + пламенная печь, литье мелкое и среднее	-	46	50	46	60	-	-	46
вагранка и электропечь	-	-	48	47	60	-	-	-
Сталь:								
углеродистая с электропечи:								
мелкое литье	56	58	52	55	52	-	46	56
среднее литье	62	58	57	60	54	-	50	60
крупное литье	68	60	60	-	-	-	-	62
легирующая с электропечи:								
мелкое литье	54	48	46	54	60	-	45	52
среднее литье	58	52	50	58	62	-	48	57
крупное литье	62	-	-	-	-	-	-	60
сталь малого бессемера:								
мелкое литье	47	45	48	-	-	-	-	48
среднее литье	52	48	54	54	-	-	-	52

Таблица 11

Ведомость расчета металлозавалки				
Статьи баланса металла	Марка		Марка	
	т	%	т	%
1. Годные отливки	+	65	+	+
2. Металл литниковых систем	+	26	+	+
3. Металл бракованных отливок	+	4	+	+
4. Жидкий металл	+	95	+	+
5. Угар и безвозвратные потери	+	5	+	+
6. Металлозавалка	4+5	100	4+5	100

Таблица 12

Баланс металла в цехе мощностью 40000 тонн/год						
Статьи баланса	Участки цеха (№ конвейеров)					
	тяжелое литье		конвейер № 1		конвейер № 2	
	т/год	%	т/год	%	т/год	%
Годные отливки	20000	65	10000	60	10000	56
Литники, прибыли	7084	23	4420	26	5220	29
Сливы и сплески	1540	5	1020	6	1080	6
Брак (общий)	616	2	510	3	720	4
Итого жидкого металла	29240	95	15950	95	17020	95
Угар (невозвратные потери)	1540	5	850	5	900	5
Всего металлозавалка (округлено)	30800	100	17000	100	18000	100

При выборе способа плавки в дуговых печах, особенно стали, сначала устанавливают необходимую вместимость печи для каждого потока. Вместимость печи в этом случае лимитируется временем заливки полученного сплава по формам и определяется из выражения

$$G_{\text{п.расч}} = \frac{B_{\text{г}} \times K_{\text{н}} \times \tau_{\text{ц}}}{\Phi_{\text{д}}},$$

где $G_{\text{п.расч}}$ – расчетная вместимость печи, т; $\tau_{\text{ц}}$ – длительность разливки одной плавки, ч.

Длительность цикла разливки обычно небольшая и зависит от вместимости сталеразливочного ковша. Известно, что относительные теплотери снижаются с повышением вместимости ковша, но даже для ковшей большой вместимости (30 т) длительность разливки ограничена 30-45 мин. При разливке металла по формам с малой металлоемкостью можно выполнить всего несколько заливок (не более 10). Отсюда ограничения по вместимости плавильных агрегатов для выплавки стали. Рекомендуемое расчетное время для раздаточных или разливочных ковшей разной вместимости: при вместимости 4 т – 12-15 мин, 6-8 т – 18-35 мин, 16 т – 23-45 мин. Нижнее значение относится к заливке с дистанционным управлением.

Из сказанного следует, что вместимость дуговых печей будет тем меньше, чем меньше металлоемкость формы, но зато в цехе возрастет число печей. Сталелитейные цехи, как правило, имеют в плавильном отделении от 6 до 10 печей, еще большее число печей устанавливают в цехах точного литья по выплавляемым моделям (до 15 шт.), в которых заливаемые формы имеют очень низкую металлоемкость.

С точки зрения снижения приведенных затрат на выплавку сплава, цехи с печами малой вместимости являются менее выгодными, чем цехи с печами большей вместимости, но меньшим количеством печей. Но на практике большие объемы стали сложно поддерживать в жидком состоянии длительное время, потому что при этом происходят физико-химические процессы, приводящие к изменению ее химического состава. Использование в качестве раздаточных печей промежуточных емкостей характерно для цехов с крупносерийным и массовым характером производства. Эти раздаточные емкости выполняют обычно в виде ковшей-накопителей без подогрева или с небольшим подогревом за счет газовой горелки. Сейчас разработаны ковшы-миксера с подогревом металла дугой постоянного тока.

При расчете плавильных печей в зависимости от их режима работы допускается иметь высокий коэффициент загрузки оборудования: для печей с дублированием агрегата (вагранки, спаренные тигли индукционных печей) на уровне 0,90-0,95 (для работающего агрегата, но не резервного), для других печей 0,80-0,85. В практике литейных цехов наблюдается неполное использование плавильных мощностей, особенно дуговых электрических печей, из-за

слабой организации ремонта и низкой квалификации огнеупорщиков.

Необходимое количество вагранок для плавки чугуна рассчитывается по следующим формулам

$$n = \frac{Q \times K_n}{\Phi_d \times q} \qquad N_b = 2n,$$

где q – производительность вагранки, т/ч; Q – годовое количество жидкого металла, т; Φ_d – годовой действительный фонд времени работы вагранки, ч; n – количество одновременно работающих вагранок; N_b – количество вагранок, которое необходимо установить в цехе; K_n – коэффициент неравномерности потребления металла (обычно $K_n = 1,2$).

Количество электрических печей, которое необходимо установить в цехе, может быть рассчитано по формуле

$$N_{\text{эп}} = \frac{Q_r \times \tau \times K_n}{E_p \times \Phi_d},$$

где Q_r – годовое количество шихты по балансу металла, т; E_p – емкость печи, т; τ – продолжительность одной плавки, ч; K_n – коэффициент неравномерности (обычно $K_n = 1,2$).

Характеристики дуговых и индукционных электрических печей для плавки чугуна, стали и цветных сплавов приведены в табл. 13, 14, 15, 16.

Плавильные отделения в чугунолитейных цехах. Типы плавильных печей в чугунолитейных цехах выбираются в зависимости от вида чугуна. Так, в цехах серого чугуна могут применяться вагранки коксовые, газовые или коксогазовые (с холодных или горячим дутьем), электрические индукционные, тигельные и дуговые печи. Возможно также применение дуплекс-процесса, например коксовая (газовая) вагранка – индукционная тигельная или канальная электрическая печь, дуговая печь – индукционная печь, индукционная тигельная печь – индукционная канальная печь и т.д.

Современные ваграночные установки должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Плавка должна вестись с минимальным расходом кокса, не превышающим 12 % от металлозавалки.
2. В отходящих газах содержание пыли не должно превышать 0,15 г/м³, окиси углерода 0,1 %.
3. Температура выплавляемого чугуна должна быть не ниже 1400-1420°С.
4. Трудоемкие операции по взвешиванию, транспортировке и загрузке шихты должны быть автоматизированы.
5. Тепло отходящих газов (физическое и химическое) следует использовать для подогрева дутья и бытовых нужд в цехе.

Производительность одновременно работающих вагранок определяется количеством необходимого металла для годовой производительности цеха. В цехах крупного, тяжелого и особо тяжелого литья при определении производительности вагранок учитывается также наибольшая масса отливок. Требуемое количество металла должно накапливаться не более 2 ч в цехах особо тяжелого и уникального литья, не более 1 ч в цехах среднего и крупного литья.

Производительность вагранок определяется диаметром шахты в плавильном поясе:

производительность, т/ч	5	7	10	15	20
диаметр шахты, мм	900	1100	1300	1600	1900

Удельная производительность (на 1 м² сечения шахты) колеблется от 8 до 12 т/чм².

Плавильные отделения в сталелитейных цехах. В сталелитейных цехах, кроме плавильных агрегатов, предусматривают установки для специальной обработки жидкого металла, например для вакуумирования, рафинирования, дегазации и т.п. Для выплавки стали обычно устанавливают электрические дуговые или индукционные печи. Их параметры представлены в табл. 14. В цехах, производящих отливки ответственного назначения или с особыми свойствами, применяют дуплекс-процесс: шихту расплавляют в основной дуговой печи, где производят обессеривание и дефосфорацию, затем жидкий металл доводят по составу и температуре в кислой индукционной или дуговой печи.

При проектировании плавильных отделений сталелитейных цехов необходимо учитывать круглосуточную работу плавильных агрегатов, вследствие чего действительный фонд времени их работы превышает действительный фонд времени работы формовочных отделений, как правило, работающих по двухсменному режиму.

Разница действительных фондов времени работы плавильного и формовочного отделений составляет около 4000 ч.

Для использования жидкого металла следует предусмотреть одно из мероприятий: трехсменный параллельный режим при соответствующем ремонте оборудования (применяется в цехах мелкого литья), дополнительную площадь в заливочном отделении для установки и сборки форм в третью смену (применяется в цехах серийного и индивидуального производства) или производство слитков для кузнечного производства.

Емкость и количество плавильных печей рассчитывают по общему количеству стали на годовую программу, при этом учитывается количество стали, необходимое для производства слитков.

Плавильные отделения в цехах цветного литья. Для плавки цветных сплавов применяют электрические и топливные печи, выбор их определяется температурой плавления и плотностью сплава. В настоящее время наибольшее применение находят индукционные тигельные или каналные и дуговые печи, характеристики которых приведены в табл. 16.

Таблица 13

Основные характеристики дуговых и индукционных сталеплавильных печей

Тип печи	Емкость, т	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт (кВА)	Расход электроэнергии, кВтч/т	Примечания
Индукционные тигельные повышенной частоты					
ИСТ-0,06	0,06	0,05	80	1000-1150	Температура металла 1700°C. Производительность указана для кислого процесса, при основном процессе снижается на 15-20 %
ИСТ-0,16	0,16	0,10	140	1000-1150	
ИСТ-0,25	0,25	0,25	250	850-900	
ИСТ-0,4	0,40	0,26	350	850-900	
ИСТ-1	1,00	0,57	800	775	
ИСТ-2,5	2,50	1,75	2000	775	
ИСТ-6	6,00	3,00	2500	725	
ИСТ-10	10,00	3,50	4000	725	
Дуговые прямого действия					
ДСП-0,5	0,5	0,33	630	650-700	Производительность указана для кислого процесса. Применение кислорода увеличивает ее на 10-20 %. При основном процессе она меньше в 1,2-1,3 раза
ДСП-1,5	1,5	0,94	1250	650-700	
ДСП-3	3,0	1,56	2000	650-700	
ДСП-6	6,0	2,70	4000	700-750	
ДСП-12	12,0	4,20	8000	700-750	
ДСП-25	25,0	6,60	12500	700-750	
ДСП-50	50,0	11,40	20000	700-750	

Таблица 14

Техническая характеристика тигельных миксеров

Тип плавильного агрегата	Вместимость тигля, т	Мощность по трансформатору, кВт	Расчетная скорость перегрева на 100 К, т/ч
ИЧТМ-1	1,0	180	2,8
ИЧТМ-2,5	2,5	400	4,2
ИЧТМ-6	6,0	400	7,0
ИЧТМ-10	10,0	1000	17,0
ИЧТМ-16	16,0	1600	22,0

Таблица 15

Техническая характеристика тигельных миксеров

Тип печи	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт (кВА)	Расход электроэнергии, кВтч/т	Показатели
ИЧТ-1/0,4	0,40	400	650-700	Температура металла 1400°C, угар и потери 2-4 %. При перегреве до 1550°C производительность снижается на 10 %
ИЧТ-2,5/1	1,25	1000	650-700	
ИЧТ-6/1,6	1,90	1600	600-650	
ИЧТ-10/2,5	3,10	2500	600-650	
ИЧТ-16/2,5	3,50	2500	600-650	
ИЧТ-1/0,18	2,0	180	60-80	Производительность и расход электроэнергии указаны при перегреве на 100°C. Применяются как миксеры
ИЧТ-2,5/0,63	9,5	630		
ИЧТ-6/1	18,0	1000		
ИЧТ-10/1,6	27,0	1600		
ИЧКМ-2,5	5,9	630	30-40	Температура металла менее 1550°C. Производительность и расход электроэнергии указаны при перегреве на 100°C. Применяются как миксеры
ИЧКМ-4	11,9	630		
ИЧКМ-6	11,9	630		
ИЧКМ-10	24,6/10,4	1260/630		
ИЧКМ-16	24,6/10,4	1260/630		
ИЧКМ-25	46,8/20,4	2520/1260		

Таблица 16

Основные характеристики печей для плавки цветных сплавов

Назначение и характеристика печей	Тип печи	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт (кВА)	Расход электроэнергии, кВтч/т		
Для сплавов на медной основе Индукционные промышленной частоты: т – тигельные к – канальные	ИЛТ-1М	0,6	400	Для латуни и бронзы 200-300, для медно-никелевых сплавов 300-400, для никелевых сплавов 600		
	ИЛТ-2,5	1,4	1000			
	ИЛТ-10	2,1	1600			
	ИЛТ-25	6,6	5600			
	ИЛК-1,0	0,9	400			
	ИЛК-1,6	2,7	1000			
	ИЛК-2,5	2,7	1000			
	ИЛК-6,0	3,3	1600			
	ИЛК-16	4,0	2400			
	Дуговые	ДМБ-0,25	0,35		250	250-350
		ДМБ-0,5	0,50		400	200-350
		ДМБ-1,0	0,70		400	200-300
	Для алюминиевых сплавов Индукционные промышленной частоты	ИАТ-0,4	0,16		80	900
ИАТ-1,0		0,40	400	800		
ИАТ-2,5		0,90	1000	750		
ИАТ-6М		1,40	1600	725		
Для магниевых сплавов Индукционные тигельные	ИГТ-0,25	0,10	200	450-550		
	ИГТ-0,6	0,30	250			
	ИГТ-1,6	1,00	1000			
	ИГТ-4	1,75	1600			

Количество печей определяется в зависимости от их производительности и количества металла, необходимого на годовую программу, определяемому по балансу металла с учетом коэффициента неравномерности.

4.2. Проектирование формовочно-заливочного отделения

Это отделение является основным в составе любого литейного цеха, так как на нем замыкается работа целого ряда основных отделений цеха – плавильного, стержневого, смесеприготовительного, а также ряда вспомогательных. Оно обеспечивает отливками финишное отделение цеха – термообрубное.

Нормы проектирования предусматривают объединение в одно отделение участков формовки, заливки и выбивки, состав таких отделений примерно следующий.

1. Формовочные участки, включающие в себя формовку верхних и нижних полуформ, изготовление литниковой чаши, сушку и окраску полуформ, сборку форм.

2. Участок простановки стержней.

3. Заливочный участок.

4. Участок охлаждения отливок, в том числе в опоках, без опок, на одной или нескольких ветвях конвейера на плацу.

5. Участок выбивки, включая предварительную прошивку, выдавливание «кома» из опок, выбивку на решетках и совмещение выбивки с очисткой.

6. Подъемно-транспортные устройства и системы, в том числе: для подачи стержней; для подачи формовочной смеси; для транспортировки отливок; для уборки отработанной смеси и просыпей; транспорт для смены оснастки; литейные конвейеры формовки, заливки и охлаждения отливок и пустых опок; другие системы.

7. Склад модельно-опочной оснастки.

