

Кипиис Л.С., Исагулов А.З., Исви Д.К. Проектирование литейных цехов: Учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2003. 83 с.

В пособии представлены методика и правила разработки проектов цехов литейного производства. Показаны общие принципы и критерии выбора типов и расчета количества технологического, вспомогательного и транспортного оборудования цехов, отделений, участков в зависимости от масштаба производства и параметров выпускаемого литья, нормативные требования и типовые схемы их расположения в здании цеха.

Отражены современные достижения и основные направления развития литейной технологии и оборудования в массовом и серийном производстве литых изделий из черных и цветных сплавов, области их рационального применения.

Сформулированы основные положения синтеза объемно-планировочного решения и определения параметров здания цеха, даны рекомендации для разработки рациональных компоновочных схем цехов различного назначения.

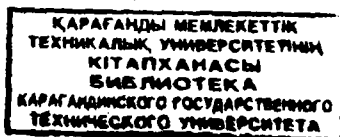
Показаны особенности разработки проектов цехов специальных способов литья, роботизированных цехов, а также проектов реконструкции действующих производств.

Пособие предназначено для студентов специальности 250340 «Машины и технология литейного производства» при изучении курса «Проектирование литейных цехов» и при выполнении проектного раздела выпускных работ.

Рецензенты: **В.А.Ким**, д-р техн. наук, профессор, зам. директора ХМИ;
А.Б. Найзабеков, д-р техн. наук, профессор, ректор КарМетИ;
А.А.Смолякин, член редакционно-издательского совета КарГТУ,
профессор кафедры МЛП и КМ.

Утверждено редакционно-издательским советом КарГТУ

ISBN 9965-698-14-7



© Карагандинский государственный технический университет, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение выпускной работы представляет собой заключительный этап обучения студентов в вузе и имеет целью расширение и систематизацию знаний по специальности, развитие навыков самостоятельной творческой работы при решении конкретных технических, научных и экономических задач, проведении исследований, использовании методов математического моделирования и применении ЭВМ в инженерных расчётах. Дипломный проект - выпускная работа, в которой должны найти отражение наиболее перспективные разработки и тенденции развития в области технологии, оборудования и организации производства. На основании рассмотрения и защиты выпускной работы Государственная квалификационная комиссия решает вопрос о присвоении студенту квалификации инженера.

По характеру решаемых задач выпускные работы студентов специальности «Машины и технология литейного производства» могут быть технологического, конструкторского или исследовательского направления.

Основной и наиболее трудоемкой задачей в подавляющем большинстве тем выпускных работ технологического направления является разработка проекта нового производства (литейного цеха, одного или нескольких его отделений) либо проектирование реконструкции (технического перевооружения) какого-либо действующего производства; помимо этого, предполагается подробная разработка технологического процесса изготовления какой-либо отливки с учетом принятого в проекте оборудования.

Студентам с их согласия может быть поручено выполнение реальных проектов по заданию промышленных предприятий, проектных организаций или кафедры, например, подготовка материалов и разработка проекта реконструкции или технического перевооружения отдельных участков действующего литейного цеха либо модернизации машины, агрегата, механизации и автоматизации каких-либо видов работ, рационализации рабочих мест и т. п.

Как известно [1, 2], проектирование производственных объектов предприятий и их структурных подразделений – специфическая область инженерного творчества, требующая объединения и координации усилий специалистов разного профиля, в том числе технологов, конструкторов, строителей, экологов, экономистов и др.

Однако ведущая и решающая роль в определении контуров будущего или преобразуемого предприятия – способа производства, его основных параметров, организации во времени и в пространстве, выборе типажа и расположении оборудования, рациональном размещении материальных потоков – принадлежит проектировщикам-технологам, в роли которых выступает в процессе выполнения выпускной работы студент-дипломник.

В создаваемом проекте нового либо реконструируемого литейного цеха и его подразделений должны найти отражение современные достижения и тенденции развития в области технологии изготовления литых изделий, применения перспективных материалов, оборудования, организации производства, его механизации и автоматизации, методов и средств контроля, энергосбережения, охраны труда и окружающей среды.

Учебное пособие имеет целью оказание помощи студенту-дипломнику в решении этих непростых вопросов. В пособии на основе производственного и педагогического опыта авторов предложены рациональный единый алгоритм и методика расчетов основного технологического оборудования и рекомендации по его выбору и расположению при проектировании цехов различного типа. Рекомендации базируются на анализе и систематизации сведений о современных работах в области технологии и оборудования для производства литья, публикуемых в специальных периодических изданиях, рекламных проспектах и каталогах. Все рисунки, схемы и формы расчетных таблиц расположены в конце пособия в приложении.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Анализ проектного задания и исходных данных для проектирования

Разработка проекта цеха, как правило, начинается с анализа задания и исходных данных для проектирования, включающих в себя производственную программу, вид сплава, группу сложности и параметры изготавливаемых отливок, их назначение и уровень требований к качеству, характер и особенности предприятия, в составе которого должен функционировать цех, серийность производства. Также должны быть учтены месторасположение проектируемого цеха (область, район, город), климатические и геологические условия сооружения (уровень грунтовых вод, сейсмичность и другие условия).

Исходными данными при выполнении дипломного проекта служат материалы, собранные студентом на преддипломной практике, которая поэтому рассматривается как первый этап работы студента над дипломным проектом. Во время практики студент должен собрать все необходимые для проектирования материалы с учетом темы дипломного проекта. Цех, в котором проводится преддипломная практика, является базовым при выполнении дипломного проекта: по нему определяются исходные данные для проектирования, с ним сравниваются принятые в проекте решения и технико-экономические показатели спроектированного цеха.

При выполнении реального проекта исходные данные для него формируются по согласованию с заказчиком и руководителем работы.

Прежде всего, по существующей классификации [1] устанавливается характер проектируемого или реконструируемого цеха: по виду сплава, мощности, специализации, номенклатуре, назначению, сложности и геометрии отливок, серийности производства. Затем определяются особенности задания, связанные с географическим расположением и характером предприятия, в составе которого находится проектируемый цех: климатические условия, энергоресурсы, поставщики основных и вспомогательных материалов и изделий, особенно-

сти удаления отходов производства, потребители продукции, наличие других литейных цехов.

На основании детального анализа исходных данных, в том числе особенностей предприятия, в которое входит проектируемый цех, устанавливаются основные параметры проектирования:

- а) производится выбор и оценка основных технологических решений с учетом современных тенденций развития производства в стране и в мире;
- б) выбирается рациональный уровень механизации и автоматизации производства, робототехники;
- в) определяется структура цеха, состав основных и вспомогательных отделений;
- г) устанавливаются режим и график работы цеха в целом и его отделений.

Для цехов массового и крупносерийного производства наиболее предпочтительным является двухсменный параллельный режим работы. В отдельных случаях по технологическим требованиям для некоторых видов оборудования необходимо использование трехсменного режима. Для цехов мелкосерийного и единичного производства среднего и крупного литья целесообразно применение ступенчатого или комбинированного, параллельно-ступенчатого режима, а для малых цехов и экспериментальных производств, при низкой загрузке их оборудования – работа в одну смену [1].

По выбранному режиму работы цеха и отделений в соответствии с нормами технологического проектирования определяются действительные (расчетные) фонды времени работы его оборудования (табл. 5 [1]), исходя из которых выбирается тип и рассчитывается необходимое количество его единиц (см. п. 1.4)

1.2. Производственная программа цеха

Одним из наиболее трудоёмких и ответственных этапов проектирования являются расчёты производственных мощностей (программ) цеха и его отделений.