8. Лаборатории: химическая и испытания формовочных материалов и смесей.

9. Участок обработки новой технологии (экспериментальный участок).

В состав формовочного отделения может входить смесеприготовительный участок со складом формовочных материалов и участком подготовки отработанной смеси.

Экспериментальный участок оснащается формовочным и стержневым оборудованием, аналогичным установленному в цехе, смесителями, выбивными решетками и имеет заливочный плац. Он предназначен для отработки новой и усовершенствованной технологии и подготовки в производство новых отливок.

При проектировании формовочных отделений и участков первоначально проводят выбор метода изготовления форм и организации формовки. При этом учитывается экономическая целесообразность, анализ номенклатуры, се-

рийность производства и другие факторы. На основании принятых решений выбирается основное (формовочное) и вспомогательное технологическое оборудование или автоматические литейные линии формовки.

Выбор технологического процесса формовки. Выбор технологического процесса для конкретного отделения тесно связан с общими и специальными требованиями, которые предъявляются к готовым отливкам по геометрической точности, эксплуатационной надежности и шероховатости поверхности, герметичности, коррозионной стойкости и др.

В настоящее время встречается большое разнообразие технологических процессов изготовления литейных форм, число которых превысило 50 (табл. 17).

Таблица 17

Классификация и область применения различных способов производства литья

Способ производства отливок		Область применения	Характеристика литья
Литье в песчаные формы	машинная формовка	Индивидуальное, серийное и массовое производство отливок любых сплавов	Механическая обработка без разметки с гарантийными припусками на механическую обработку
	прессовые машины	Для мелких и средних отливок небольшой высоты	
	встрягивающие машины	Для крупных отливок, различных по весу и габаритам	
	пескометы	Для крупных и средних по весу и габаритам отливок	
	пескодуювно-прессовые машины	Для мелких и средних по весу и габаритам отливок	
Литье в кокиль		Массовое и серийное производство мелких и средних по весу и габаритам отливок простой и средней сложности из любых сплавов	Высокое качество поверхности, малые припуски на обработку
Центробежное литье на машинах		Индивидуальное, серийное и массовое производство отливок из любых сплавов, имеющих форму тел вращения со свободной поверхностью	Высокое качество поверхности, малые припуски на обработку
Литье под давлением		Крупносерийное и массовое производство отливок из цветных сплавов, мелких и средних по весу и габаритам	Высокий класс точности размеров и чистоты поверхности, не требующей механической обработки
Литье по выплавляемым моделям		Мелкосерийное, серийное и массовое производство отливок, требующих сложной механической обработки при обычных методах, а также для деталей из материалов, трудно поддающихся механической обработке	Высокий класс точности размеров и чистоты поверхности, не требующей механической обработки

Каждый из способов имеет свои достоинства, недостатки и определенные области применения в зависимости от вида сплава, габаритов и массы отливки, серийности производства. Выбор для проектируемого цеха одного или нескольких процессов будет определяться в зависимости от производственной программы. При этом важным обстоятельством при выборе процесса должна быть производительность оборудования отделения и качество литья.

Наибольшее распространение в практике получили технологии изготовления литейных форм из песчано-глинистых смесей.

Для изготовления разовых песчано-глинистых форм применяются формовочные машины, использующие различные процессы уплотнения: прессование, встряхивание с одновременным и последующим прессованием, пескодувно-прессовый, пескометный и т.д.

В конвейерных литейных цехах формовочные машины могут устанавливаться внутри конвейера, если размеры опок не превышают 800×700×350 мм, или снаружи при больших размерах опок. В первом случае сборку форм производят на конвейерных тележках, во втором – на специальных столах (рольгангах), с которых собранные формы краном передаются на конвейер.

Основные характеристики некоторых формовочных машин приведены в табл. 18, 19, 20.

Таблица 18

Технические характеристики формовочных машин

Наименование	Модель	Основные параметры				
		размеры опок в свету, мм	высота опоки, мм	продолжительность цикла, с	удельное давление прессования, МПа	габариты, мм
Машина формовочная пневматическая встряхивающе-прессовая без поворота полуформы	22111	500×400	200	30	0,25	1380×810×1740
	22112	600×500	250	36	0,22	1400×840×1700
	22113	800×700	300	40	0,22	1860×1220×2120
	22114	1000×800	350	45	0,23	1850×1230×2500
Машина формовочная встряхивающе-прессовая с поворота полуформы	22211	500×400	200	36	0,25	2080×1090×2045
	22212	600×500	250	40	0,21	2200×1200×2270
	22213	800×700	300	45	0,22	2850×1100×2525
Машина литейная формовочная встряхивающая с поворотом полуформы	22505	1600×1200	600	300	-	4365×3115×3330
Машины формовочные встряхивающие с передвижным столом	325М	2000×1600	700	300	-	5145×3450×3700
	235С1	2500×1600	700	360	-	4940×4450×3000
	236С	2500×2000	800	450	-	5500×5246×5800

Таблица 19

Технические характеристики формовочных машин с уплотнением воздушным потоком высокого давления

Параметры	Тип машин		
	HPS-1	HPS-2	HPS-3
Размер стола, мм	750×560	950×710	1155×860
Размер опок, мм:			
внутренний минимальный	450×300	550×450	700×550
внутренний максимальный	650×500	800×650	1000×800
внешний максимальный	850×650	1000×850	1250×1050
Ход поршня, мм	200	250	300
Ход извлечения, максимальный, мм	200	300	400
Давление прессования, максимальное, кН	200	315	535
Установленная мощность, кВт	5,5	7,5	11,0
Масса, кг	4500	8600	17000

Таблица 20

Виды пескометов, их технические характеристики

Наименование	Модель	Основные параметры				
		режим работы	производительность при плотности уплотненной смеси 1,6 т/м ³ , м ³ /ч	скорость вылета пакета, м/с	общий вылет рукавов, мм	габариты, мм
Пескомет формовочный стационарный консольный	2Б93М	ручной	12,5	47,4	4600	5585×1200×2830
Пескомет формовочный стационарный консольный	24314	полуавтоматический	12,5	47,4	4600	5585×1200×2830
Пескомет формовочный консольный передвижной	24437М	-	25	60	7500	10200×4200×4820
Пескомет формовочный мостовой передвижной	24512М	-	50	60	3000	7630×3850×5780

Количество формовочных машин $N_{ф.м}$, необходимое для оснащения конвейера, можно рассчитать по формуле

$$N_{ф.м} = \frac{n_{ф}}{(\Phi_{д} - t_{м}) \times q_{ф.м}},$$

где $n_{ф}$ – количество форм, необходимое на годовую программу, с учетом брака в литейном цехе (определяется по ведомости технологических процессов); $\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд времени работы машин, ч; $t_{м}$ – годовое время, необходимое для смены модельной оснастки ($t_{м} = n_{рб}$); $q_{ф.м}$ – фактиче-

ская часовая производительность машин, форм/ч; n – число наименований отливок на годовую программу; p – число партий отливок по каждому наименованию; b – время, затрачиваемое на замену модельной плиты, ч.

На рис. 1 приведена классификация формовочных линий. Технические характеристики и схемы линий приведены в электронном приложении.

В настоящее время в формовочных агрегатах линий применяются все прогрессивные процессы уплотнения смесей. В последние годы созданы линии на основе принципиально новых процессов: вакуумно-пленочной и импульсной формовки, формовки взрывом и т.д. При оценки производительности линий следует иметь в виду, что рабочая площадь формы на современных линиях возрастает до 1,2-1,5 м² при производительности линии до 200-250 форм/ч.

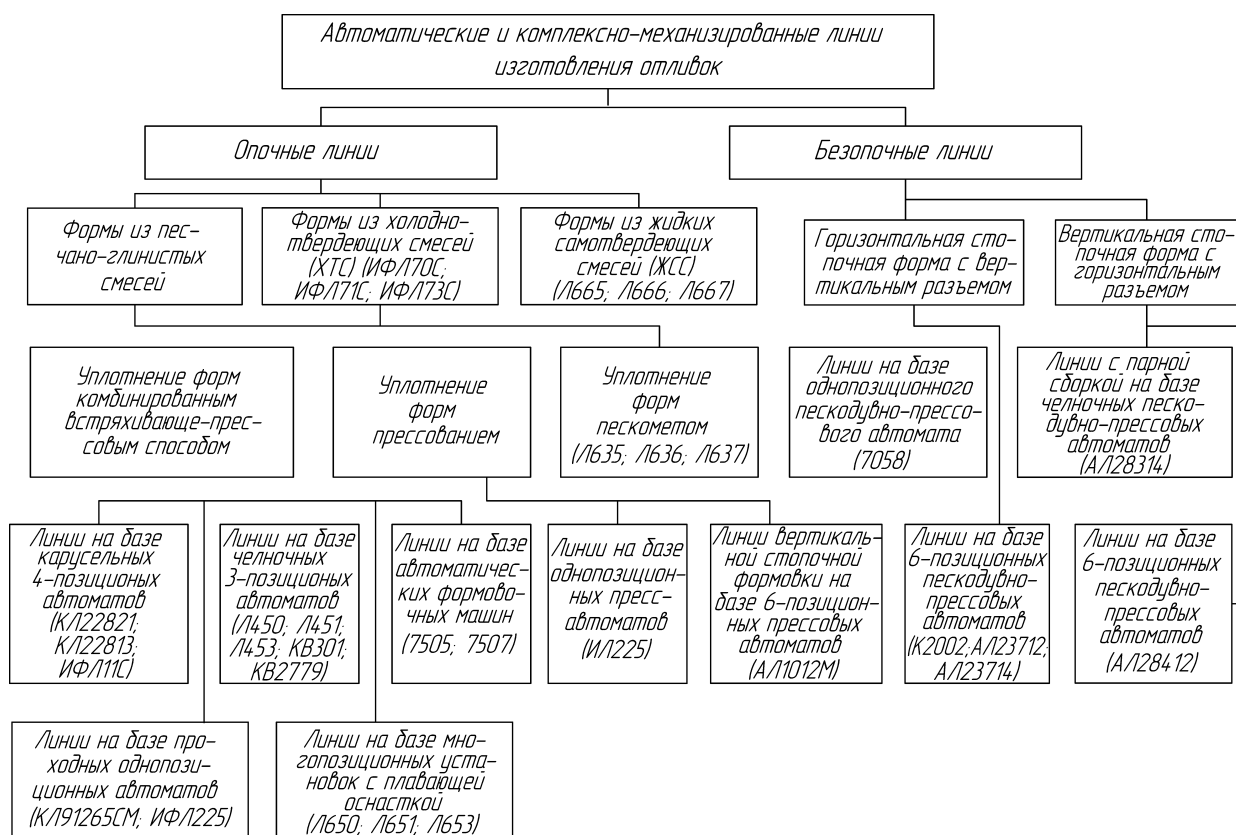


Рис. 1. Классификация литейных линий

При этом для крупносерийного и массового производства применяют следующие типовые процессы: безопочная формовка с горизонтальным и вертикальным разъемом (типы таких линий представлены в электронном приложении), опочная с отдельной формовкой и выбивкой верха и низа, заливка и охлаждение на удлиненно движущемся конвейере – для среднего литья; опочная с применением опок с крестовинами и выемкой отливок из нижних полуформ – для крупного литья.

Для мелкосерийного и серийного производства среднего литья – опочная формовка на формовочных автоматах с быстрой или автоматической сме-

ной моделей в цикле линии, заливка и охлаждение формы на рольганговых линиях с варьируемыми параметрами и продолжительностью операций.

Наиболее перспективными автоматическими литейными линиями в настоящее время следует признать гибкие линии, предназначенные для производства широкой номенклатуры разнообразных по габаритам и точности отливок. В этих линиях используются комбинированные методы уплотнения форм (нижнее прессование в сочетании с воздушно-импульсным воздействием на смеси). В состав линии входят карусельный четырехпозиционный автомат и три гибкосвязанных между собой участка: отделки и сборки форм; заливки, охлаждения и выбивки отливок; очистки и подачи пустых опок к формовочному автомату. При этом используются дискретные транспортные системы (рольганговые и тележечные).

При крупносерийном и массовом производстве в качестве основного формообразующего агрегата может быть выбрана автоматическая литейная линия как опочной, так и безопочной формовки.

Имеются зарубежные автоматические литейные линии, разнообразные по габаритам опок и производительности, фирм Georg Ficher, Herman, Kunkel Wagner, Wohz, BMD, Disa, SPO и др.

Интерес представляют линии фирмы Disa, на них используется безопочная формовка и отливают широкую номенклатуру отливок разнообразной сложности и габаритов. Имеется большая гамма таких линий, отличающихся главным образом габаритами кома формовочной смеси и наличием некоторых периферийных устройств. В табл. 21 приведены краткие характеристики ряда линий фирмы Disa.

Таблица 21

Техническая характеристика линий фирмы Disa							
Параметры	Автоматические машины						
	2013		2120/30			2070	
	А	Б	А	Б	В	А	В
Размер кома, мм							
высота	480	535	650	600	650	700	800
ширина	600	650	730	775	850	950	950
глубина	120- 330	120- 330	100- 475	100- 475	100- 475	200- 560	250- 635
Расчетная производи- тельность, форм/ч, при глубине кома:							
минимальной	410	370	200	420	-	275	260
средней	390	350	200	400	-	-	-
максимальной	320	290	200	360	-	230	220
Расход смеси, т/ч	46	50	30	50	-	125	160
Расход электроэнер- гии, кВт/ч	32	-	30	50	-	42	42

Примечание. Не учтен расход электроэнергии на перемещение конвейеров и работу стержнеукладчика.

Необходимое количество автоматических линий $N_{ф.л}$ для производства данного размерного ряда отливок можно рассчитать по формуле

$$N_{ф.л} = \frac{Q \times 1000}{q_{ф.л} \times m_{отл} \times \Phi_d \times \eta},$$

где Q – проектная мощность размерного ряда, т/год; $q_{ф.л}$ – производительность формовочного автомата, форм/ч; $m_{отл}$ – средняя масса отливки в форме, кг; Φ_d – действительный годовой фонд работы линии, ч; η – коэффициент загрузки оборудования ($\eta = 0,85-0,90$).

Для расчета количества формовочных линий, конвейеров, поточных и автоматических линий заполняются специальные ведомости. В табл. 22 приведена ведомость расчета по укрупненным данным.

Таблица 22

Расчетная ведомость формовочного отделения								
Тип машины, конвейера, линии	Размер опок в свету, мм	Средняя металлоемкость формы, кг	Количество форм, шт.		Производительность формовочного агрегата, форм/ч	Количество агрегатов, шт.		Коэффициент загрузки
			в год	в 1 ч		по расчету	принятое	

4.3. Проектирование стержневого отделения

В стержневом отделении выполняются операции изготовления, покраски, сушки, зачистки и сборки стержней, их контроль, комплектовка. На площадях стержневого отделения размещаются каркасный участок, склады для суточного хранения стержневых ящиков, плит и сухих стержней. Объем стержневых работ зависит главным образом от сложности отливок, т. е. количества и веса стержней на 1 т годного литья, а выбор метода изготовления стержней и оборудования – от серийности номенклатуры.

Состав современного стержневого отделения включает в себя, как правило, участок изготовления стержней; участок сушки стержней, в т.ч. досушки крупных стержней, отверждаемых в оснастке (ХТС, ГТС); участок ремонта, отделки и сборки стержней; участок окраски стержней; склад стержней и системы их транспортировки с участка на участок и на сборку; участок приготовления стержневых смесей; склад стержневой оснастки; участок изготовления каркасов и жеребеек; лаборатории: химическая и испытания формовочных смесей и материалов.

В состав отделения, или в состав всего цеха может входить участок регенерации стержневых смесей.

Расчет стержневого отделения ведется в такой последовательности:

- 1) разбивка номенклатуры стержней на весовые группы;

2) определение количества потоков (размерных рядов участка) для каждой или нескольких весовых групп и их мощность;

3) выбор метода изготовления стержней и расчет оборудования.

В массовом и крупносерийном производствах номенклатуру, число, объем, размеры и другие параметры стержней определяют по технологическим картам. В индивидуальном производстве при отсутствии технологических карт, разработок и чертежей отливок объем производства стержневых отделений определяют по нормативам расчетного числа стержней на 1 т годового литья.

Разбивка стержней на весовые группы и габариты позволяет определить объем стержней данной группы и дает возможность свести несколько весовых групп в один технологический поток для изготовления на одном оборудовании.

Весовые группы для единичного и мелкосерийного производства представлены в табл. 23.

Таблица 23

Весовые группы стержней в единичном мелкосерийном производстве

Группа стержней	Вес стержней, кг	Максимальные габариты стержневых ящиков, мм
I	до 10	500×400×450
II	10-40	800×600×400
III	40-100	1000×800×400
IV	100-250	1250×1000×550
V	250-600	1600×1250×600
VI	600-1000	2000×1600×700
VII	1000-1250	2500×2000×600

В зависимости от общего объема стержней, количества весовых групп и габаритов стержней в стержневом отделении может размещаться несколько участков (потоков), на которых изготавливаются стержни одной или нескольких весовых групп.

Определяющими факторами выбора технологического процесса изготовления стержней являются требования, предъявляемые стержням для той или иной отливки, группа сложности стержня, его массы (объем, габариты), а также серийность и затраты на их изготовление.

Расчет количества стержневого оборудования базируется на предварительном расчете объема производства стержневого отделения, который выполняют по табл. 24.

Таблица 24

Объем производства стержневого отделения

Номер отливки	Число отливок, шт./год	Стержни			Потребность стержней, шт.			Масса стержней на год с учетом брака, кг
		№ стержней	габаритные размеры, мм	масса, кг	на отливку	на годовой выпуск отливок	на год с учетом брака стержней	

При массовом производстве отливок для изготовления стержней широко применяются высокопроизводительные автоматические машины и линии. В цехах единичного, мелкосерийного и серийного производства применяется универсальное оборудование. Характеристики некоторых стержневых машин приведены в табл. 25.

Таблица 25

Характеристика стержневых машин			
Модель	Характеристика	Наибольшая масса стержней, кг	Производительность, цикл/ч
4749A172	Машина для изготовления стержней в нагреваемой оснастке	6	22
4757A2Г1	То же	100	33
23043	Машина для изготовления стержней с продувкой SO ₂ с нейтрализацией продуктов реакции с вертикальным разъемом оснастки	6	20
Л9128Б5	Автоматическая линия для изготовления стержней	16	25

В составе стержневого отделения предусматривается участок комплектации и промежуточный склад готовых стержней, а также промежуточный оперативный склад стержневой оснастки.

Склады стержней целесообразно проектировать на базе системы подвесных толкающих конвейеров или многоярусных стеллажей, обслуживаемых автоматизированными штабелерами.

Для подачи готовых стержней на участок сборки форм используют конвейерный транспорт, рольганги, электротележки и т.п.

При расчете требуемого числа стержневого оборудования учитывают коэффициент неравномерности потребления стержней, обусловленный плановым изменением номенклатуры отливок, производимых в потоках формовочного отделения.

На основании производственной программы отделения (цеха), режима работы, фондов времени и выбранного типа оборудования производится расчет потребного количества машин для обеспечения программы.

Количество стержневых машин для проектирования отделения определяют по формуле:

$$M_c = \frac{V_r \times K_n}{(\Phi_d - t) \times q_{\text{расч}}}$$

где M_c – расчетное количество стержневых машин, шт.; V_r – количество съёмов стержней на годовую программу по массовым группам, закрепленным за

данным типом машин, с учетом брака, числа гнезд в ящике или деления стержня на части, шт./год; Φ_d – действительный годовой фонд работы машины, ч; t – потери времени на смену стержневых ящиков за год, ч; q – расчетная производительность машин, съемов/ч; K_n – коэффициент неравномерности потребления стержней, $K_n=1,0-1,3$ и зависит от серийности производства.

Количество автоматических или механизированных линий определяют по формуле:

$$M_{л} = \frac{B_{п} \times 1000}{m_{а} q_{л} \Phi_{д} K_{з}}$$

где $M_{л}$ – расчетное количество линий, шт.; $B_{п}$ – проектная мощность массового потока изготовления стержней, т/год; $m_{а}$ – масса стержней в одном ящике, кг; $q_{л}$ – производительность линии, съемов/ч; $\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд работы линии, ч; $K_{з}$ – коэффициент загрузки линии, $K_{з}$ меньше или равен 0,8, но меньше коэффициента загрузки формовочно-заливочно-выбивного отделения.

Коэффициент загрузки рассчитывают:

$$K_{з} = \frac{M_{л}}{M_{л.п}} = \frac{M_{см}}{M_{см.п}}$$

где $M_{л}$, $M_{см}$ – расчетное количество линий, стержневых машин; $M_{л.п}$, $M_{см.п}$ – количество линий, стержневых машин, принятых в проекте.

При расчете числа стержневых машин и автоматов не следует смешивать паспортную производительность с расчетной, так как в условиях серийного и особенно мелкосерийного производства значительные потери времени обусловлены частой сменой стержневых ящиков и ручным извлечением стержней из них. Применительно к этим условиям следует принимать расчетную производительность стержневых машин по нормам.

Чтобы стержневое отделение не задерживало работу формовочно-сборочных участков формовочного отделения, коэффициент загрузки стержневых машин должен быть меньше или равным коэффициенту загрузки формовочного оборудования.

При производстве стержней, требующих тепловой сушки, рекомендуется устанавливать сушила одного типа, что позволит создать более стройную планировку отделения и здания литейного цеха.

Для сушки используют различные сушильные агрегаты, работающие на твердом, жидком, газообразном топливе и электричестве. Сушила бывают периодического и непрерывного действия. К сушилам периодического действия относятся камерные сушильные печи, сушильные шкафы и переносные сушила.

Камерные сушила с выкатными тележками применяются для сушки

форм и стержней чугунного и стального литья в цехах с серийным, мелкосерийным и единичным характером производства.

Расчет количества камерных сушил, необходимых для сушки, производится по формуле:

$$C_{\kappa} = \frac{S \times t \times K_{\text{н}}}{F_3 \times \Phi_{\text{д}} \times n \times K_{\text{зап}}},$$

где C_{κ} – число камерных сушил, шт.; S – площадь сушильных плит на годовую программу, м^2 ; t – время сушки, ч; $K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности работы ($K_{\text{н}}=1,1-1,3$); F_3 – площадь одной этажерки, м^2 ; $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд работы сушила, ч; n – число этажерок в одной камере; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения этажерок ($K_{\text{зап}}=0,6-0,8$).

К сушилам непрерывного действия относятся проходные конвейерные сушила: горизонтальные и вертикальные, одно- и многоходовые. В крупносерийном и массовом производстве применяются конвейерные сушила, загрузка и выгрузка которых автоматизирована.

Необходимое количество конвейерных сушил рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{кон}} = \frac{S \times t \times L}{F \times a \times \Phi_{\text{д}} \times L_{\kappa} \times K_{\text{зап}}},$$

где $C_{\text{кон}}$ – число конвейерных сушил, шт.; S – площадь плит на годовую программу, м^2 ; t – время одного цикла сушки, ч; L – расстояние между этажерками, м; F – площадь одной полки этажерки, м^2 ; a – число полок этажерки, шт.; $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд работы сушил, ч; L_{κ} – общая длина конвейера, м; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения полок ($K_{\text{зап}}=0,6-0,3$).

Для межоперационной транспортировки стержней, стержневых ящиков и других грузов в стержневых отделениях, а также для передачи готовых стержней из стержневого отделения в формовочное применяют ленточные, роликовые, подвесные грузонесущие и толкающие конвейеры, мостовые краны и другое подъемно-транспортное оборудование.

4.4. Проектирование смесеприготовительного отделения

В состав смесеприготовительных отделений входят участки подготовки компонентов смесей (песка, глины, отработанной смеси, связующих, противопригарных и других добавок), приготовления формовочных и стержневых смесей и лаборатория для контроля качества смесей.

Различают централизованные смесеприготовительные отделения, в которых изготавливается несколько типов смесей и локальные отделения, в которых изготавливается смесь для одной формовочной или стержневой линии. В

современных цехах реализуется тенденция децентрализации смесеприготовительных отделений.

Расчет оборудования для смесеприготовительных отделений производится на основе баланса формовочных и стержневых смесей для обеспечения годового производства отливок. Потребное количество смесей может быть определено тремя методами:

- на основании карт или ведомостей технологического процесса изготовления всех отливок или отливок-представителей (применяется при проектировании цехов массового или крупносерийного производства);

- на основании удельных норм расхода смесей на 1 т годных отливок (применяется при мелкосерийном производстве отливок) (табл. 26);

- на основании статистических данных расхода смесей в различных отраслях машиностроения (табл. 27).

Таблица 26

Расход формовочной и стержневой смеси на 1 т годных отливок

Масса отливка, кг	Общий расход смесей, м ³ /т	Расход по видам смесей, м ³ /т		
		наполнительная	облицовочная	стержневая
Менее 10	5,5-6,0	4,7-5,2	0,4	0,4
10-50	5,5-4,5	3,8-4,2	0,5	0,5
50-100	4,0-4,5	3,5-3,8	0,5	0,5
100-500	3,8-4,0	3,0-3,2	0,5	0,5
500-1000	3,6-3,8	2,8-3,0	0,5	0,6
1000-5000	3,5-3,7	2,5-2,8	0,6	0,6
5000-10000	3,3-3,5	2,2-2,5	0,6	0,6
10000-25000	3,2-3,3	2,0-2,2	0,6	0,7
Более 25000	3,0-3,2	1,8-2,0	0,6	0,7

При расчете баланса принимают следующие значения плотностей смесей: формовочной и стержневой в разрыхленном состоянии 1,2 т/м³, уплотненной формовочной 1,6 т/м³, уплотненной стержневой 1,8 т/м³. Баланс формовочных и стержневых смесей и расход основных формовочных материалов на годовую программу рассчитывают по табл. 28. Количество смеси на просыпку принимается 10-12 %.

Таблица 27

Расход формовочных и стержневых смесей и свежих материалов					
Отрасли машиностроения	Расход смесей на 1 т годных отливок в разрыхленном состоянии, м ³			Итого смесей, м ³ /т	Расход свежих материалов, м ³ /т
	наполнительная	облицовочная	стержневая		
Отливки из серого чугуна					
Автомобилестроение	3,9	0,4	0,7	5,0	0,9
Тракторостроение	4,0	0,4	0,6	5,0	0,9
Турбостроение	4,0	0,8	0,7	5,5	1,1
Дизелестроение	4,0	0,8	0,6	5,4	1,1
Станкостроение	3,0	0,5	0,5	4,0	0,7
Химическое машиностроение	4,6	1,0	0,6	6,2	1,2
Кузнечнопрессовое оборудование	3,0	0,6	0,4	4,0	0,6
Стальные отливки					
Станкостроение (крупное)	3,2	0,5	0,3	4,0	0,9
Турбостроение	4,7	1,0	0,8	6,5	1,7
Кузнечнопрессовое оборудование	3,0	0,6	0,4	4,0	0,8
Отливки из медных сплавов					
Автомобилестроение	4,6	1,0	0,4	6,0	1,0
Тракторостроение	4,6	1,0	0,4	6,0	1,0
Станкостроение	4,0	0,5	0,5	5,0	0,8
Отливки из алюминиевых сплавов					
Автомобилестроение	9,0	2,0	1,0	12,0	2,0
Тракторостроение	9,0	2,0	1,0	12,0	2,0

Таблица 28

Потребность формовочных и стержневых смесей
и свежих материалов на годовую программу

Участки, конвейеры, линии	Наименование смесей	Потребность, т/год			Составы смесей и расход компонентов									
		по расчету	на просыпку	всего	оборотная смесь		песок		связующее		добавка 1		добавка 2	
					%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год

Для расчета количества смесителей заполняется ведомость расхода смесей, номенклатуры и количества смесителей (табл. 29).

Для приготовления песчано-глинистых смесей применяются бегуны с вертикально и горизонтально расположенными катками периодического и непрерывного действия. Параметры некоторых моделей бегунов приведены в табл. 30.

Таблица 29

Ведомость расхода смесей и расчета количества смесителей

Вид смеси	Расход смеси, м ³		Тип смеси	Смесители		
	на программу	в 1 час		производительность, т/ч	расчетное количество, шт.	принятое количество, шт.

Таблица 30

Техническая характеристика бегунов

Модель	Объем замеса, м ³	Продолжительность цикла, мин	Производительность, м ³ /ч	Характеристика
15111	0,25	2-10	9-1,5	Смеситель литейный чашечный периодического действия
15112	0,40	2-10	15-2,4	То же
15326М	1,0-0,8		60-12	Смеситель литейный центробежный периодического действия
15328	1,6-0,2		96-18	То же
15814	-		160	Смеситель литейный чашечный центробежный непрерывного действия (сдвоенный)

4.5. Проектирование термообрубных отделений

В зависимости от сплава, из которого изготовлена отливка, термообрубное отделение литейного цеха может занимать в структуре цеха разное положение. При литье отливок из серого чугуна неотвественного назначения термическое отделение вообще может отсутствовать в составе литейного цеха (например, цех изложниц и поддонов).

При определении числа отливок, подлежащих обработке в термообрубном отделении, за основу принимают годовую программу литейного цеха с учетом брака. При этом дополнительно учитывают также дефектные отливки, подлежащие исправлению на специализированном участке. Число дефектных отливок от годных принимается 15-20 % для мелких, 25-30 % – для средних и 40-60 % – для сложных и крупных отливок.

Для расчета оборудования годовой выпуск отливок распределяют по операциям очистки и термообработки. Распределение выполняют на основании подетальных расчетов или по укрупненным показателям для отдельных групп отливок.