ний, выбор типажа и расчёты числа единиц технологического, транспортного и вспомогательного оборудования.

Производственная программа литейного цеха при его проектировании может быть задана либо в числе комплектов отливок, потребных для обеспечения выпуска предприятием в течение года заданного количества машин или поставки сторонним потребителям, либо в тоннах годового выпуска годных отливок определённой номенклатуры. Во втором случае программа, заданная по массе, должна быть приведена к количеству отливок каждого наименования, выпускаемых в течение года. Разбивка годовой программы цеха на основную продукцию, запасные части, поставки по кооперации может производиться по аналогии с базовыми предприятиями отрасли либо по условиям задания на проектирование.

На основании программы выполняются расчёты производственных мощностей отделений цеха, которые включают в себя выбор и расчёт числа единиц технологического, вспомогательного и транспортного оборудования, обеспечивающих выпуск заданного количества продукции.

В зависимости от серийности производства и полноты задания программы цеха (номенклатуры выпускаемых отливок) выбирается методика расчёта производственных мощностей: по точной, приведённой или условной программе.

Точная программа, как правило, применяется при проектировании цехов массового и крупносерийного производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой отливок. В дипломных проектах расчёты производственных мощностей цеха следует проводить по точной программе, если номенклатура выпускаемых цехом отливок не превышает 25 наименований [1]. Примерная форма точной программы представлена в таблице 1.

При большем числе наименований отливок или неполноте данных об их номенклатуре расчёты рекомендуется вести по приведённой программе при включении в нее не менее 15-20 наименований отливок. Основой для составления приведённой программы является полная спецификация отливок, выпус-

каемых базовым цехом, либо известная часть номенклатуры проектируемого цеха.

Приведенная программа может формироваться одним из следующих способов: а) по изделиям-представителям, б) по отливкам-представителям.

В первом случае программу формируют по расчетному числу комплектов отливок для выпуска изделия-представителя, в качестве которого выбирается машина, на литые детали которой имеется вся необходимая исходная информация.

Число комплектов отливок рассчитывают, как

$$N_{\text{комп}} = \frac{Q_{\text{прогр}}}{G_{\text{комп}}} = \frac{Q_{\text{прогр}}}{\sum g_i \times n_{i\text{отл}}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{прогр}}$ — программа годового выпуска отливок (по массе);

$G_{\text{комп}}$ — масса комплекта отливок на одно изделие (машину);

$N_{\text{комп}}$ — число комплектов отливок, штук;

g_i — масса отливок изделия-представителя;

n_i — число отливок в изделии-представителе.

Приведенное количество $n_{i\text{привед}}$ каждого наименования отливок изделия-представителя определится как

$$n_{i\text{привед}} = N_{\text{комп}} \times n_{i\text{отл}} \quad (2)$$

Примерная форма построения приведенной программы по изделию-представителю показана в таблице 2.

Во втором случае программа формируется путем группировки отливок, сходных по материалу, массе, габаритам и другим технологическим параметрам, и замены их одной отливкой-представителем так, чтобы полученная в результате программа была эквивалентна по расходу материалов и трудоемкости реальной программе. В качестве представителей выбираются отливки с наиболее характерными для каждой из групп параметрами. Пример построения приведенной программы по отливкам-представителям показан в таблице 3.

Приведенное количество штук отливки-представителя данной группы, эквивалентное реальной программе, определяется по формуле

$$n_{\text{проект}} = \Sigma g_i \times n_i / g_{\text{проект}}, \quad (3)$$

где $\Sigma g_i \times n_i$ — суммарная масса группы отливок в реальной программе;

$g_{\text{проект}}$ — масса отливки-представителя данной группы.

Полученные значения количества отливок-представителей в приведенных программах используются в дальнейших расчетах аналогично данным, содержащимся в точной программе.

В случаях, когда данные о номенклатуре предполагаемых к выпуску отливок или документация по ним отсутствуют, что характерно для проектирования цехов единичного производства либо опытных производственных участков, расчеты выполняются по условной программе, которая содержит только данные о материале, массе и, ориентировочно, сложности отливок. Условная программа может быть составлена по аналогии с программой действующего производства, выпускающего сходную с проектируемым цехом продукцию, либо на основании анализа конструкции предполагаемых к выпуску изделий.

Такая программа задается в виде разбивки предполагаемого к выпуску объема отливок на группы по массе, маркам сплавов и сложности (таблица 4). Следует отметить, что точность таких расчетов сравнительно невысока, поэтому их использование рекомендуется только для указанных выше случаев [1].

1.3. Алгоритм и методика расчета производственных мощностей (программ) отделений цеха

Первым шагом при проектировании отделений цеха является расчет их производственных мощностей, то есть того количества их продукции (жидкого металла, форм, стержней, смесей и т. д.), которое требуется для обеспечения выпуска проектируемым цехом заданного программой количества отливок.

Общий алгоритм выполнения таких расчетов представлен на рис. 1. Расчеты программ отделений цеха следует вести в определенной последовательности, в соответствии с технологической цепочкой. Они должны строго увязываться

ваться между собой, поскольку необходимо, чтобы между мощностями отделений не было диспропорций.

Хотя методика проектных расчётов относительно несложна, для их выполнения требуется переработка больших объёмов числовой информации, особенно когда программа проектируемого цеха содержит много наименований отливок.

Расчеты производственных мощностей основных отделений цеха по точной и приведенной программам идентичны. По общепринятой методике они должны оформляться в виде расчетных таблиц, рекомендуемые формы которых приводятся в приложении.

Расчеты по условной программе выполняются с использованием расчетных показателей, полученных по результатам обобщения опыта работы действующих литейных цехов-аналогов проектируемого.

Ниже приводится методика этих расчетов.

Производственные программы отделений рассчитывают по следующим соотношениям [1, 2]:

$$Q_{i \text{ мет}} = \frac{Q_{i \text{ годн}}}{\eta_i}; \quad (4)$$

$$N_{i \text{ форм}} = \frac{Q_{i \text{ годн}}}{m_i}; \quad (5)$$

$$N_{ik \text{ стержн}} = \frac{Q_{i \text{ годн}}}{n_{ik \text{ стержн}}}; \quad (6)$$

$$Q_{i \text{ смеси}} = \frac{Q_{i \text{ годн}}}{\eta_{ik \text{ смеси}}}. \quad (7)$$

Здесь

$Q_{i \text{ годн}}$ — заданный годовой выпуск годных отливок данной группы, тонн (см. таблицу 4);

$Q_{i \text{ мет}}$ — годовая потребность в жидком металле для обеспечения выпуска отливок данной группы, тонн;

η_i — технологический выход годного металла с учетом сплава и типа плавильного агрегата [2];

$N_{i \text{ форм}}$ — количество форм для выполнения годовой программы по группе отливок, штук;

m_i — средняя металлоемкость формы для данной группы отливок [2];

$N_{ik \text{ стержн}}$ — объем годовой потребности в стержнях для данной группы отливок, штук;

$m_{ik \text{ стержн}}$ — нормы расхода стержней на выпуск одной тонны годных отливок, штук/т [1];

$Q_{i \text{ смеси}}$ — годовой расход формовочных и стержневых смесей, м^3 ;

$q_{i \text{ смеси}}$ — нормы расхода формовочных и стержневых смесей на выпуск одной тонны годных отливок, $\text{м}^3/\text{т}$ [1].

Дополнительные указания по выполнению расчетов для конкретных отделений даны в соответствующих разделах пособия.

На основании рассчитанных программ отделений цеха для каждого из них производится выбор типов и расчет числа единиц основного технологического, а также вспомогательного и транспортного оборудования.

Расчёты программ отделений, выбор типа и расчеты числа единиц оборудования должны быть тесно взаимосвязаны, поэтому они не могут выполняться в отрыве друг от друга. Кроме того, в отдельных случаях их необходимо согласовывать с решением вопросов рационального расположения оборудования в цехе.

1.4. Выбор типа и расчет числа единиц основного технологического оборудования

Выбор типа и расчет числа единиц оборудования — достаточно сложный и многовариантный процесс. Поскольку производственная программа может быть выполнена при различных вариантах типов и численности оборудования,

возможно несколько решений. Поиск оптимального варианта значительно увеличивает трудоемкость и длительность расчетов.

Типы (модели) оборудования выбирают из числа выпускаемых серийно или планируемых к выпуску машин по каталогам и рекламным проспектам машиностроительных предприятий и фирм и по другим источникам [4, 5]. Проектировщик может также предусмотреть применение оборудования, которое должно быть разработано по специальному техническому заданию, если по технико-экономическим показателям это предпочтительнее, чем применение существующей серийной модели.

Выбор типоразмеров и числа единиц технологического оборудования в общем случае должен базироваться на следующих основных положениях:

- при больших объемах производства, в особенности массового и крупносерийного, предпочтительнее предусматривать использование возможно более крупных и производительных машин, поскольку при прочих равных условиях они обеспечивают наилучшие экономические показатели — по занимаемой производственной площади, металлоемкости, расходу энергии и заработной плате на единицу выпускаемой продукции;

- из соображений устранения или уменьшения риска полной остановки цеха при выходе из строя некоторых видов основного технологического оборудования, а также из-за вероятности значительных потерь рабочего времени в связи с большой длительностью их планового ремонта, количество такого оборудования должно приниматься не менее двух единиц;

- в цехах и на участках малой мощности ввиду низкой загрузки оборудования может предусматриваться его установка по одной единице;

- для многономенклатурного производства, при котором используются различные технологические процессы и материалы, желателен выбор возможно меньшего числа типов оборудования, однако это должно согласовываться с необходимостью и требуемой частотой его переналадки;

- в отдельных случаях выбор типоразмера и числа единиц оборудования может производиться, исходя из условия обеспечения заданных параметров

технологических процессов и организации производства [1].

Число единиц оборудования, работающего в течение смены равномерно (непрерывного действия или с коротким технологическим циклом), определяют по формуле [1]

$$N = \frac{Q}{qF_o} \times \frac{k_n}{k}, \quad (8)$$

где N – расчётное число единиц оборудования, штук;

Q – объём (выпуск) продукции на годовую программу (в штуках, тоннах, кубических метрах) для рассчитываемого вида оборудования;

q – часовая производительность оборудования (в соответствующих объёму выпуска единицах);

F_o – действительный фонд времени работы оборудования, в часах;

k_n – коэффициент неравномерности работы оборудования;

k – коэффициент загрузки (запаса производительности) оборудования.

Коэффициент неравномерности работы учитывает её неритмичность, обусловленную зависимостью от работы оборудования смежных отделений, а также неравномерность потребления жидкого металла, стержней, формовочных и стержневых смесей при плановой смене номенклатуры изготавливаемых отливок; его принимают равным 1,1-1,2 для массового, 1,2-1,3 для серийного и 1,3-1,4 для единичного производства [1, 2].

Коэффициент загрузки принимают для оборудования плавильных и формовочных отделений в пределах 0,7-0,85, для стержневых и термообрубных отделений 0,85-0,90, для смесеприготовительных отделений 0,6-0,7.

При получении в расчёте по формуле (8) дробного числа его округляют в большую сторону.

В этом случае действительный коэффициент загрузки определяется как частное от деления расчётного $N_{расч}$ количества единиц оборудования на количество принятых $N_{прин}$ (после округления):

$$k_{з действ} = N_{расч} / N_{прин} \quad (9)$$

Если по тем или иным соображениям (см. выше) числом единиц оборудования

задаются заранее, формула (8) преобразуется так, что позволяет определить требуемую (расчетную) величину часовой производительности оборудования при заданном числе его единиц:

$$q = \frac{Q}{N \times F_0} \times \frac{k_n}{k_s} \quad (10)$$

По полученному значению производительности выбирают типоразмер (модель) оборудования.

Действительный коэффициент загрузки в этом случае определяется как

$$k_s \text{ действ} = q_{\text{расч}} / q_{\text{прин}} \quad (11)$$

где $q_{\text{расч}}$ $q_{\text{прин}}$ — расчетная и действительная часовая производительность принятого оборудования.

Если величина $k_s \text{ действ}$ оказывается неудовлетворительной (слишком малой или, напротив, выше верхнего рекомендуемого предела), выбирают, по возможности, другой тип оборудования или перегруппировывают программу. Недостаточно загруженным оборудование получается при проектировании мелких цехов или опытных производств, когда производительность серийно выпускаемых машин намного превышает требуемую. В этих случаях либо идут на установку серийной модели, либо разрабатывают и изготавливают нестандартное оборудование требуемой производительности.

Для оборудования, работающего в периодическом режиме с длительным технологическим циклом (крупные плавильные печи, термические печи, очистные машины периодического действия и т. п.), а также при ступенчатом либо односменном графике работы цеха или его отделений расчетное число $N_{\text{обор}}$ единиц оборудования определяется следующим образом:

$$N = \frac{Q}{q_{\text{цикл}} \cdot n_{\text{цикл}} \cdot D} \times \frac{k_n}{k_s} \quad (12)$$

Здесь Q — объём (выпуск) продукции на годовую программу (в штуках, тоннах, кубических метрах) для рассчитываемого вида оборудования;

$q_{\text{цикл}}$ — количество продукции, выпускаемое данным оборудованием (в соответствующих объёме выпуска единицах) за один технологический цикл;

$n_{\text{цеха}}$ — число полных технологических циклов, выполняемых данным оборудованием за сутки;

D — действительное число суток работы данного оборудования за год.

На основании расчетов количества оборудования определяются необходимые для его размещения площади и производится компоновка отделений в соответствии с общими проектными решениями.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЦЕХА

2.1. Проектирование плавильных отделений

Проектирование плавильного отделения выполняется в следующей последовательности:

- 1) рассчитывается производственная программа отделения;
- 2) выбираются тип и емкость (производительность) плавильных агрегатов и технология плавки;
- 3) составляется баланс металла по выплавляемым маркам сплавов;
- 4) рассчитывается шихта и составляется ведомость расхода шихтовых материалов;
- 5) определяется количество плавильных агрегатов каждого типа;
- 6) разрабатываются технология, оборудование и схема организации работ в отделении: график работы печей, подготовка и загрузка шихты, ремонт футеровки, подготовка ковшей и т. д.;
- 7) рассчитывается потребность в огнеупорах и других вспомогательных материалах;
- 8) определяются параметры и рассчитывается количество единиц грузоподъемного оборудования;
- 9) разрабатывается план расположения основного и вспомогательного оборудования.

2.1.1. Расчет производственной программы отделения

Производственную программу плавильного отделения (необходимое количество жидкого металла на отливки с учетом сливов и брака при выплавке) рассчитывают по таблице 5.

При расчете годового выпуска жидкого металла на программу расход металла на литники и прибыли определяется на основе данных базового цеха, если в проекте не предусмотрено изменение технологии. Если же планируются изменения технологии и оборудования, в результате которых масса литников и прибылей может измениться, это должно быть учтено в расчете. Уровень брака отливок также берется по заводским данным (общий либо по каждой отливке отдельно); с учетом принятия в проекте более совершенной технологии, можно установить его более низким, чем в базовом производстве.