В состав термообрубного отделения входят следующие участки:

1. Участок первичной очистки литья, включая выбивку стержней, и пер-

вичной очистки отливок;

2. Участок термической обработки отливок;
3. Участок вторичных очистных операций;
4. Участок огневой очистки литья;
5. Участок правки отливок (если отливки подвержены короблению);
6. Отделение грунтовки отливок;
7. Промежуточные (межоперационные) склады отливок;
8. Подъемно-транспортное оборудование отливок;
9. Участок исправления дефектов.

Технические характеристики некоторых моделей очистного оборудования приведены в табл. 31.

Таблица 31

Характеристика оборудования для очистки литья		
Оборудование	Производительность, т/ч	
	паспортная	расчетная
Барабаны очистные		
галтовочный мод. ОБ 900	3,5 (1,75)	1,5-2 (0,7-1)
галтовочный непрерывного действия мод. 314	5,0 (2,5)	4-5 (2-2,5)
дробеметный непрерывного действия мод. 42322 (317М)	5,0 (2,5)	4-5 (2-2,5)
Стол очистной дробеметный мод. 353	4(2)	2,8-3,2 (1,4-1,6)
Камеры очистные дробеметные непрерывного действия		
модель 376В9	18,9-22,8 (9,45-11,4)	
модель 377	31,5-107 (15,8-53,5)	
Камера гидравлическая проходная периодического действия с дистанционным управлением мониторами мод. ЛН-408	3-4	2-4 (1,5-3,3)
Установки электрогидравлические		
модель 36121А	3	2-3 (1,5-2,5)
модель 36131А	3,6-4,7	3-4,7 (2,5-4)
модель 36141А	4-6,5	4-6,5 (3-5,3)

Примечание. 1. Меньшее значение производительности относится к отливкам сложной конфигурации, большее – к простым и тяжелым. 2. В скобках дана производительность при обработке стальных отливок.

Расчет необходимого количества оборудования (N) проводится по формуле:

$$N = \frac{B \uparrow K_n}{\Phi_d \uparrow P_n},$$

где B – годовой объем очистных или других работ, т/год; K_n – коэффициент неравномерности загрузки оборудования; Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования; P_n – нормативная или паспортная производительность оборудования, т/ч (шт./ч).

Коэффициент загрузки оборудования сравнительно низок из-за больших потерь времени по загрузке и разгрузке печи, а также подбора отливок для проведения одностипного режима термообработки.

Производительность термических печей определяется как по средневзвешенному циклу термообработки, так и средневзвешенной удельной нагрузке на под печи:

$$P_n = \frac{S_n \uparrow q_n}{T_{\text{ц}}},$$

где S_n – площадь пода рассчитываемой термической печи, м^2 ; q_n – удельная нагрузка на под печи, $\text{т}/\text{м}^2$; $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла термообработки, ч.

Количество одностипных печей периодического действия при этом определится по формуле:

$$N_{ng} = \frac{B_{\text{то}} \uparrow K_n}{\Phi_d \uparrow P_n \uparrow K_3}$$

где $B_{\text{то}}$ – масса термически обработанных отливок на печах данного типа, т; K_n – коэффициент неравномерности производства; Φ_d – действительный годовой фонд работы термической печи, ч; P_n – производительность печи, т/ч; K_3 – коэффициент загрузки оборудования.

4.6. Проектирование складов литейного цеха

Складское хозяйство литейного цеха предназначено для обеспечения непрерывного снабжения всех производственных и вспомогательных отделений и участков цеха необходимым сырьем, материалами, оснасткой и т.п., а также для обеспечения межоперационных заделов и равномерной подачи отливок из цеха.

На складах выполняются пять основных операций: приемка, разгрузка, хранение, подготовка (если это необходимо) и отгрузка материалов со склада

в цех.

Проектирование складов заключается в выборе места на площади цеха или вне его, определении его размеров, вида и объема хранения, связи с отделениями цеха и обеспечении внешних связей. Исходными данными являются нормы расхода, нормативы запасов, объем производства и на его основании объемы потребления, особенности предметов хранения (состояние жидкое, сыпучее, газообразное, токсичность и прочее).

Величину запаса на складах определяют в календарных сутках в зависимости от климатического пояса, в котором размещен литейный цех (табл. 32), и от вида транспорта, доставляющего материалы.

Расчетные площади хранения нормативного запаса материалов на цеховых складах сводят в ведомость (табл. 33).

Площадь, занимаемую материалом (F_m) на месте хранения, можно определить в соответствии с нормами хранения: высотой хранения материала (H), определяемой по прочности самого материала, а также стенки бункера или закрома, насыпной массы материала (γ) по формуле:

$$F_m = \frac{Q \times K_n}{H \times \gamma \times K},$$

где Q – масса соответствующего материала, хранимого на складе, т; K – коэффициент использования емкости склада (не более 0,8).

Расчетные площади хранения округляются в соответствии с удобством механизированной загрузки и разгрузки материала. Минимальные размеры закровов должны быть не ниже 4×4 м, а бункеров 3×3 м.

Общая площадь хранения всех материалов определяется путем суммирования округленных площадей хранения каждого материала. Сюда же необходимо ввести площади эстакад и разгрузочных площадок (F_p), принимая ширину фронта разгрузки (W) порядка 6-8 м по всей протяженности железнодорожного пути (L), находящегося в цехе, при числе разгрузочных площадок n :

$$F_p = n \times W \times L.$$

Для удобства функционирования складов и обеспечения достаточного фронта работ на них необходимо предусмотреть 10-15 % от полезной площади склада, для создания приемных устройств (фронт движения загрузочный тележки, место заполнения загрузочных бадей место перегрузки других материалов для отправки на соответствующий участок).

Все эти площади составят полезную площадь склада. Она должна быть увеличена еще на 10-15 % для обеспечения необходимых проездов и проходов.

Таблица 32

Нормы для расчета складов шихтовых и формовочных материалов

Материалы	Климатический пояс	Запас в календарных сутках		Насыпной вес материалов, т/м ²	Способ хранения материалов	Высота хранения материалов, м
		на базисном складе или в цехе при отсутствии базисного склада	на промежуточном складе или в цехе при наличии базисного склада			
1	2	3	4	5	6	7
Чугун чушковый	I-IV	10,0-30,0	3,0-5,0	2,5-3,6	В закроме	3,0-4,0
Лом чугунный и стальной	I-IV	10,0-30,0	3,0-5,0	2,0-2,5	То же	3,0-4,0
Литники, прибыли, сплавы:						
чугунные	I-IV	3,0-5,0	До 3	1,7-2,1	»	3,0-4,0
стальные	I-IV	3,0-5,0	До 3	1,5-2,1	»	3,0-4,0
цинковые и медные	I-IV	3,0-5,0	До 3	2,3	»	2,0-3,0
алюминиевые	I-IV	3,0-5,0	До 3	0,7	»	2,0-3,0
Стружка брикетированная чугунная и стальная	I-IV	10,0-15,0	3,0-5,0	2,7-3,6	»	3,0-4,0
Стружка дробленая чугунная и стальная	I-IV	10,0-15,0	3,0-5,0	1,0-2,0	»	3,0-4,0
Медь и латунь в чушках	I-IV	15,0-30,0	0,2-2,0	4,0-5,0	В штабеле	2,0-3,0
Цинк и олово в чушках	I-IV	10,0-30,0	0,5-2,0	4,0-4,5	То же	2,0-3,0
Алюминий в чушках, в штабеле	I-IV	10,0-30,0	0,5-2,0	1,5	»	2,0-3,0
Свинец в чушках	I-IV	10,0-30,0	0,5-2,0	6,3-6,8	»	2,0-3,0
Ферросплавы в кусках	I-IV	10,0-30,0	3,0-5,0	2,7	»	2,0-3,0
Ферросплавы дробленные	I-IV	3,0-5,0	3,0-5,0	1,7	В закроме	2,0
Кокс литейный	I-IV	15,0-30,0	1,0-3,0	0,45	В закроме или в бункере	2,5-4,0
Каменный уголь	I-IV	15,0-20,0	0,5-2,0	0,8-0,9	То же	3,0
Уголь древесный	I-IV	15,0-20,0	0,5-2,0	0,2	»	2,0
Известняк, плавиковый шпат, шлак мар-теновский	I-IV	15,0-20,0	3,0-5,0	1,5-1,8	»	3,0-4,0
Известь	I-IV	1,0-2,0	1,0-2,0		В закроме	1,0-1,5
Доломит, магнезит	I-IV	15,0-30,0	3,0-5,0	1,7	То же	2,5-3,5

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5	6	7
Магнетитовый порошок	I-IV	15,0-30,0	3,0-5,0	1,9	»	3,0-4,0
Железная руда, марганцевая руда, хромистый железняк	I-IV	15,0-30,0	3,0-5,0	2,0-2,3	»	3,0-4,0
Боксит	I-IV	15,0-30,0	3,0-5,0	1,5	»	3,0-4,0
Песок формовочный	I	До 30,0	3,0-5,0	Сырой 1,5-1,7 Сухой 1,2	В закроме или в бункере	5,0-10,0
То же	II	30,0-60,0	3,0-5,0	Сырой 1,5-1,7 Сухой 1,2	-	-
»	III	45,0-75,0	3,0-5,0	То же	-	-
»	I-IV	60,0-90,0	3,0-5,0	»		
Глина формовочная	I	До 30,0	3,0-5,0	В кусках 1,5	В закроме или в бункере	5,8
То же	II	45,0-60,0	3,0-5,0	В порошке 1,3	-	-
»	III	60,0-90,0	3,0-5,0	-		
»	IV	До 120,0	3,0-5,0	-		
Пылевидный кварц	-	15,0-30,0	3,0-5,0	1,05	То же	2,0
Опилки древесные и торфяная крошка	-	10,0-20,0	2,0-3,0	0,2	В закроме	3,0
Огнеупорные изделия в штабелях	-	15,0-30,0	10,0-15,0	1,8-2,0	На площадке	2,0

Таблица 33

Ведомость расчета площади складов

Наименование материала	Годовое количество, т	Насыпная масса, т/м ³	Нормативный запас хранения, сут.	Количество материала на складе		Высота хранения, м	Площадь хранилища, м ²	
				т	м ³		расчетная	округленная
Склад шихтовых материалов								
Шихтовые материалы:								
1.								
2.								
...								
Флюсы, раскислители, модификаторы:								
1.								
2.								
...								
Топливо:								
1.								
2.								
...								
Огнеупоры								
Итого								
Склад формовочных материалов								
Формовочные материалы:								
1.								
2.								
...								
Итого								

Общая площадь склада определяется по формуле:

$$F_{\text{скл}} = F_{\text{тех}} + F_{\text{закр}} + F_{\text{э}} + F_{\text{п.у}},$$

где $F_{\text{тех}}$ – площадь технологических участков склада, включая площадь под оборудование, проходами и железнодорожными вводами, м^2 ; $F_{\text{закр}}$ – площадь закроев, м^2 ; $F_{\text{э}}$ – площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки материалов, м^2 ; $F_{\text{п.у}}$ – площадь, занятая устройствами для подачи материалов в производство, м^2 .

Расчет площади закроев складов шихтовых материалов:

$$F_{\text{з.ш}} = 1,1(f_1 + f_2 + \dots + f_n),$$

где $F_{\text{з.ш}}$ – площадь закроев складов шихтовых материалов, м^2 ; 1,1 – коэффициент увеличения расчетной площади закроев с учетом их фактического заполнения; f_1, f_2, f_n – расчетные площади для соответствующих компонентов шихты в зависимости от вида литья (чугунный лом, стальной лом, стружка и др.).

Площади закроев для отдельных компонентов шихты находятся по формуле:

$$f_{\text{з.ш.}} = \frac{100 \times M \times a \times b}{k \times T_{\text{д}} \times H \times \gamma},$$

где $f_{\text{з.ш.}}$ – площадь закрома соответствующей составной части шихты, м^2 ; $100 \cdot M/k$ – металлозавалка, т/год; M – мощность цеха годного литья, т/год; k – выход годного литья, т/год (в процентах от металлозавалки); a – норма расхода соответствующего компонента шихты от металлозавалки, %; b – норма хранения компонента шихты, дней; $T_{\text{д}}$ – годовой фонд работы, дней; H – высота хранения компонента шихты, м; γ – насыпной вес компонента шихты, $\text{т}/\text{м}^3$.

Для складов формовочных материалов площади закроев определяются по формуле:

$$F_{\text{з.ф.}} = 1,2 \div 1,25(f_{\text{п}} + f_{\text{г}} + f_{\text{у}}),$$

где $f_{\text{п}}, f_{\text{г}}, f_{\text{у}}$ – расчетные площади закроев соответственно для песка, глины и угля, м^2 ; $1,2 \div 1,25$ – коэффициент увеличения расчетной площади закроев с учетом их фактического заполнения.

Расчетные площади закровов для соответствующих формовочных материалов находятся:

$$f_{з.ф.} = \frac{b \times M \times a'}{T_d \times H \times \gamma},$$

где a' – норма расхода соответствующего материала, кг/т годного литья.

Площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки, определяется длиной склада, количеством эстакад и необходимой шириной мест разгрузки:

$$F_3 = m l n,$$

где F_3 – площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки, м²; m – ширина разгрузки (при эстакадной разгрузке принимается равной 6-8 м); l – длина эстакады, м; n – количество эстакад.

Для мелких цехов с мелкосерийным и единичным характером производства, где точное определение площади складов весьма затруднено, можно воспользоваться таким укрупненным показателем – на 100 т годных отливок необходимо 200 м² складов.

Склады должны иметь достаточный уровень механизации и быть комплексными или специализированными. Комплексные склады, наиболее распространенные в практике работы литейных цехов, могут располагаться в помещениях, примыкающих к зданию цеха или в отдельно стоящем помещении. Ширина пролета складов 18, 24 или 30 м с высотой подкрановых путей от 8,15 до 18 м в зависимости от типа склада, назначения пролета и типа используемых грузоподъемных механизмов.

4.7. Проектирование вспомогательных участков литейного цеха

Службы механика и энергетика цеха обеспечивают наладку, обслуживание и планово-предупредительные ремонты всего имеющегося в цехе оборудования и систем, включая вентиляцию. В ряде случаев, крупные литейные цехи имеют свои ремонтные отделения (цехи), которые ведут ремонт узлов и агрегатов, а также отдельных единиц оборудования.

Проектирование ремонтных участков и мастерских служб механика и энергетика заключается в определении численности ремонтных служб, местонахождении и площади этих мастерских. Определение состава и количества станочного парка, верстаков и другого оборудования ведется на основании комплексной оценки ремонтной сложности всего оборудования цеха и установленных нормативов.