По данным таблицы 5 составляется баланс металла (таблица 6) по маркам сплавов, по нему рассчитывается общее годовое количество шихты (металлозавалка). В расчете баланса металла объемы сливов, угара и безвозвратных потерь принимаются по данным базового цеха или из литературных источников в зависимости от принятых в проекте типов плавильных агрегатов [1, 2].

Годовая потребность в шихтовых материалах для выплавки требуемого количества металла определяется по форме таблицы 7. Для этого предварительно должны быть выполнены расчеты шихты для всех либо для основных марок сплавов. Следует иметь в виду, что при выполнении этих расчетов долю возврата собственного производства в шихте необходимо принимать строго в соответствии с данными, рассчитанными по балансу металла для данной марки сплава (литники + сливы + брак).

Если все сплавы, из которых должны производиться отливки, выплавляются на единой шихте и в однотипных плавильных агрегатах, рассчитывается общий баланс металла; если же для разных сплавов используются разные плавильные агрегаты и составы шихты, баланс металла должен рассчитываться для каждого сплава отдельно.

2.1.2. Выбор типа плавильных печей

Поскольку, как известно, процессы выплавки большинства литейных сплавов имеют много вариантов, при проектировании плавильного отделения выбору оптимальной технологии и типа плавильного агрегата следует уделять особое внимание.

Принятие решения должно быть обосновано путем комплексного анализа параметров оптимизации, в которые входят следующие группы факторов:

- 1) технико-технологические; к ним относятся марка сплава и требования к нему, весовые, размерные и другие технические параметры изготавливаемых отливок, условия проектируемого цеха, в том числе характер производства, обеспечение шихтовыми материалами, источники энергии и др.;
- 2) экономические; в их число входит оценка различных вариантов по стоимости шихты, энергоносителей, капитальным и текущим затратам;
- 3) санитарно-гигиенические и экологические; здесь прежде всего подлежат оценке условия труда, объем вредных выбросов и затрат на их локализацию и утилизацию.

Общую количественную оценку совокупности указанных выше параметров можно приближенно получить по методике, предложенной в работе [12]. Такой анализ особенно необходим при проектировании чугунолитейных цехов, поскольку здесь число вариантов наиболее велико.

Основные технические данные серийно выпускаемых плавильных печей для чугуна, стали и цветных сплавов приведены в литературе [1, 2]. Весьма высокими технико-экономическими характеристиками отличаются тигельные индукционные печи средней частоты нового поколения, выпускаемые фирмой «Релтэю» [13].

Как известно, для плавки чугуна возможно использование как мано-, так и дуплекс-процессов при различных сочетаниях агрегатов: вагранки, дуговые,

индукционные тигельные и канальные печи, горизонтальные вращающиеся и др. [1].

При использовании дуплекс-процесса в цехах массового производства наиболее целесообразно в качестве агрегатов первичной плавки использовать дуговые печи, а для выдержки и перегрева чугуна (миксеров) применять индукционные тигельные или канальные печи. Для обеспечения ритмичной выдачи металла и уменьшения колебаний его химического состава рекомендуется емкость миксеров принимать равной удвоенной часовой производительности агрегатов первичной плавки. При небольших объемах производства и применении автоматических линий формовки весьма рационально использовать для плавки тигельные индукционные печи, а в качестве миксеров с успехом применяются заливочно-дозировочные установки с индукционным подогревом металла [4, 5, 17].

Для сталелитейных цехов среднего и крупного литья применяются, как правило, дуговые печи трехфазного тока (ДСП); стандартный ряд емкостей серийно выпускаемых печей 1,5; 3; 6; 12 тонн. Последние годы для этой цели начинают применяться дуговые печи постоянного тока (ДППТ), обладающие рядом преимуществ по сравнению с традиционными печами [15].

Следует помнить, что в дуговых и индукционных печах при плавке углеродистой стали и чугуна используют, как правило, кислую, а для легированных сплавов — основную футеровку.

При производстве отливок из легированных сталей и чугунов, из сплавов на медной основе, а также алюминиевых наиболее целесообразно использование индукционных тигельных печей малой и средней емкости (0,06-6,0т), отличающихся наибольшей маневренностью и удобством обслуживания. В последние годы для этой цели также начинают применять ДППТ [16].

В цехах массового производства число плавильных печей с непрерывной или порционной выдачей металла (вагранок, тигельных и канальных индукционных) определяется количеством марок сплавов, которые должны одновременно выдаваться на заливку форм, а также условием обеспечения ритмичной

работы формовочных линий. Затем по формуле (10) определяют требуемую часовую производительность печей и по справочным данным выбирают тип печи с наиболее близкими характеристиками. Можно также задаться предварительно типоразмером печей и по формуле (8) найти их требуемое количество.

Поскольку из дуговых печей металл, как правило, должен выдаваться полностью в ковш, его емкость должна равняться емкости печи. Поэтому емкость печи выбирается по максимально допустимой емкости ковша, которая определяется по условию обеспечения заданного температурного режима заливки форм, независимо от того, используется ли ковш непосредственно для заливки или как раздаточный. Это требование формулируется следующим образом: время опорожнения ковша должно быть меньше времени охлаждения металла в нем от максимальной до минимальной температуры, допустимой по технологии заливки форм.

$$\tau_{\text{опорожн}} \leq \tau_{\text{охл}}, \quad (13)$$

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}}{V_{\text{охл}}}, \quad (14)$$

где $\tau_{\text{опорожн}}$, $\tau_{\text{охл}}$ — соответственно время опорожнения ковша и время охлаждения металла в ковше от верхнего $T_{\text{макс}}$ до нижнего $T_{\text{мин}}$ значений температуры, допустимых по технологии заливки, мин;

$V_{\text{охл}}$ — скорость падения температуры металла в ковше, град/мин.

Установленная по технологии скорость заполнения форм (время заливки) и допустимый интервал между максимальной и минимальной температурой металла в ковше в начале и в конце его разливки зависят от металлоемкости форм, особенностей сплава и конструкции отливок.

Исходя из этих условий, наибольшая емкость разливочного ковша (и, следовательно, печи) определится как

$$Q_k \leq \frac{60 \cdot m_{\phi} (T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}})}{1000 \cdot V_{\text{охл}} (k \sqrt[3]{\delta \cdot m_{\phi}} + \tau_{\text{встол}})}, \quad (15)$$

где Q_k — емкость ковша, т;
 m_{ϕ} — металлоемкость форм, кг;

$k\sqrt{\delta \cdot m_{\phi}}$ – среднее время заполнения формы, с;

k - коэффициент (для простых отливок $k=1,2-1,3$, для сложных $k=1,8-2,2$);

δ - преобладающая толщина стенок отливки, мм;

$\tau_{\text{встан}}$ – время на подготовку к заливке очередной формы, с.

По практическим данным, целесообразно из одного ковша заливать 15-30 форм. Тогда при средней металлоемкости форм 100 кг емкость ковша (и, следовательно, печи) должна составлять 1,5-3 т; соответственно при 200 кг 3-6 т; 400 кг и более – 6 или 12 т [1].

Схемы расположения и параметры производственных помещений для индукционных и дуговых печей показаны на рис. 2.

Для цехов крупного литья емкость печей, а также копильников вагранок должна приниматься не менее массы металла на самую крупную отливку в программе.

2.1.3. Выбор вспомогательного, грузоподъемного и транспортного оборудования

К вспомогательному оборудованию плавильных отделений относятся:

- устройства и системы набора, подогрева и загрузки шихты в плавильные агрегаты;
- раздаточные, транспортирующие и заливочные ковши и оборудование для их ремонта, футеровки, сушки и подогрева;
- стенды для набора сводов дуговых печей, набивки футеровки и ремонта индукторов тигельных и канальных индукционных печей, оборудование для приготовления огнеупорных футеровочных масс;
- печи для прокалики извести, обжига руды и ферросплавов, установки для рафинирования и внепечной обработки металла, удаления и гранулирования шлака.

Количество и параметры указанного оборудования принимают по нормам обслуживания [1, 2] и практическим данным.

Подъемно-транспортное оборудование должно быть выбрано таким образом, чтобы обслуживать все технологическое оборудование, размещенное на площадях плавильного отделения. Основными грузоподъемными средствами здесь служат мостовые краны (рис. 2), их параметры выбираются в зависимости от характеристик печей по нормам технологического проектирования [1, 2]. Для передачи шихты и ковшей с металлом в соседние пролеты применяют рельсовые грузовые тележки с электроприводом. В цехах цветного литья для доставки жидкого металла к раздаточным печам используют безрельсовый напольный транспорт, оснащенный механизмами поворота ковша [8].

2.2. Проектирование отделений формовки – заливки – выбивки

При проектировании формовочного отделения необходимо решить следующие вопросы:

- 1) распределить номенклатуру выпускаемых отливок на группы в зависимости от сплава, массы, габаритов, конфигурации и других характерных признаков;
- 2) для каждой из групп выбрать вид форм: песчано-глинистые, химически твердеющие (ХТС), жидкие самотвердеющие (ЖСС) и др.; способ их изготовления – безопочные, в опоках, в стержнях и т. д.; определить оптимальные размеры форм, количество отливок в форме, среднюю металлоемкость форм;
- 3) рассчитать годовое количество форм для каждой группы, выбрать тип формовочного оборудования (машины, поточные или автоматические линии); рассчитать необходимое количество единиц оборудования;

- 4) выполнить технологические расчеты литейных конвейеров формовочных линий; определить схему организации и выбрать оборудование для заливки форм;
- 5) разработать план расположения оборудования.

2.2.1. Расчет программы отделения

Требуемое для выполнения программы количество форм рассчитывается по форме, представленной в таблице 8.

Перед началом расчетов программы отделения номенклатура отливок распределяется на группы по технологическим потокам или участкам, исходя из габаритов, массы, толщины стенок, сложности конфигурации, класса точности и серийности отливок; целесообразно, по возможности, в пределах группы одного иметь отливки с минимально возможным диапазоном расхождений по массе, габаритам и толщине стенок, что обеспечит равные условия заливки форм, затвердевания и охлаждения отливок в форм.

На основании анализа указанных параметров для каждой из групп устанавливается экономически целесообразный способ и оборудование для изготовления форм, определяются размеры форм и их количество на годовую программу (ориентировочно). Следует иметь в виду, что, как указывалось в п. 1.2.3, распределение номенклатуры изготавливаемых форм на или участки по типам используемого формовочного оборудования часто не оказывается успешным с первой попытки. При получении неудовлетворительного распределения отливок между потоками и участками формовочного отделения и большой неравномерности загрузки оборудования следует произвести перераспределение отливок в пределах возможного или выбрать другое подходящее оборудование и повторить расчеты до достижения оптимального решения.

Данные базового цеха по технологии формовки (количество отливок в форме, габариты форм и др.) должны быть скорректированы и приведены в соответствие с параметрами оборудования, принятого в проекте.

Потери на брак форм принимаются по литературным источникам в зависимости от сложности конфигурации, способа уплотнения форм и протяжки моделей, обычно в пределах 2-5%.

2.2.2. Выбор типа формовочного оборудования

При выборе типа формовочного оборудования необходимо принимать во внимание следующие соображения:

- 1) для массового производства мелких отливок наиболее целесообразно использовать линии безопочной формовки: горизонтально-стопочные фирмы Disamatic моделей 2013, 2120, 2070 [21] и их аналоги, вертикально-стопочные модели 7257 БелНИИЛит [25], с парной сборкой [24]; эти линии особенно эффективны для получения форм с небольшим количеством или полным отсутствием стержней;
- 2) формы для средних отливок (до 500 кг) целесообразно получать в сырых формах на поточных и автоматических линиях формовки в опоках размерами от 1000×800 до 2000×1600 мм [26, 27] с формовочными автоматами импульсного или пескодувно-прессового уплотнения;
- 3) для получения отливок массой более 500 кг и форм более крупных размеров, как правило, применяют облицовки из самотвердеющих или подсушиваемых смесей и поточные линии на основе мостовых и рукавных пескометов [22].

Для серийного производства, особенно средних и крупных отливок, наилучшие результаты обеспечивает применение гибких программируемых линий, оснащенных многопозиционными формовочными автоматами с быстросменной или плавающей оснасткой [5, 6, 22].

Как показывает производственный опыт, применение формовочного оборудования на основе сырых песчано-глинистых смесей эффективно для произ-

водства отливок преимущественно простой конфигурации, при относительно небольшом объеме стержней в формах.

Для получения отливок сложной конфигурации, в особенности с большим объемом применяемых стержней, весьма перспективны в настоящее время автоматические линии литья в сухие безопочные формы с горизонтальным и вертикальным разъемом из смесей с синтетическими связующими холодного отверждения (процесс «по bake») в сочетании с комплексами регенерации песка [29, 30]. Их применение позволяет получать отливки с высокой размерной точностью и чистотой поверхностью и отказаться от расходов на опоки и системы подготовки оборотной смеси.

Оптимальные размеры форм для каждой группы отливок и их металлоемкость (количество отливок в форме) выбирают с учетом технической эффективности процесса и параметров принимаемого формовочного оборудования. Для поддержания стабильных свойств формовочной смеси соотношение масс металл/смесь должно составлять для сырых форм около 1/4, а для сухих – 1/2.

Если в проекте предусматривается применение формовочной линии оригинальной конструкции, необходимо выполнить расчет ее основных параметров: скорости движения конвейера (или средней скорости перемещения форм), длин участков простановки стержней, заливки форм, охлаждения отливок в формах. Для автоматических линий, серийно выпускающихся машиностроительными фирмами, необходимо выполнять проверочный расчет этих параметров и в случае необходимости осуществлять корректировку.

Скорость движения конвейера V_k или средняя скорость продвижения форм на линиях с пульсирующим движением определяется по соотношению

$$V_k = q_\phi \times l_k / 60 \times \eta, \quad (13)$$

где q_ϕ – производительность линии, форм/ч;

l_k – шаг конвейера, м;

η – коэффициент заполнения конвейера.

Длины участков простановки стержней, заливки и охлаждения находятся следующим образом:

$$L_{ст} = V_k \times \tau_{ст}; \quad L_{зал} = V_k \times \tau_{зал}; \quad L_{охл} = V_k \times \tau_{охл}.$$

Длина участка охлаждения должна рассчитываться по времени охлаждения наиболее крупной и толстостенной отливки. С целью сокращения длины участков охлаждения и уменьшения необходимого количества опок в современных линиях применяются следующие конструктивные решения: ранняя выбивка форм выдавливанием кома смеси с отливками без его разрушения с последующим охлаждением на специальных многорядных конвейерах [6, 27] или в управляемых охладительных камерах, либо раздельная выбивка верхних и нижних полуформ [24].

Следует обратить внимание на организацию простановки стержней в формы, особенно при большом их числе либо повышенных требованиях к точности установки. Наиболее рационально выполнение этой операции специальными манипуляторами – стержнеукладчиками, устанавливающими в как отдельные стержни, так и комплекты стержней. Для этого стержни должны транспортироваться к участкам простановки в специальной таре (поддонах, кассетах и т.п.), из которой они переставляются в соответствующие гнезда форм [46], либо предварительно в стержневом отделении собираться в стержневые пакеты, где они надежно фиксируются относительно друг друга [33]. В последнем случае пакеты проставляются в формы по специальным высокоточным кондукторам.