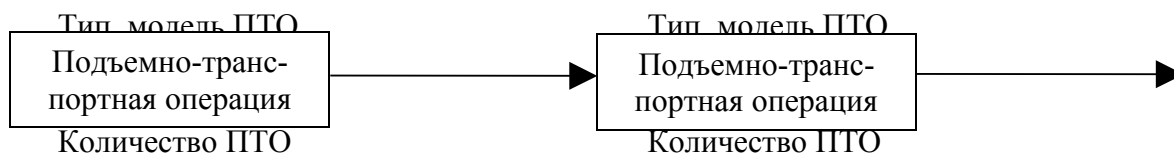
Аналогично ведется проектирование участков ремонта оснастки и приспособлений, ковшей и плавильного оборудования. Для эксплуатации и ремонта бытовых систем имеется участок административно-хозяйственной службы. Как уже указывалось, лаборатории литейного цеха являются общецеховыми, но обслуживают различные отделения цеха. Основная задача лабораторий – проведение экспресс-анализов жидкого металла и изготовленных смесей, а также определение свойств металла готовых отливок и контроль исходных материалов. Проектирование лабораторий заключается в определении их размеров и местонахождения в цеху, а также в определении числа лаборантов, типа и количества приборов и оборудования. Лаборатории литейных цехов принимают участие в экспериментальных и опытных работах цеха и завода.

Необходимое оборудование для вспомогательных участков выбирается по каталогам на литейное оборудование и рассчитывается по формулам. нормы площадей, занимаемых вспомогательными участками, цеховыми лабораториями приведены в литературе [6,7, 9-11].

4.8. Проектирование грузопотоков и организация транспорта в литейном цехе

Первоначально определяются все грузопотоки в цехе. Это можно сделать по переделам, например, металлическому от прибытия шихты до подачи возврата на переплавку, или внутри каждого отделения и между ними. Затем определяют тип и количество транспортного и подъемного оборудования, обеспечивающего разработанные грузопотоки. Расчет и его результаты могут проводиться в виде таблиц или графиков следующего вида:

Отделение цеха	Наименование подъемно-транспортной операции	Тип, модель, характеристика подъемно-транспортного оборудования	Количество подъемно-транспортного оборудования



При выборе и расчете количества кранов необходимо иметь в виду, что исходными данными для проектного расчета являются масса и расстояние перемещений, а также характеристика крана – грузоподъемность и скорость перемещения. Неизбежными потерями являются необходимые операции по обеспечению подъема грузов. К ним относятся такелажные работы, подъем и опускание грузов, обратный путь крана.

Особое внимание необходимо уделить подъемно-транспортным операциям в плавильном отделении, в первую очередь связанным с жидким металлом.

В табл. 34 приведены размеры пролета цеха в зависимости от грузоподъемности крана. При установке кранов различной грузоподъемности на общих подкрановых путях ширину пролета принимают по наибольшей грузоподъемности. В табл. 35 приведены нормы расчета количества мостовых кранов для обслуживания участков литейного цеха.

Таблица 34

Ширина пролета здания, м	Ширина пролета крана, м		
	до 15 т	20-75 т	75 т
12	11	10,5	-
18	17	16,5	16
24	23	22,5	22
30	29	28,5	28
36	35	34,5	34

Таблица 35

Участок	Длина участка, обслуживаемого одним краном, м	
	мостовым	консольным
Плавильный	30-50	-
Формовочно-сборочно-заливочно-выбивной	20-30	20-30
Формовочно-сборочный	20-35	20-30
Заливочный	30-40	-
Стержневой	20-35	-
Термический	25-30	-
Обрубной	20-30	-
Грунтовочный	25-40	-

Примечание. На формовочно-сборочном участке количество консольно-передвижных кранов составляет 30-50 % от общего количества кранов и уточняется в зависимости от рабочих мест сборки форм. Для кранов, работающих в плавильных участках, на заливке и выбивке форм следует принимать тяжелый режим работы.

4.9. Особенности проектирования энергетического хозяйства литейных цехов

Энергетическая часть проекта литейного цеха должна обеспечить теплоснабжение, газоснабжение, электроснабжение, снабжение сжатым воздухом, водой, паром и топливом.

Основаниями для проектных расчетов являются нормы расхода, установленные нормы потребления каждой единицы оборудования, комплексов всего цеха и его участков в целом.

Опыт эксплуатации литейных цехов показывает, что они являются достаточно энерго- и топливоемкими. Это обязывает проектировщиков тщательно продумывать свои решения с целью обеспечения экономии топливно-энергетических ресурсов при условии эффективности производства. Расход энергии и топлива в большей степени зависит от выплавляемых сплавов, вида литья, серийности производства. Экономии топливно-энергетических ресурсов можно достичь рациональным использованием образующихся в цеху тепла и горячих газов.

Основными видами энергии в литейном цехе являются: электрическая, топливная (газ, кокс), паровая, сжатого воздуха и воды. Расход каждого вида энергии будет в значительной мере, определяться технологическим процессом и, в первую очередь, плавкой (электропечи, газовые печи, вагранки), насыщенностью цеха оборудованием и интенсивностью его работы.

В проект энергетической части цеха необходимо включить источники снабжения каждым видом энергии, систему распределения энергии в цехе и систему контроля за эксплуатацией этих источников энергии.

Для установления потребности в каждом виде энергии составляются сводные ведомости расхода.

Расход электроэнергии может быть установлен по расходам на технологический процесс (плавка, нагрев, сушка), а также по установленной мощности токоприемников технологического и транспортного оборудования, при этом нужно учитывать, что не все токоприемники работают одновременно и зачастую не на полную мощность. Это учитывается коэффициентом спроса, который для электропечей и крупных потребителей составляет 0,45-0,5, а для другого оборудования литейного цеха 0,35-0,45.

Расход электроэнергии за год определяется по формуле:

$$W = K_{\Phi} e \sum P_{уст} K_{д} K_{з} \quad ,$$

где $K_{с}$ – коэффициент спроса; $\sum P_{уст}$ – суммарная установленная мощность; $\Phi_{д}$ – годовой фонд рабочего времени работы оборудования, ч; $K_{з}$ – коэффициент загрузки оборудования по времени (0,75...0,8).

Годовой расход электроэнергии на освещение определяется по нормам расхода на 1 м² рабочей площади. Для литейных цехов укрупненный расход электроэнергии на освещение можно принять 16-18 Вт на 1 м² площади в час, а длительность освещения в год для условий широт 40...60 градусов принимается 2100 ч.

Для расчета по укрупненным показателям на начальной стадии проек-

тирования общую потребность в активной электроэнергии устанавливают по удельному расходу ее на 1 т годных отливок с учетом метода плавки металла и степени механизации производства. Для чугунолитейных цехов, применяющих в качестве плавильного агрегата вагранку, удельный расход электроэнергии колеблется от 300 до 500 кВт·ч/т, для сталелитейных цехов с дуговыми печами от 1600 до 2100 кВт·ч/т.

Расход сжатого воздуха цехом будет определяться количеством воздухоприемников, связанных с технологическим процессом и потребляемой мощностью каждого воздухоприемника, и протяженностью сетей сжатого воздуха. Воздух в литейном цехе расходуется на обеспечение работы встряхивающих формовочных машин, пневмотрамбовок и зубил, пневмоподъемников, пневмошлифмашин, распылителей красок, перемешивание суспензий и других потребителей (обдувка оборудования, выдувка форм). Сети сжатого воздуха имеют высокие утечки и неплотности, что приводит к увеличению потребности в сжатом воздухе примерно в 1,5 раза. Средние укрупненные показатели расхода сжатого воздуха принимаются следующими: для чугунолитейных цехов серого чугуна 1000-1800 м³/т, для сталелитейных цехов 1400-1800 м³/т литья.

Расход пара в литейном цехе зависит от потребности его на отопление, вентиляцию и производственные нужды. Давление пара в сети колеблется в зависимости от назначения от 0,15 до 0,6 МПа.

Годовая потребность пара на отопление и вентиляцию определяется:

$$Q_{nm} = (Q_{\text{т}} \cdot \Phi_{\text{от}}) / (V_{\text{з}} \cdot 1000)$$

где $Q_{\text{т}}$ – усредненный расход тепла на 1 м³ здания, кДж; $\Phi_{\text{от}}$ – длительность отопительного сезона, ч; $V_{\text{з}}$ – объем отапливаемого здания, м³; i – теплота испарения, кДж/кг.

Для условий РФ средняя длительность отопительного сезона равна около 180 дней, что составляет 4320 ч.

Расчет расхода воды ведется по конкретным потребителям с учетом максимального и среднего расхода, качества воды для конкретного потребителя (в ряде случаев требуется химически очищенная вода), системы оборотного водоснабжения и потерь воды на испарение. Расход воды на производство литья будет зависеть от принятой технологической схемы и может колебаться в весьма широких пределах от 6 до 14 м³/т литья в год свежей воды и, 100-140 м³/т литья при использовании оборотного водоснабжения. Расход питьевой воды значительно ниже и связан, в основном, с расходом на бытовые цели (от 2 до 2.5 м³/т). Средний расход промышленной воды колеблется в широких пределах в зависимости от технологической схемы процесса (табл. 36).

Расход воды на технологические нужды

Цехи	Расход производственной воды на 1 т годных отливок, м ³	Характеристика плавильных агрегатов
Серого чугуна	8-10	Вагранка с охлаждением плавильного пояса
Ковкого чугуна	14-15	Дуплекс процесс вагранка + дуговая электрическая печь
Сталелитейные	13-14	Дуговая электрическая печь
Алюминиевого литья	35-40	Индукционные печи промышленной частоты

ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

5.1. Особенности проектирования цехов специальных видов литья

При рассмотрении особенностей проектирования цехов специальных способов литья, необходимо учесть, что их можно разделить на две группы – способы литья в постоянные формы и способы литья в разовые формы. К последним относятся цехи литья по выплавляемым моделям и в оболочковые формы, особенности проектирования которых отличаются от особенностей проектирования цехов литья в постоянные формы и будут рассмотрены ниже.

Цехи литья в постоянные формы (кокили, литье под давлением, центробежное и т.д.) отличаются меньшим количеством технологических процессов производственных отделений, типов и количества оборудования. В этих цехах упрощены грузопотоки, многие процессы относительно несложно автоматизировать. Как правило, цехи литья в постоянные формы не требуют плавильных агрегатов большой емкости, производительности и мощности [12].

Цехи литья под давлением. Особенностью цехов литья под давлением является высокий уровень автоматизации всех технологических процессов, в том числе заливки.

При проектировании цехов литья под давлением необходимо сделать анализ организации обрубки пресс-остатков, которую можно проводить в специальном отделении или у каждой машины отдельно. В первом случае уменьшаются затраты на оборудование, так как количество необходимых процессов уменьшается, а во втором случае появляется возможность создания автоматизированного комплекса с применением промышленных роботов. При выборе типа и модели машин литья под давлением учитывается, в первую очередь, масса отливок, площадь проекции отливки по разьему пресс-формы, рациональное количество гнезд в пресс-форме. Проект цеха литья под давлением должен учитывать недостатки этого способа, в частности, должны быть предусмотрены мероприятия по повышению герметичности отливок.

Технологический процесс и оборудование. Машины для литья под давлением бывают с горячей или с холодной камерой прессования. Первые применяют в основном для получения отливок из сплавов с низкой температурой плавления на основе свинца, олова и цинка. Эти машины практически не используют для изготовления отливок из более тугоплавких сплавов из-за низкой стойкости узла прессования, работающего в высокотемпературном расплаве.

Для получения отливок из сплавов на основе алюминия, магния и меди применяют машины с холодными камерами прессования (горизонтальными и вертикальными). Наиболее распространены машины с горизонтальными камерами прессования, как более производительные, имеющие меньшие потери теплоты и давления в литниковой системе.

Определение объемов производства. Исходными данными для проектирования цехов литья под давлением являются производственная программа, чертежи и технические условия на литые детали. На основании исходных данных составляют ведомость объемов производства (табл. 37).

В табл. 38 приведены ориентировочные показатели выхода годного при литье под давлением алюминиевых сплавов.

Таблица 37

Ведомость объемов производства при литье под давлением

Наименование и номер детали	Количество отливок			Модель машины	Количество		Масса, кг					
	на изделие	на программу	на программу с учетом брака отливок		гнезд в пресс-форме	запрессовок на программу	одной отливки	порции сплава в форме	отливок на программу	жидкого металла на программу	на программуметаллозавалки	

Таблица 38

Показатели выхода годного при литье алюминиевых сплавов под давлением

Масса отливок, кг	Выход годного от металлозавалки, %
≥ 0,5	25-35
0,5-1,0	35-45
1,0-3,0	45-50
3,0-5,0	50-55
5,0-10,0	55-60

Технические характеристики машин для литья под давлением приведе-

Техническая характеристика машин литья под давлением с горизонтальной камерой прессования

Модель машины	Показатели						
	усилие за-пира-ния, МН	уси-лие прес-сова-ния, МН	масса за-ливаемой порции алюми-ни-евого сплава, кг	ход по-движ-ной пли-ты, мм	наибольшая площадь от-ливки в разьеме пресс-фор-мы, 10^{-4} м^2	произ-води-тельность, запрес-совок/ч	габаритные размеры, м
5A11	0,40	0,04	До 0,20	180	87	160	2,50×1,02×1,49
5A12	0,63	0,063	До 0,40	242	135	130	3,07×0,83×1,85
5A13	1,00	0,10	До 0,80	320	-	110	3,60×1,00×1,60
5A14	1,60	0,16	До 2,00	400	450	95	4,30×1,10×1,90
МГ200-11	2,50	0,20	До 3,15	450	680	80	2,40×1,00×1,20
711A10	6,30	0,66	До 10,00	630	-	120	8,20×2,10×3,10
71111	8,00	0,78	До 13,00	710	-	80	9,20×2,30×3,20
71112	10,00	0,93	До 18,00	800	-	63	10,00×2,40×3,40
71113	12,50	1,20	До 24,00	900	-	50	11,00×2,50×3,50
71114	16,00	1,47	До 32,00	1000	-	40	12,20×2,90×3,80
H-160B	1,80	0,175	0,75-3,00	450	518	140	5,60×2,20
H-250B	2,85	0,30	1,40-4,50	560	605	120	6,50×2,30
H-400B	4,60	0,42	2,50-8,50	640	1040	105	7,50×2,50
H-630B	7,25	0,65	4,20-12,30	780	1263	80	9,00×2,90
H-800B	9,20	0,65	4,20-14,40	900	2180	60	9,80×3,50

Модель машины выбирают на основании известных расчетов требуемого давления прессования и необходимого запирающего усилия машины по площади проекции отливки с литниковой системой. Затем проверяют достаточность емкости камеры прессования этой машины при выбранном давлении прессования.

При определении емкости камеры прессования следует стремиться к уменьшению ее диаметра, так как при этом повышается давление на сплав и уменьшается объем пресс-остатка.

Рекомендуемые давления прессования в зависимости от конфигурации отливок из разных сплавов приведены в таблице 40.

Требуемое для выполнения программы число машин для литья под давлением определяют по общей методике.

Цехи литья по выплавляемым моделям. Эти цехи резко отличаются от других литейных цехов наличием характерных только для этих цехов технологических процессов и материалов. Это обуславливает применение специального оборудования и приспособлений.