Для сокращения потерь рабочего времени на замену оснастки следует предусматривать для этой цели специальные механизмы или автоматические устройства и обратить внимание на рациональное расположение оперативного склада модельных плит.

2.2.3. Организация заливки форм

Организация заливки форм предполагает решение следующих технических задач: выбора заливочных устройств, выбора способа скрепления полу-

форм перед заливкой, организации транспортировки жидкого металла от плавильных агрегатов или раздаточных ковшей к заливочным устройствам.

В сталелитейных цехах массового производства для заливки форм рекомендуется предусматривать применение автоматических или дистанционно управляемых ковшовых заливочных устройств (стационарных и передвижных). Для цехов чугунного и цветного литья целесообразно применение заливочно-дозировующих установок с подогревом металла и выдачей дозы давлением газа или магнитодинамическими насосами, в которых обеспечиваются стабильные условия заполнения форм, сокращение брака, существенная экономия металла за счет сокращения сливов. Технические характеристики ковшовых устройств, пневматических и магнитодинамических заливочных установок приведены в [5, 6, 17].

С целью создания благоприятных условий для автоматизации заливки форм необходимо обеспечить в групповых потоках минимальный разброс металлоемкости форм отливок одной группы.

Для транспортировки жидкого металла к заливочным устройствам в цехах массового производства наиболее эффективно применять монорельсовые самоходные тележки с ковшами емкостью 1,5-2 т.

В цехах серийного производства среднего и крупного литья для заливки форм следует применять специальные крановые заливочные тележки с механизмами точного позиционирования ковша относительно заливаемых форм. Независимо от способа и оборудования для заливки следует предусматривать накопитель форм под заливку, вместительность которого определяется числом форм, заливаемых из одного ковша. Целесообразно также применять в линии устройства для удаления бракованных полуформ [28].

Скрепление форм под заливку на автоматических линиях может быть осуществлено наложением грузов, прижимными плитами или постоянными управляемыми скобами на опоках [1, 5]. Для наложения, снятия и перемещения грузов применяются автоматические тележки-перекладчики. Следует опреде-

лить, исходя из необходимого времени нахождения груза на форме, требуемое их количество на линии и траекторию перемещения.

Размеры пролетов для размещения формовочного оборудования и характеристики грузоподъемных средств (рис. 3) определяются по общепринятой методике в соответствии с нормами технологического проектирования [1, 2].

2.3. Проектирование стержневых отделений

Для стержневых отделений следует предусматривать применение прогрессивных технологических процессов с учетом характера, условий производства и особенностей отливок [31].

Современные тенденции совершенствования технологических процессов изготовления стержней предполагают сокращение применения технологий горячего отверждения (Hot box) и расширение области применения различных вариантов более экологически чистых холоднотвердеющих (Cold box) и самотвердеющих смесей [32]. В отдельных случаях допустимо проектировать изготовление стержней с использованием тепловой сушилки в сушилах.

Независимо от вида используемых стержневых смесей и характера производства, для изготовления стержней необходимо предусматривать применение современных стержневых машин.

Как известно, наиболее эффективными в массовом производстве являются однопозиционные и многопозиционные пескодувные машины с горизонтальным и вертикальным разъемом стержневых ящиков и автоматизированные комплексы и линии на их основе, предназначенные для изготовления стержней массой от 2,5 до 60 кг [5]. Для серийного производства более приемлемы комплексы на основе лопастных или шнековых смесителей непрерывного действия и устройств для сборки – разборки ящиков и извлечения стержней [6].

Следует стремиться к максимальной автоматизации процесса как за счет применения серийных и специальных машин, так и за счет рациональной организации, путем объединения отдельных агрегатов в поточные линии, создания

робототехнических комплексов, использования серийного и нестандартного оборудования для вспомогательных работ. Целесообразно весь процесс изготовления стержней организовать в поточных линиях, сгруппировав стержни по габаритам, весу, составу смеси и технологии (см. рис. 4).

Для стержней, которым требуется окраска, подсушка, контроль и подгонка размеров, выполнение указанных операций целесообразно также организовать на поточных линиях, в состав которых включаются окрасочные ванны и камеры с программным управлением, сушильные установки, автоматизированные устройства для контроля геометрии стержней [46].

Особое внимание нужно обратить на выбор рациональных способов транспортировки и складирования стержней и доставки их на формовку.

Существенный положительный эффект обеспечивает применение предварительной сборки и комплектации стержней, в том числе с использованием промышленных роботов. В этом случае может быть значительно сокращено время простоя стержней в формы и одновременно повышено качество выполнения этой ответственной операции за счет ее автоматизации.

Обеспечение бесперебойной и ритмичной работы формовочного отделения требует создания и постоянного поддержания межоперационного задела стержней. В зависимости от серийности производства и технологии изготовления стержней необходимый запас их должен быть равен 2-8-часовой потребности формовочного отделения.

Уменьшить объем и трудоемкость транспортных и складских операций и полностью исключить применение ручного труда на них возможно с помощью подвесных толкающих конвейеров с автоматическим адресованием, которые совмещают функции транспортировки и хранения стержней и не требуют перегрузок. При доставке стержней на формовку напольным транспортом их складирование рационально организовывать при помощи вертикальных складов-стеллажей с программируемыми кранами-штабелерами (рис. 12). В последнем случае целесообразно доставлять стержни на формовку в универсальной или специализированной таре (контейнеры, поддоны, кассеты и др.).

2.4. Проектирование смесеприготовительных отделений

Смесеприготовительное отделение проектируется в составе следующих блоков (участков):

- приготовления формовочных и стержневых смесей,
- подготовки свежих формовочных материалов,
- подготовки отработанных смесей,
- регенерации песка (мокрой или сухой, в зависимости от конкретных условий), если производство отливок сопряжено с большим расходом свежих песков или по другим причинам, например, невозможность или большая стоимость вывоза и захоронения большого объема отходов в отвалы.

Годовое количество формовочных и стержневых смесей и потребляемых для этого свежих и оборотных формовочных материалов рассчитываются по форме таблиц 12, 13, 16.

После расчета годового расхода формовочных и стержневых смесей и числа единиц основного смесеприготовительного оборудования необходимо провести расчет баланса формовочных материалов, находящихся в обороте (таблицы 14, 15), и их грузопотоков, на основании которого определяется потребность в свежих материалах и выбирается транспорт и вспомогательное оборудование (ленточные конвейеры, элеваторы, системы пневмотранспорта, бункера и т.д.). При расчете годовой потребности в формовочных материалах следует обеспечить его соответствие с принятыми в проекте рецептурами формовочных и стержневых смесей.

В зависимости от характера производства при проектировании современных смесеприготовительных систем применяют две схемы их организации: центральную и блочную [1].

Для цехов серийного и единичного производства предпочтительна центральная схема, предусматривающая одну общую систему раздачи готовой смеси и возврата и подготовки оборотной. Она позволяет изготавливать в не-

обходимых количествах смеси различного состава. Если необходимо, чтобы при этом оборотные смеси с различных формовочных участков не смешивались между собой, для них предусматривают отдельные бункеры для хранения оборотной смеси перед бегунами для каждого вида смеси отдельно. Суммарная емкость этих бункеров вместе с емкостью бункеров над бегунами должна быть равна объему всей оборотной смеси, находящейся в системе после окончания работы. Необходимо предусматривать применение бункеров-отстойников для готовой смеси, емкость которых должна быть достаточной, чтобы обеспечить запас смеси на 1-2 часа работы участка.

В литейных цехах крупносерийного и массового производства, где формовка выполняется на высокопроизводительных автоматических линиях, целесообразно применять блочную схему: для каждой формовочной линии предусматривают отдельную смесеприготовительную систему, в которой оборотная смесь циркулирует обособленно и используется для изготовления формовочной смеси только данного состава. Для обеспечения оперативного корректирования рецептуры смеси в таких системах предусматривают бункеры-отстойники готовой смеси емкостью не более чем на 0,5 часа работы линии.

Рекомендуемые типы и технические характеристики серийно выпускаемых смесителей, машин для подготовки отработанной смеси и смесеприготовительных систем различной производительности приведены в [5, 6].

Рекомендуется предусматривать централизованную подачу в смесители всех компонентов формовочных и стержневых смесей с обеспечением герметичности в местах подачи транспортируемых материалов.

Смесители для изготовления стержневых смесей располагают на минимальном расстоянии от стержневых машин либо вводят непосредственно в их состав. Транспортировку смесей с синтетическими связующими осуществляют в специальных коробах монорельсовыми тележками или пневмотранспортом.

В системах подготовки отработанной смеси следует предусматривать установки для стабилизации влажности и температуры смеси [1].

2.5. Проектирование отделений финишной обработки отливок

Состав оборудования отделений и его расположение определяются набором и последовательностью выполнения операций финишной обработки, в состав которых, в общем случае, входят: отделение литников и прибылей, выбивка стержней, первичная очистка, обрубка и зачистка приливов и заусенцев, исправление дефектов, термическая обработка, вторичная очистка, грунтовка и окраска. Выбор типа оборудования, организация его работы зависят, в первую очередь, от вида сплава, размеров отливок и характера производства.

По таблице 17 формируют программу термообрубного отделения, которая рассчитывается как количество отливок, подвергающихся различным видам финишных операций и термической обработки. При этом также необходима группировка отливок в технологические потоки, обрабатываемые на однотипном оборудовании [1, 2].

При массовом производстве наиболее целесообразно создание для финишных операций поточных или автоматизированных линий с высокопроизводительными специализированными агрегатами [36].

Для серийного производства целесообразно применение универсального оборудования с программным управлением в сочетании с манипуляторами и технологическими роботами со специализацией по размерным и весовым параметрам отливок [46].

Типы, количество и параметры печей для термообработки литья определяются, исходя из применяемых режимов, количества отливок, подвергаемых термообработке, и характера производства. Для цехов массового производства рекомендуется применение конвейерных или толкающих печей, для серийного – камерных проходного или тупикового типа [1, 2].

Отделения располагают в самостоятельных пролетах последовательно за формовочным отделением или параллельно ему. В крупных цехах и при больших объемах финишных операций отделения целесообразно размещать в отдельном здании (см. п. 3.1).

Производственные площади отделений определяют компоновкой расположения технологического оборудования, планировкой рабочих мест и транспортного оборудования. Кроме того, предусматривают площади специализированных участков, кладовых, служебных помещений, контрольных постов и лабораторий окончательного контроля отливок, участки их складирования и комплектования, подъемно-транспортные средства, а также проезды и проходы.

Участок грунтовки располагают вблизи мест окончательного контроля и склада готовых отливок. Участок исправления дефектных отливок оборудуют нагревательными печами, сварочными постами и специальным технологическим оборудованием; его площадь устанавливают, исходя из числа исправляемых дефектных отливок, принятой компоновки оборудования и рабочих мест.

С учетом характера выпускаемых цехом отливок предусматривают посты визуального и неразрушающих методов контроля качества отливок в потоке, контроля геометрии, разметки и гидравлических испытаний.

Предусматриваются также промежуточные межоперационные склады для отливок до и после термообработки.

2.6. Проектирование цеховых складов, внутрицехового транспорта и вспомогательных служб

Цеховые склады шихтовых и формовочных материалов должны обеспечить прием, складирование, сортировку и подготовку основных материалов, используемых в технологическом процессе.

На основе рассчитанных данных о годовой потребности цеха в шихтовых, формовочных и вспомогательных материалах по форме таблицы 18 должны быть выполнены расчеты емкостей и площадей, необходимых для приема, хранения и переработки поступающих в цеховой или базисный склад материалов в количестве, обеспечивающем бесперебойную работу цеха. Величина запаса материалов на складе зависит от климатических условий в месте расположения проектируемого цеха, удаленности от поставщиков материалов

и способов их доставки. Рекомендации по определению норм запаса, мест и способов хранения, предельной высоты слоя материала в емкостях и на грузовых площадках даны в [1]. Там же указаны параметры помещений и грузоподъемных средств для размещения цеховых складов.

Доставка шихтовых и формовочных материалов в цехи большой и средней мощности осуществляется железнодорожным транспортом [2], поэтому склады должны оборудоваться железнодорожной колеей достаточной длины, устройствами для разгрузки и приемными емкостями под железнодорожным путем (рис. 5, 6).

Для мелких цехов возможно обеспечение доставки материалов автотранспортом.

Помимо мест приема и хранения материалов на складах, как правило, располагают оборудование отделений для их подготовки: сушила для песка и глины, установки приготовления глинистой суспензии, мельницы, устройства разделки металлолома, дробления ферросплавов, пакетировочные прессы, галтовочные барабаны для очистки возврата, копры и другое оборудование (рис. 6). Его количество определяется в зависимости от объема производства по нормам проектирования и практическим данным.

К вспомогательным службам цеха относятся: службы механика и энергетика цеха, склады и мастерские текущего ремонта модельно-опочной оснастки; экспресс-лаборатории для оперативного контроля химического состава и свойств металла отливок, свойств формовочных материалов и смесей; кладовые инструментов и расходных материалов.

Службы механика и энергетика обеспечивают стабильное функционирование, межремонтное обслуживание и текущий ремонт оборудования цеха, мастерские ремонта оснастки поддерживают ее в рабочем состоянии в течение срока использования; номенклатуру и численность их оборудования определяют по нормам технологического проектирования. Размеры и расположение помещений для них уточняют при разработке плана цеха [1].

Экспресс-лаборатории рекомендуется располагать по возможности ближе к плавильным и смесеприготовительным отделениям. Состав их оборудования и площади помещений определяются индивидуально в зависимости от масштаба и типа производства.

3. СИНТЕЗ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ, КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ ЗДАНИЯ ЦЕХА

3.1. Выбор компоновки цеха

После выбора состава и расположения оборудования отделений цеха приступают к разработке общей компоновки и определению параметров здания.

Основные требования к компоновке цеха:

а) рациональная пространственная организация производственного процесса и взаимного расположения отделений, минимальная протяженность грузопотоков материалов, полуфабрикатов, изделий (шихта, металл, формы, стержни, отливки) в здании цеха;

б) обеспечение удовлетворительных санитарно-гигиенических условий труда (размещение наиболее многолюдных производственных отделений в помещениях, обеспеченных освещением и вентиляцией, локализация вредных воздействий оборудования и технологических процессов);

в) оптимальное и безопасное расположение внутрицеховых транспортных коммуникаций, связей с заводскими коммуникациями;

г) минимальная стоимость строительства здания.

Главными вопросами, требующими решения, являются выбор конфигурации здания цеха в плане и его этажности, а также расположение отделений в нем.