При описании проекта таких цехов необходимо особое внимание уделить особенностям технологии изготовления отливок. При выборе и расчете

плавильных агрегатов необходимо выбирать печи относительно небольшой емкости. В проекте должно быть описано и рассчитано вспомогательное оборудование для приготовления модельных составов, оболочек, выщелачивания керамики и т.д.

Таблица 40

Сплав	Рекомендуемые давления прессования, МПа					
	Отливки с толщиной стенки до 3 мм			Отливки с толщиной стенки до 6 мм		
	простые	сложные	очень сложные	простые	сложные	очень сложные
Оловянно-свинцовый	3,0	3,5	4,5	4,5	5,0	-
Цинковый	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0	-
Магнийевый	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	10,0
Алюминиевый	3,5	4,5	5,0	6,0	6,5	8,0
Латунь	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	-

При выборе номенклатуры отливок необходимо учитывать, что себестоимость отливок, полученных по выплавляемым моделям, высока. Ряд отливок, получаемых в настоящее время в этих цехах, можно получать в безопочных песчано-глинистых формах, снижая их себестоимость в два-три и более раза. С другой стороны, литье по выплавляемым моделям позволяет экономить прокат и значительно уменьшать механическую обработку отливок.

При проектировании цехов по выплавляемым моделям необходимо учитывать достижения в области разработки новых огнеупорных материалов, материалов для изготовления модельно-керамического блока.

Цехи литья по выплавляемым моделям имеют примерно следующий состав: модельное отделение с участком приготовления модельного состава и изготовления модельных звеньев; отделение изготовления оболочек форм с участком выплавки модельного состава; прокладочно-заливочное отделение с участками плавки металла, обжига, формовки, охлаждения залитых блоков; термообрубное отделение с участками отделения отливок от стояка, очистки отливок, нормализации в защитной атмосфере, сортировки, зачистки, контроля и грунтовки (консервации) отливок; экспериментальный участок; склад шихты; склад формовочных материалов с участком их подготовки; участок ремонта ковшей и тиглей; ремонтные мастерские; межоперационные склады; цеховые лаборатории.

Количество оборудования рассчитывается аналогично расчетам оборудования в других литейных цехах.

Определение объемов производства. Для того чтобы приступить к расчету технологического оборудования, необходимо определить, какое количество изделий по переделам технологического процесса (модельных звеньев,

блоков, отливок и т.п.) или материала (модельного состава, суспензии) должно быть изготовлено на этом оборудовании.

Обычно это количество на программу определяется: при серийном производстве – по технологическим картам для характерных деталей, представляющих собой группы идентичных отливок («детали-представители»); при массовом производстве – по технологическим картам на все детали.

Рекомендуется деление номенклатуры отливок на восемь групп по массе, кг: <0,02; 0,02-0,04; 0,04-0,06; 0,06-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,6; 0,6-1,5 и >1,5. Такое деление оправдано тем, что для каждой группы отливок характерны свои технологические нормативы и показатели. Исходные технологические данные отдельно по каждой группе рассчитывают и заносят в ведомости (табл. 41), которая содержит только исходные технологические данные, и пользоваться ими для расчета числа оборудования нельзя. В этих данных не учтены неизбежные на производстве потери и брак из-за некачественных материалов, ошибок рабочего, неисправности оборудования и других причин. Брак и потери возмещаются увеличением против программы объема производства по переделам технологического процесса.

Таблица 41

Исходные технологические данные (группа отливок по массе)

Номер детали	Масса отливки, кг	Программа		Число моделей в звене	Число звеньев в блоке	Число моделей в блоке	Число модельных звеньев (моделей) на программу	Число блоков на программу	Масса модельного состава, кг		
		шт.	кг						на 1 модель	на 1 блок	на программу

Для определения количества подлежащей изготовлению продукции, на которое рассчитывают оборудование, вводят коэффициенты технологических потерь.

Коэффициент технологических потерь представляет собой отношение

$$k_{т.п} = \frac{B_{п}}{B},$$

где $B_{п}$ – количество продукции, которое необходимо изготовить (с учетом брака и потерь) для выполнения программы; B – количество продукции по программе.

Для каждого производственного участка (группы операции) рассчитывают свой коэффициент $k_{т.п}$, учитывающий потери и брак не только этой группы операций, но и всех последующих.

Примерные коэффициенты технологических потерь приведены в табл. 42.

Таблица 42

Примерные коэффициенты технологических потерь					
Группа операций или производственный участок цеха	Технологические потери и брак, %				Коэффициенты технологических потерь
	Бр ₄	Бр ₃	Бр ₂	Бр ₁	
Изготовление модельных блоков	15	3	5	9	$k_4 = 1,42$
Изготовление оболочек форм					$k_3 = 1,20$
Изготовление блоков отливок		$k_2 = 1,16$			
Обрубка и отделка отливок		$k_1 = 1,10$			

Определив коэффициенты технологических потерь, можно составить сводную ведомость объемов производства для расчета основного оборудования (табл. 43).

Относительно точно расход суспензии на программу может быть определен по суммарной поверхности модельных блоков. Средний расход суспензии на 1 дм³ поверхности модели составляет 0,001 дм³ при нанесении одного слоя покрытия или 16-17 г суспензии с 74 % пылевидного кварца. Расход каждого компонента суспензии можно рассчитать по принятой рецептуре и плотностям составляющих.

В табл. 44 приведено оборудование для изготовления операций технологического процесса литья по выплавляемым моделям.

Цехи литья в кокиль. Цехи литья в кокиль имеют примерно такой же состав как и цехи литья под давлением. Цехи кокильного литья рекомендуется проектировать на мощность 20-25 тыс. т/год для производства чугунных отливок массой до 50 кг и 40-80 тыс. т/год массой до 100 кг; 60-80 тыс. т/год для производства стальных отливок массой до 30 кг; 5-6 тыс. т/год для производства алюминиевых отливок массой до 5 кг и 10-12 тыс. т/год массой до 20 кг.

Таблица 43

Ведомость объемов производства при литье по выплавляемым моделям

Группа отливок по массе, кг	Номенклатура отливок, шт.	Программа		Число на программу		Масса модельного состава на программу, кг	Число на программу с учетом потерь		Масса на программу с учетом потерь		Число на программу с учетом потерь		Масса на программу с учетом потерь, кг	
		шт.	кг	модельных звеньев (моделей)	блоков		модельных звеньев (моделей)	модельных блоков	модельного состава	суспензии	оболочек	блоков отливок	отливок	отливок

Таблица 44

Оборудование для изготовления отливок ЛВМ

Операция технологического процесса	Оборудование	Тип, модель	Производительность часовая	
			паспортная	расчетная
Приготовление модельного состава, дм ³	Установка для приготовления модельного состава	651	60	50
		652	500	400
Приготовление модельного состава, дм ³	Полуавтоматическая линия	6А50	32-63	25-50
Изготовление моделей, запрессовка	Полуавтоматическая линия	6А50	32-250	25-200
Изготовление модельных звеньев, звено	Автомат изготовления модельных звеньев	653	190-360	150-290
Изготовление моделей, запрессовка	Полуавтомат изготовления моделей	6А54	32-250	25-200
Приготовление огнеупорного покрытия, дм ³	Установка для приготовления облицовочного состава	661	60	50
Приготовление огнеупорного покрытия, дм ³	Агрегат приготовления огнеупорного покрытия		125	110
Нанесение огнеупорного покрытия, покрытие	Полуавтомат для нанесения огнеупорного покрытия	6А63	200	160
Нанесение огнеупорного покрытия, блок	Автомат для нанесения огнеупорного покрытия	6А67	200	160
Нанесение огнеупорного покрытия, покрытие	Автомат для нанесения огнеупорного покрытия	6Б67	200	160
Нанесение и сушка огнеупорного покрытия, блок	Линия изготовления керамических форм	64001		
		исп. 01	150	120
		исп. 05	20	160
		исп. 14	120	100

Нанесение и сушка огнеупорного покрытия, блок	Автоматическая линия изготовления керамических блоков	668	25-50	20-40
Нанесение и сушка огнеупорного покрытия, блок	Установка воздушно-аммиачной сушки блоков	6A82	200-400	180-320
Сушка блоков, блок	Установка вакуумно-аммиачной сушки блоков	683	12-24	10-20
Выплавка блоков, блок	Ванна выплавки	671	25-50	20-40
Выплавка блоков, блок	Ванна выплавки	6A71	25-50	20-40
Выплавка блоков, блок	Ванна выплавки	672	200	160
Формовка блоков, опока	Стол формовочный	673	50	40
Выбивка опок, опока	Установка для выбивки	674	50	40
Обжиг, заливка и охлаждение форм, блок	Агрегат обжига, заливки и охлаждения	675A	до 100	до 80
Формовка, обжиг, заливка, охлаждение и выбивка форм, блок	Линия формовки, обжига, заливки и охлаждения	66001 ABA730 Л ABA740 Л	до 50 до 25	до 40 до 20
Отделение керамики, блок	Установка для отделения керамики	6A92	100	80
Отделение керамики, отливков, блок	Установка для отделения керамики	6A92	25	20

Примечание. 1. Для машин модели 6A50, 653, 6A54 величина производительности выбирается в зависимости от требуемого времени охлаждения модели в пресс-форме в указанных пределах. 2. Для линий модели 668, 6A82, 683, 671 значения производительности принимаются в зависимости от габарита блока (или опоки для модели 673) – 400 мм наименьшее, 250 мм наибольшее.

Исходными данными для проектирования цехов литья в кокиль служат те же сведения, что и для проектирования цехов литья под давлением. Методика расчета стержневого участка или отделения та же, что и для цехов литья в песчаные объемные формы.

Помимо основных отделений, в цехе обычно предусматривают вспомогательные участки для доводки и ремонта кокилей: для ремонта печей, кокильных машин и другого оборудования; склады для хранения материалов, кокилей и прочей оснастки; лаборатории, обслуживающие цех. Склад для хранения кокилей обычно размещают недалеко от заливочного отделения, его оборудуют стеллажами с ячейками и кран-балкой для перемещения кокилей.

Машины для кокильного литья подразделяют на однопозиционные и многопозиционные, с вертикальной или горизонтальной плоскостью разъема кокилей. Особое место занимают машины для литья под низким давлением. Технические характеристики кокильных машин, выпускаемых отечественным станкостроением, приведены в табл. 45.

Таблица 45

Техническая характеристика кокильных машин

Показатели	Однопозици-	Шестипо-	Трех-	Установки литья под низ-
------------	-------------	----------	-------	--------------------------

	онные машины с горизонтальным разъемом	зиционные машины		позиционные машины	ким давлением		
	5966А	4535 Б	5942	4546Б	83245 (59у44)	83106 (59у66)	4566
Размер рабочей плоскости плиты для крепления частей кокиля, мм	1000×800	400 × 500	500 × 400	800× 630	800× 500	1000× 800	1000× 1000
Ход подвижной плиты, мм	320	200	200	65	250 (боковой)	500 (верхний)	-
Наименьшее расстояние между плитами, мм	500	-	-	-	630	630	400
Усилие раскрытия (закрытия) кокиля, кгс	18000	5000	8000	12000	12500	20000	35300
Время холостого цикла, с	25	15	22	60	55	45	-
Емкость печи (по алюминиевому сплаву), кг	-	-	-	-	200	200	300
Мощность электродвигателя, кВт	13	15,5	8,6	5,5	57,6 (общая)	70 (общая)	42

Цехи литья в оболочковые формы. Цехи литья в оболочковые формы отличаются применением только песчано-смоляных смесей, плакированием смесей, применением дробы и других технологических приемов для упрочнения форм, а также специальными установками выбивки, сепарирования дробы, специальными конвейерами транспортировки оболочек и готовых к заливке форм. В оболочковые формы заливают различные сплавы и в них могут быть получены различные отливки.

В настоящее время распространяется способ изготовления отливок в стопки оболочек, изготавливаемых по нагреваемой оснастке на пескострельных машинах, однако, в целом, применение этого способа ограничено. В цехах оболочкового литья особое внимание необходимо уделить организации регенерации песков.

Цехи литья в оболочковые формы для производства отливок массой до 20 кг рекомендуется проектировать мощностью 5-7 или 10-15 тыс. т, а для отливок массой до 50 кг мощностью 20-30 тыс. т

Определение объемов производства. На основании исходных данных составляют ведомости объемов производства (табл. 46).

Таблица 46

Ведомость объемов производства при литье в оболочковые формы

штуков различных типоразмеров, требующем систематической переналадки оснастки центробежной машины, накатка и заливка не могут следовать одна за другой, поэтому целесообразнее накатку форм выполнять на специальной машине, а затем, накопив заготовленные формы, передавать их под заливку на центробежную машину; в этом случае каждая из машин будет работать производительнее; в тех случаях, когда подготовку изложниц ведут на специальных участках, применяют обычно нестандартное оборудование, расчет которого выполняют по формуле

$$N_{м.р} = \frac{1,1\Pi N_{ц.м} Z_{ц.м}}{60},$$

где $N_{ц.м}$ – количество установленных центробежных машин, шт.; Π – часовая производительность одной машины, шт./ч; $Z_{ц.м}$ – задолженность оборудования на изготовление одной формы, мин.; 1,1 – коэффициент, учитывающий брак форм.

Значение $N_{м.р}$ доводят до целого числа $N_{и}$, пользуясь коэффициентом использования оборудования.

Для изготовления втулок, обечаек, маслот и аналогичных им деталей с гладкой или с фасонной внешней поверхностью применяют центробежные машины, приведенные в табл. 48.

Таблица 48

Техническая характеристика машин для центробежного литья

Параметры	Модель				
	ЛН-102	ЛН-104	552-2	553-2	554-2
1	2	3	4	5	6
Заготовки:					
наружный диаметр, мм	100-150	200-300	75-200	200-320	320-500
длина наибольшая, мм	4000	5000	320	500	800
масса, кг	96-156	279-490	80	140	700
Производительность, шт./ч	28-30	23-25	14	9	3

Продолжение таблицы 48

1	2	3	4	5	6
Расход воздуха, м ³ /ч	55	45	-	-	-
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	15	35-40	-	-	-
Установленная мощность электродвигателя, кВт	90	122	6	8	-
Габаритные размеры, мм	13700×3230 ×3200	22100×6900 ×4000	2500×1895 ×1400	2500×1895 ×1400	-

5.2. Особенности проектирования цехов заготовительного литья

Современные заводы, производящие полуфабрикаты из сплавов цвет-

ных металлов, выпускают различные виды продукции: производят плоские заготовки – для прокатки на листы, плиты и ленты, а также для прессования широких профилей (панелей); круглые сплошные – для прессования профилей и прутков,ковки и штамповки; круглые полые – для производства труб. В зависимости от назначения изделий используют заготовки различных сплавов, отличающихся по химическому составу, режимам плавки, литья и термообработки.

При проектировании литейного цеха, прежде всего, следует установить объем производства по видам заготовок с учетом реальной перспективы его расширения. Мощность литейного производства всегда следует принимать с некоторым запасом по отношению к потребности обрабатывающих цехов, так как она обычно довольно быстро возрастает в связи с необходимостью расширения производства, увеличением производительности оборудования, внедрением новых сплавов и пр. На основе данных о потребности в заготовках для обрабатывающих цехов проводят расчеты для определения штатов, количества оборудования, складских и производственных площадей и т.д. Работу литейного производства планируют, как правило, непрерывной, соответственно этому принимают фонды времени для оборудования, режим рабочего дня и другие нормативные данные.

В общем случае литейное производство включает: склад шихтовых материалов; плавильно-литейное отделение; отделение термообработки; отделение механической обработки; отделение переработки низкосортных отходов; отделение приготовления лигатур; мастерскую для изготовления и ремонта инструмента; участок обработки макротемплетов; лабораторию экспресс-анализа и металлографическую лабораторию; склад заготовок и межоперационные склады; различные вспомогательные службы [15].

При проектировании литейного цеха заготовительного литья необходимо учитывать, что основной технологический процесс в цехе включает следующие операции: подбор шихты и загрузка ее в печь; плавление металла и приготовление сплавов (в том числе рафинирование, модифицирование, фильтрация и анализ); отливка слитков требуемой формы и размера; термическая обработка слитков (гомогенизация или отжиг); механическая обработка слитков (обработка поверхности и резка на мерные заготовки, изготовление темплетов).

Последовательность двух последних операций может изменяться в зависимости от свойств сплавов и размеров поперечного сечения слитков.

На выбор оборудования, необходимого для этого процесса, влияет ряд факторов: масштаб производства, энергоресурсы, назначение заготовок и др. При этом необходимо помнить, что главная задача – обеспечение высокого качества металла при минимальных капиталовложениях и низкой себестоимости.

Современный плавильно-литейный агрегат состоит из плавильной печи вместимостью 120 т, миксера соответствующей емкости, установок для дега-

зации, модифицирования и фильтрации и литейной машины, грузоподъемностью равной емкости миксера. Миксеры и литейные машины размещают с таким расчетом, чтобы слитки извлекались в пролете, где расположены печи для гомогенизации и оборудование для механической обработки.

Техническая характеристика миксеров приведена в табл. 49. Технические характеристики литейных машин приведены в табл. 50.

Таблица 49

Техническая характеристика миксеров			
Параметры	Миксера		
Масса заливаемого металла, т	35	40	70
Электрическая мощность, кВт	450	480	1000
Напряжение питающей сети, В	380		
Число групп нагревателей, шт.	3	2	4
Материал нагревателей	Х20Н80		
Количество нагревательных элементов, шт.	36	42	84

Таблица 50

Техническая характеристика литейных машин			
Параметры	Литейные машины		
Привод машины	гидравлический		тросовый
Грузоподъемность, т	60	30	20
Максимальная длина слитка, мм	7500	7500	6500
Скорость литья (рабочая), мм/мин	от 8 до 210	от 10 до 230	от 8 до 225
Максимальное сечение слитка, мм	700×2500	700×2500	400×1260

При литье плоских и круглых слитков целесообразно размещать на столе машины такое число кристаллизаторов, которое позволяет разливать металл из миксера за один прием (залит). При литье мелких круглых слитков число их на столе машины может быть доведено до 150. Особое внимание при этом должно быть уделено автоматизации всего литейного процесса, в том числе и поддержанию уровня в кристаллизаторе.

Термические отделения заготовительных цехов включают в себя современные печи для гомогенизации сплавов, которые обеспечивают заданный режим гомогенизации по равномерности и скорости нагрева, высокую производительность. В табл. 51 приведены характеристики печей гомогенизации.

Для расчета количества литейных машин для литья слитков заполняются специальные ведомости. В табл. 52 приведена ведомость основных технологических данных о литье. В табл. 53 – ведомость расчета числа машин.

Таблица 51

Технико-экономические показатели печей гомогенизации			
Тип печи	Сечение слитков	Максимальная масса садки, т	Удельный расход электроэнергии (газа), кВт·ч/т
Электрическая шахтная	Плоские	50	200-400

вертикальная			
Газовая шахтная горизонтальная	Круглые	25	(65-70 м ³ /т)
Электрическая с выкатным подом	Круглые, плоские	65	300-400

Таблица 52

Основные технологические данные о литье слитков

Марка сплава	Размеры слитков, мм		Вес одного слитка, кг	Материал кристаллизатора	Размеры кристаллизатора	Толщина стенки кристаллизатора	Температура металла, °С	Температура воды		Продолжительность литья	Скорость литья		Расход воды на охлаждение слитка, м ³ /мин	Смазка кристаллизатора		
	длина	диаметр						внешний	внутренний		поступающей	отходящей			мм/мин	м/ч

Таблица 53

Расчет числа машин для непрерывного и полунепрерывного литья

Наименование и тип литейной машины	Номер или индекс слитков	Вес одного слитка, кг	Годовая программа по литью	Число слитков отливаемых одновременно	Вес слитков отливаемых одновременно	Норма времени		Время на выполнения годовой программы	Действительный годовой фонд времени машины	Число литейных машин по расчету	Число литейных машин принятое по проекту	Коэффициент загрузки
						на одну операцию заливки, мин	на один слиток					

5.3. Особенности АСУП литейного цеха

Непременным условием успешного функционирования современного предприятия (цеха) является автоматизация управления.

Подсистемы управления качеством продукции, оперативного учета хода производства и использования оборудования, простоев вагонов, расчета заработной платы, имеют материальную базу в составе нескольких ЭВМ и алгоритм управления, построенные с использованием регрессивного анализа.

Кроме того, автоматические формовочные линии, системы смесеприготовления, транспортные системы, автоматические комплексы литья под давлением имеют локальные системы автоматического управления с использованием компьютеров и микрокомпьютеров. Наиболее сложной и трудоемкой функцией ЭВМ является разработка математических моделей литейных процессов и на их основе разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также проектирование технологии.

При проектировании литейного завода (цеха) необходимо определить подсистемы АСУП, их задачи и функции управления.

АСУП современных действующих литейных заводов и цехов обеспечивает: улучшение комплектности изготовления отливок за счет использования системы оптимального оперативно-производственного планирования (объемно-номенклатурное и оперативно-календарное планирование, оперативный учет и отчетность); рост производительности труда вследствие рационального использования производственных ресурсов, сокращения непроизводительных расходов, а также снижения потерь рабочего времени за счет улучшения организации и планирование литейного производства; снижение трудоемкости работ, связанных с оперативным управлением литейным производством.

Как правило, АСУП включает следующие подсистемы управления: технической подготовкой производства; технико-экономическим планированием; основным производством (оперативное управление); материально-техническим снабжением; качеством отливок; сбытом; кадрами; модельной оснасткой.

В табл. 54 приведен пример определения функций и задач АСУ.

Среди элементов автоматизации различных работ важное место занимает внедрение системы автоматизированного проектирования литейной технологии (САПР ЛТ). Эти системы позволяют иметь банк справочных данных, необходимых технологу и мастеру, а при наличии специальных программ САПР ЛТ позволяет за короткое время получить разработки технологических процессов как в целом, так и отдельно для плавки, формовки, очистки, термообработки, а также назначить припуски, допуски, стержни, выбрать линии

разъема, рассчитать литники и прибыли.

Таблица 54

Функции и задачи АСУ	
Функция управления	Задача АСУ
Техническая подготовка производства	
Планирование мощности литейного цеха	Расчет мощности литейного цеха.
Формирование карт тех технологического литья	Формирование карт тех технологического литья.
Планирование обеспечения литейного оснасткой	Расчет потребности в опоках (на год, на квартал, месяц). Расчет потребности в холодильниках (на квартал, месяц). Расчет потребности в жеребейках (на год, кварталах, месяц). Расчет потребности в модельных комплектах (на год).
Технико-экономическое планирование	
Планирование труда и заработной платы по цеху	Расчет нормативной трудоемкости производственной программы (на год, квартал). Расчет плановой численности основных производственных рабочих (на год, квартал).
Управление основным производством	
Объемно-номенклатурное планирование цеха	Расчет производственной программы по объему (на год, квартал).
Оперативно-календарное планирование цеха	Расчет объемно-номенклатурного планирования (по участку на месяц). Расчет оперативно-календарных планов (по формовочным участкам на месяц).
Оперативное управление цехом	Учет залитых форм (по участку за сутки, месяц). Контроль выполнения оперативно-календарного плана (по участку за сутки, месяц). Оперативный контроль выполнения объемно-номенклатурного плана (по участку, цеху за сутки, месяц). Учет комплектации производственной программы отливками (за сутки с начала месяца, с начала года). Учет незавершенного производства (по участку, цеху с начала года).
Модельное производство	
Объемно-номенклатурное планирование модельного цеха	Расчет трудоемкости изготовления и ремонта модельных комплексов (на год, квартал). Расчет графика подачи модельных комплектов в литейных цехах. Учет движения оснастки на складе моделей.
Материально-техническое снабжение	
Планирование потребности в материалах по цеху	Расчет специфицированной потребности в материалах на производственную программу (на год, квартал, месяц).
Контроль за состоянием запасов материалов и анализ обеспеченности	Расчет лимитов материалов (на месяц). Оперативный учет движения шихтовых материалов на складе (за сутки, месяц).
Качество отливок	
Контроль и регулирование состава металлозавалки	Расчет оптимального состава металлозавалки

При проектировании АСУП необходимо планировать тщательную подготовку производства и кадров к внедрению и успешному использованию этих систем. К числу первоочередных подготовительных мероприятий отно-

сятся:

1. Создание банка данных АСУ, включая: приведение технологической и другой документации в полное соответствие с требованиями стандартов; доработку действующих и разработку новых оперативных и учетных документов в соответствии с требованиями АСУ; внедрение первичных документов, обеспечивающих функционирование системы; разработку и внедрение справочников и классификаторов в соответствии с системой классификации и кодирования; создание и развитие банка данных системы на машинных носителях.

2. Подбор, учеба и переподготовка персонала для работы в условиях АСУ.

3. Создание и развитие материально-технической базы АСУП с применением «больших» ЭВМ, видеотерминалов, мини-ЭВМ и другого оборудования.

ГЛАВА 6. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Первоначальным этапом строительного проектирования промышленного предприятия является выбор площади строительства. Район и пункт строительства предприятия определяется схемой развития и размещения отрасли, схемой развития экономического района, края, области.

Площадка строительства должна соответствовать следующим требованиям:

оптимальному размещению в промышленном районе населенного пункта, утвержденного соответствующим документом;

наличию необходимого водо- и энергоснабжения;

наличию мест сбора сточных вод и мест вывоза отходов производства;

наличию или возможности создания строительной базы, транспортных связей и условий оптимального снабжения;

охране окружающей среды, природных ресурсов, обеспечению санитарии и условий проживания и работы в данном районе;

исключению использования колхозных, совхозных и других обрабатываемых земель лесного фонда, мест залегания полезных ископаемых, заповедников, охранных зон курортов, активного карста, охранных зон водоснабжения, охранных зон памятников культуры и истории, в зеленых зонах населенных пунктов, в зонах, геологическое строение, а также нынешнее или перспективное состояние которых могут угрожать строительству или эксплуатации предприятия;

наличию и удобному расположению площадки для жилищного, бытового и культурного строительства.

Проектирование и строительство зданий цехов может вестись на основе модулей, то есть типовых строительных конструкций и сооружений. Для выбора здания цеха или выдачи задания на проектирование определяют: сетку колонн; нагрузки под краны; нагрузки на перекрытия; этажность; наличие подвала и его назначение; размеры здания; ширину и высоту пролетов; внешние въезды и выходы; особые требования к зданию; необходимость в дополнительных или специальных сооружениях.

Выбор здания зависит от многочисленных факторов, в их числе: объем производства; серийность производства; способ изготовления отливок; конкретные условия местности (климат, сейсмичность и т.д.); перспектива развития цеха; условия сброса вод, выброс и забор воздуха для вентиляционных систем.

Здания литейных цехов должны обязательно иметь естественное освещение и вентиляцию, что обеспечивается наличием окон и фонарей.

Сетка колонн определяется в результате установленного шага колонн ширины и количества пролетов.

Шаг колонн определяется размерами здания, нагрузкой на колонны и при строительном проектировании может быть уточнен. Количество и ширина пролетов – это результат определения размещения отделений участков и конкретного оборудования в цехе.

В результате выбора грузопотока и кранов определяют нагрузки на колонны, несущие подкрановые пути. Это необходимо для уточнения при строительном проектировании шага колонны и выбора их конструкции.

Масса выбранного оборудования и определения мест его монтажа в цехе позволяют установить нагрузки на перекрытия.

Внешние въезды и входы определяют связь цеха с транспортными системами завода, в том числе железнодорожными путями и автомобильным сообщением, а также обеспечивают удобство для входа и выхода работающих с учетом аварийных ситуаций и требования гражданской обороны.

Современные литейные цехи, в первую очередь, массового и крупносерийного производства, требуют дополнительных сооружений. К ним относят специальные сооружения вентиляционных и очистных систем. В их числе сооружения для очистки отходящих газов, сточных вод и т.д.

Отдельно могут быть построены склады металлической шихты, огнеупоров, формовочных материалов, флюсов, кокса, обогатительные фабрики (корпуса), склады годных отливок и другие сооружения.

Административно-бытовой корпус с гардеробами, душевыми, столовой, помещения администрации и общественных организаций, библиотеки, красного уголка, медпункта целесообразно размещать отдельно от производственного корпуса, в его непосредственной близости. Связь между бытовыми и производственными корпусами осуществляется отопляемыми переходами и тоннелями.

Строительство подвалов вместо этажа, как правило, нецелесообразно

из-за большей стоимости и худших условий труда. Однако отдельные подвальные или заглубленные сооружения, в том числе в виде тоннелей, каналов необходимы, особенно в одноэтажных зданиях, для обслуживания оборудования, обеспечения грузопотоков и удаления мусора и грязи.

Здание литейных цехов проектируется, как правило, одно- или двухэтажным. Одноэтажными строятся цехи литья в металлические формы, двухэтажными – цехи литья в песчаные формы, причем на втором этаже размещаются основные отделения и участки цеха. При этом склады шихты и формовочных материалов, смесеприготовительные отделения и в большинстве случаев плавильные проектируются одноэтажными общей или большей высоты по сравнению с высотой других отделений цеха.

Здания, обычно, имеют вид прямоугольника с соотношением сторон более 2:1. Высота первого этажа в двухэтажном здании обычно равна 8,4 м. Высота этажей кратна 0,6 м, а всего здания может быть кратной 1,2 м, ширина и шаг пролета кратны 6 или 3 м.

Этажи должны быть связаны лифтом и лестницами. Размещение связей между этажами проектируется таким образом, чтобы они располагались на небольшом расстоянии и находились в местах наиболее удобных и необходимых. Оборудование должно быть размещено удобно с точки зрения эксплуатации связи с другими технологическими процессами. Расстояние между единицами оборудования, а также между оборудованием, стенами и колоннами определяется нормами проектирования.

Внутри производственных помещений необходимо в соответствии с нормами проектирования разместить туалеты, источники питьевой воды, комнаты снятия напряжений, гигиены и т.п.

Предпочтительная компоновка цеха в зданиях прямоугольной формы с отношением сторон от 1:1 до 1:3. Сталелитейные цехи могут располагаться в зданиях Г- и Т-образной формы. Используются также так называемые П-образные здания.

В современной практике чаще всего применяют компоновочное решение литейного цеха в виде вытянутого прямоугольника со значительным отношением длины цеха к его ширине (не менее 1,5-2,0 раза).

На рис. 2 приведены наиболее типичные схемы чугунно- и сталелитейных цехов. Обобщенная их характеристика сведена в табл. 55.

Особое место занимает при проектировании и строительстве литейных цехов устройство фундаментов под оборудование. Тяжелое технологическое оборудование – плавильные, термические и другие печи, формовочные машины, выбивные установки, галтовочные барабаны, дробеметные установки, прессы необходимо располагать на специальных фундаментах, причем они могут проходить через перекрытия и выходить за уровень второго этажа.

Унифицированные высоты пролетов для зданий цехов с мостовыми кранами принимают следующие, м: 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18; 19,6; для бескрановых – 6; 7,2; 8,4; 9,6.

Ширина пролета для зданий без мостовых кранов может быть 12, 18 и 24 м; для зданий, оборудованных кранами – 18, 24, 30 и 36 м.

В одноэтажных производственных зданиях рекомендуется крупная сетка колонн 18×12, 24×12 и более. Строительные параметры второго этажа двухэтажных зданий идентичны параметрам одноэтажных зданий (ширине и высоте пролетов, шагу колонн). На первом этаже применяют более частую сетку колонн: 6×9 м при пролете 18 м, 6×12 или 6×6 м в зависимости от нагрузок на перекрытие и конструкции при пролете 24 м.

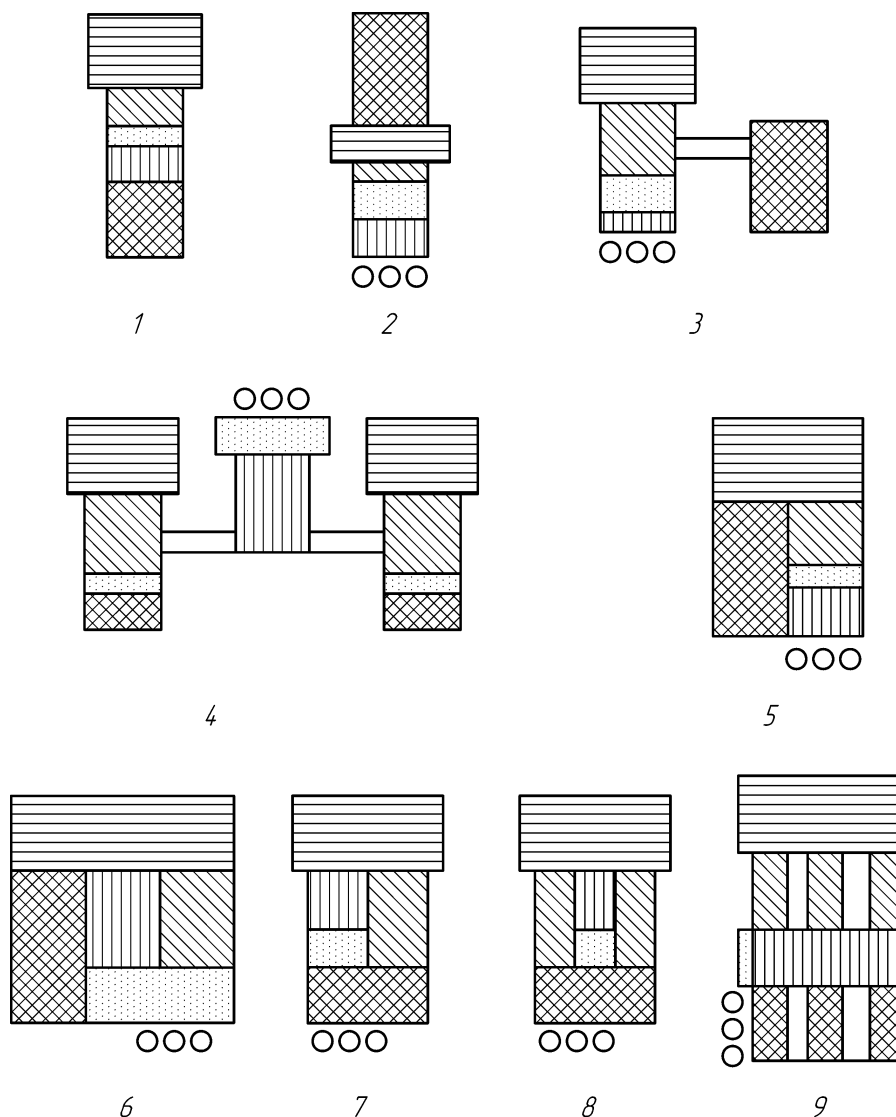








Рис. 2. Компановочные схемы литейных цехов

-  – плавильное отделение и склад шихты;
-  – смесеприготовительное отделение;
-  – отделение термообработки и обрубки;
-  – формовочно-заливочно-выбивное отделение;
-  – стержневое отделение;
-  – силосные емкости свежего песка

Компоновочные решения литейных цехов

Номер компоновок (рис. 2)	Характеристика	Область применения
1	Цех располагается в одном здании шириной до 96 м	Стале- и чугунолитейные цехи любого назначения
2	Отделение термообработки и обрубки располагается за складом шихты	То же
3	Расположение отделения термообработки и обрубки в отдельном здании	Цехи с большим объемом производства или с большим объемом термических и обрубных работ (сталелитейные, ковкого чугуна)
4	Расположение стержневого отделения в отдельном здании	Обслуживание стержневым отделением двух цехов с однотипной программой (например, цехов мелкого, серого и ковкого чугунолития)
5	Расположение всех отделений под одной крышей	Цехи массового производства большой мощности
6	Расположение всех отделений под одной крышей при минимальной длине и большой ширине цеха	Цехи малой и средней мощности, компоновка наиболее удобна для цехов мелкосерийного и единичного производства
7	Малая ширина здания	Цехи малой мощности, чаще с мелкосерийным производством
8	Расположение стержневого отделения между двумя формовочными	Цехи мелкосерийного производства и крупных отливок
9	Аналогична предыдущей. Расположение смесеприготовительного отделения в специальной пристройке	Цехи с широкой номенклатурой средних и крупных отливок, в основном мелкосерийного производства

Строительные решения литейного цеха должны обеспечить охрану и надлежащие условия труда работающих (вентиляция, отопление, водоснабжение, канализация).

6.1. Проектные работы при реконструкции и техническом перевооружении литейных цехов

К реконструкции действующего предприятия относится осуществляемое по единому проекту полное или частичное переоборудование и переустройство производства, как правило, без расширения имеющихся зданий и сооружений основного производственного назначения, но со строительством

при необходимости новых и расширением действующих объектов вспомогательного и обслуживающего назначения, с заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования, механизацией и автоматизацией производства, устранением диспропорций в технологических звеньях и вспомогательных службах, обеспечивающих увеличение объема производства, в основном без увеличения численности работающих при одновременном улучшении их труда и охраны окружающей среды, на базе новой совершенной технологии, расширение ассортимента или повышение качества продукции, а также улучшение других технико-экономических показателей с меньшими затратами и в более короткие сроки, чем при строительстве новых или расширении действующих предприятий. Реконструкция действующего предприятия может осуществляться также с целью изменения профиля предприятия и организации производства новой продукции на существующих производственных площадях.

К реконструкции действующего предприятия относится также строительство новых цехов и объектов той же мощности (производительности, вместимости) или мощностью, соответствующей объему выпуска конечной продукции предприятия, взамен ликвидируемых цехов и объектов того же назначения, дальнейшая эксплуатация которых по техническим и экономическим условиям признана нецелесообразной.

Техническое перевооружение выполняется на основе свободного плана технического перевооружения предприятия. К нему относится комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных цехов, участков, агрегатов на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным, а также по совершенствованию объектов подсобного и обслуживающего назначения, в том числе природоохранных объектов, отопительных и вентиляционных систем.

Техническое перевооружение осуществляется, как правило, без расширения производственных площадей по проектам и сметам на отдельные объекты и виды работ.

В план технического перевооружения могут включаться также работы по частичной перестройке и расширению существующих производственных площадей предприятия, обусловленных габаритами вновь размещаемого оборудования и расширению существующих или строительству новых объектов вспомогательного назначения (различные склады, компрессорная, котельная, кислородная и другие подобные объекты), если это вызвано мероприятиями технического перевооружения основного производства.

При проведении реконструкции литейных цехов помимо замены устаревшего и изношенного технологического и транспортного оборудования разрешается пристройка к цеху вспомогательных и складских помещений, например: складов шихты и формовочных материалов; отделений регенера-

ции; складов оснастки, опок и моделей; ремонтных отделений; лабораторий; помещений для вентустановок и электрооборудования и другие.

В отличие от условий реконструкции аналогичное расширение производственных и вспомогательных площадей, вызываемое мероприятиями техперевооружения основного производства, ограничено так, чтобы объем строительно-монтажных работ, как правило, не должен превышать 10 %. Возможна перепланировка и переустройство существующего помещения с подъемом кровли. Целесообразно объединять техперевооружение с капитальным ремонтом здания.

При проведении проектных работ необходимо максимально использовать типовые решения, комплексность особенно в вопросах автоматизации, исключать ручной и маломеханизированный труд. В проектах следует широко внедрять малоотходные технологические процессы с минимальным выделением вредных выбросов.

Проекты реконструкции и технического перевооружения литейных цехов выполняются в две стадии: техническое предложение на весь объем работ и рабочий проект на каждый год работ.

В ходе проектных работ необходимо определить площади и оборудование цеха, которое подлежит реконструкции и замене, провести выбор новых технологических процессов оборудования: провести технико-экономические расчеты. Результатом проектирования является рабочий проект, обеспечивающий проведение всего комплекса работ, включая строительно-монтажные. Рабочие чертежи при реконструкции и техническом перевооружении выполняются в объеме и на уровне требований к чертежам проекта нового цеха. Главной отличительной особенностью проектных работ в данном случае является использование имеющихся зданий, сооружений, оборудования, систем снабжения, сложившейся структуры внешних связей и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное учебное пособие является составной частью учебно-методического комплекса дисциплины «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов», входящей в базовую часть профессионального цикла основной образовательной программы подготовки магистров по направлению 150100 «Металлургия». Его основная задача состоит в освоении студентами новых компетенций по вопросам организации проектирования. Студенты изучают существующую систему проектирования, содержание предпроектных и проектных работ, объемно-планировочные и конструктивные решения литейных цехов и заводов, основные материалы, оборудование и конструкции.

При рассмотрении вопросов проектирования литейных цехов применяется методологический подход рассмотрения различных конструкторско-технологических решений в их целостном взаимодействии, что способствует систематизации знаний.

В первой и второй главах рассматриваются принципы организации, основные положения и организационные вопросы курсового проектирования по курсу «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов».

В главах три, четыре, пять и шесть детально рассмотрено проектирование основных и вспомогательных отделений, цехов специальных видов литья, АСУП литейных цехов и строительные решения литейных цехов.

При изложении вопросов проектирования новых и реконструкции действующих цехов приведены планировки, конструкции, составы смесей и методы расчетов оборудования для отливок из черных и цветных сплавов.

В пособии отражены вопросы организации курсового проектирования, систематизированы и представлены проектно-технологические решения, приведены основные параметры типового технологического оборудования, рассмотрены вопросы экономики и организации производства, охраны труда и экологии. Показаны особенности цехов и участков специальных способов литья.

Сведения по проектированию новых и реконструкции действующих литейных цехов даны в том объеме, в котором они могут быть необходимы при выполнении практических работ и курсового проектирования, выполняемых студентами по курсу «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов [Текст]/ А.Ф. Миляев // Учебное пособие. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.
2. Кулаков, Б.А., Знаменский Л.Г., Ивочкина О.В. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие.- Челябинск: ЮУрГУ, 2001.
3. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001- 144 с.
4. Непомнящий, В.Н. Проектирование литейных цехов [Текст]/ В.Н. Непомнящий, Т.Н. Тюнева // Метод. указания к практик. занятиям для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов». – Красноярск: – 2002. – 40 с.
5. Иванов, А.А. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов [Текст]/ А.А. Иванов, Т.Н. Тюнева // Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 150104 «Литейное производство черных и цветных металлов». – ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. Металлов и золота». - Красноярск: – 2006. – 32 с.
6. Кнорре Б.В. Основы проектирования литейных цехов и заводов.- М.: Машиностроение, 1979.
7. Логинов, И.З. Проектирование литейных цехов [Текст]/ И.З. Логинов// Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Минск: Издательство «Вышэйшая школа». – 1975. – 320 с.
8. Филь Е.В. Организация литейных цехов: Издание второе.- М.: Машиностроение, 1964. . – 256 с.
9. Загруднюк А.А., Никифоров А.П., Кондрашов В.А. Конструкции и работа машин литейного производства: Учебное пособие /Под ред. В.М.Александрова. – Челябинск: ЧГТУ, 1991.
10. Сафронов, В.Я. Справочник по литейному оборудованию [Текст]/ В.Я. Сафронов. – М.: Машиностроение. – 1985. – 320 с.
11. Аникеев, В.В. Печи литейного производства [Текст]/ В.В. Аникеев// Учебное пособие. – Самара: Гос. тех. ун-т. – 2006. – 129 с.
12. Степанов Ю.А. и др. Технология литейного производства: Специальные виды литья. Учебник для вузов по специальности «Машины и технология литейного производства» / 4. Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин: Под ред. Ю.А. Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
13. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства [Текст]/ Б.С. Чуркин, Э.Б. Гофман, С.Г. Мейзель, и др. // Учебник под ред. Б.С. Чуркина. – Екатеринбург: Издательство Урал. гос. проф. – пед. наука. – 2000. – 662 с.
14. Жуковский, С.С. Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси [Текст]/ С.С. Жуковский, А.Н. Болдин, и др. // Учебное

- пособие для вузов. – Брянск: Изд – во БГТУ. – 2002. – 470 с.
15. Непрерывное литье алюминиевых сплавов: справочник / В.И. Напалков, Г.В. Черепок, С.В. Махов, Ю.М. Черновол. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 512 с.
 16. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов. ОНТП 07-83. – М.: Минавтопром, 1982.
 17. Общесоюзные нормы технологического проектирования чугунолитейных и сталелитейных цехов машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1976. – 232 с.
 18. СТО 4.2-07-2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности [Текст] / разработ. Т.В. Сильченко, Л.В. Белошапко, В.К. Младенцева, М.И. Губанова. – Введ. впервые 09.12.2008. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 47 с.