Исходя из изложенных выше требований, для цехов серийного производства малой и средней мощности рекомендуются прямоугольные в плане здания с отношением длины к ширине около 3,5-4 при максимальной ширине 72-96м. Такие параметры зданий обеспечивают достаточно хорошие условия для работающих в них людей при сочетании естественного и искусст-

венного освещения и вентиляции. Для особо крупных цехов массового производства применяют расположение в зданиях значительно большей ширины (до 240 м) с отношением сторон от 1:1 до 1:3 при условии использования мощной и эффективной приточно-вытяжной вентиляции и искусственного освещения [1].

Здание цеха может быть одноэтажным, двухэтажным или смешанной этажности [40].

Цехи массового производства мелкого и среднего литья рекомендуется размещать в двухэтажных зданиях, что позволяет отказаться от сооружения дорогостоящих подвальных помещений, транспортных туннелей и галерей.

В этом случае основные производственные отделения располагают на втором этаже, на первом этаже целесообразно располагать технологическое оборудование с вредными выделениями (выбивные установки, галтовочные барабаны, оборудование для подготовки отработанной смеси), конвейеры, склады оснастки, а также вентиляционные и сантехнические устройства. Такое решение удешевляет их монтаж при сооружении цеха и существенно облегчает обслуживание и ремонт.

Цехи серийного и индивидуального производства крупного литья, как правило, размещают в одноэтажных зданиях, поскольку они оснащаются, в основном, тяжелым оборудованием. Для вспомогательного оборудования, транспорта и складов в этом случае предусматриваются дополнительные площади и подвальные помещения.

При выборе этажности должны приниматься во внимание климатические и геологические условия в месте расположения проектируемого цеха (среднегодовую температуру, уровень грунтовых вод, сейсмичность и др.). Возможно применение зданий смешанной этажности, когда одна часть здания выполняется двухэтажной, а другая одноэтажной, что позволяет рационально использовать объем здания. Цеховые склады шихтовых и формовочных материалов располагают только в одноэтажных помещениях.

В зависимости от мощности и характера производства цех может быть расположен в одном, двух, реже – в трех производственных корпусах. Как правило, в отдельных корпусах размещают обрубные, стержневые или смесе-приготовительные отделения [1, 2].

Компоновочная схема цеха (рис. 7) определяет, прежде всего, взаимное расположение отделений в здании, в наибольшей степени отвечающее рациональной пространственной организации производства. Исходным материалом для ее построения служат предварительные проектные проработки состава оборудования отделений и его размещения, а также общей схемы технологического процесса. Рекомендуется при разработке компоновочной схемы цеха использовать как основу типовые схемы, построенные на основе опыта проектирования и эксплуатации цехов различного назначения. Примеры схем с анализом их преимуществ и недостатков и области применения приведены в [1, 2]. Возможно использование какой-либо из схем в качестве образца или модифицирование их в соответствии со спецификой конкретного задания.

3.2. Определение параметров конструктивных элементов здания

Как известно, литейные цехи располагаются в зданиях с полным каркасом с вертикально несущими конструкциями в виде колонн. Каркас промышленных зданий из металлоконструкций или сборных железобетонных элементов состоит из колонн, фундаментов под колонны, несущих конструкций покрытий и перекрытий, связей и подкрановых балок.

Пример каркаса здания показан на рис. 9. Параметры здания и его конструктивных элементов устанавливаются в зависимости от характеристик размещаемого в нем оборудования. В соответствии с нормами технологического проектирования ширина и высота пролетов и сечения колонн зданий, в которых размещаются плавильные и формовочные отделения, склады шихтовых и формовочных материалов должны быть определены в зависимости от того, каким технологическим и транспортным оборудованием они оснащаются [1, 2]

Пролеты здания, оборудованные мостовыми кранами, могут быть шириной 18, 24 и 30 м, бескрановые пролеты — 12, 18 и 24 м.

Наиболее рекомендуемой шириной пролета одно- и двухэтажных зданий является 24 м, ширина пролета в 30 м и 18 м применяется, если это обеспечивает более рациональную расстановку технологического оборудования и геометрию здания.

При двухэтажном размещении цеха для первых этажей зданий ширина пролетов принимается равной половине ширины пролета второго этажа.

Шаг колонн принимают равным 6 или 12 м, в двухэтажном здании шаг колонн на первом этаже для всех случаев принимается равным 6 м.

Высоту пролетов зданий следует принимать равной одной из величин унифицированного размерного ряда [1]. Для пролетов одноэтажных зданий и вторых этажей двухэтажных при оснащении их мостовыми кранами высоту следует принимать 10,8; 12, 6; 14,4; 16,2; 18,0; 19,6 м; бескрановых 6,0; 7,2; 8,4; 9,6 м. Высоту первого этажа в двухэтажных зданиях устанавливают 7,2; 7,8 или 8,4 м [1]. Высота пролетов в пределах здания может устанавливаться одинаковой или различной в зависимости от требований его компоновки, также различной может быть выполнена высота по длине одного из пролетов, если этого требуют габариты устанавливаемого технологического оборудования.

Выбор параметров пролетов здания должен быть обоснован характеристиками размещаемого оборудования или требованиями производственного процесса.

Все пролеты здания цеха могут быть параллельны друг другу, либо часть их может быть ориентирована перпендикулярно остальным. Последние чаще всего используют для размещения плавильных отделений и складов шихты и формовочных материалов в цехах массового производства. Поперечное расположение пролетов плавильных отделений упрощает передачу жидкого металла от плавильных печей к местам заливки форм [1].

Примыкания друг к другу пролетов равной высоты следует выполнять в соответствии со схемой рис. 10. Перепады высот между пролетами одного на-

правления в зданиях с железобетонным каркасом рекомендуется, как правило, устраивать на двух колоннах со вставкой (рис. 11, а) или на одной колонне (рис. 11, б). При установке металлических колонн перепад высот осуществляется на одной колонне.

Конструкцию и размеры железобетонных колонн следует устанавливать по нормам, приведенным в [1].

Наружные ограждения (стены) преимущественно выполняются в виде навесных железобетонных или металлических теплоизолированных панелей (типа «сэндвич»). Наружные стены в большинстве случаев снабжаются оконными проемами. Торцевые стены пролетов подкрепляются колоннами, устанавливаемыми с шагом 6 м.

Внутренние стены и перегородки для разделения объемов здания, выделения складов, конторских и бытовых помещений и т.д. могут быть выполнены из железобетонных панелей, кирпича или других материалов. Несущие (навесные) стены располагаются перед колоннами, несущие стены располагают в промежутках между ними.

Для обеспечения освещения удаленных от окон рабочих мест и для аэрации (вентиляции) помещений здание должно иметь световые, аэрационные или смешанного типа фонари (последние чаще всего применяются в литейных цехах). Наибольшее распространение получили продольные фонари, для пролетов до 18 м шириной 6 м, а для пролетов 24 и 30 м – шириной 12 м.

Для въезда в здание транспортных средств оно должно быть снабжено достаточным количеством ворот, их размеры и места размещения должны быть обоснованы с учетом габаритных размеров транспортируемых грузов. Размеры проемов ворот для железнодорожных вагонов широкой колеи 4,7×5,6 м, для другого транспорта 2,4 × 2,5 м.

3.3. Оформление плана расположения оборудования цеха

После принятия компоновочной схемы цеха и определения параметров здания необходимо согласовать с ними и между собой планы расположения

технологического оборудования, разработанные на этапе проектирования отделений. При этом необходимо проверять принимаемые решения на соответствие требованиям норм технологического проектирования (рис.13, 14).

Окончательное оформление плана расположения оборудования цеха должно проводиться в строгом соответствии с конструкцией и размерами элементов здания, поэтому за основу принимается его архитектурно-строительный чертёж.

Для обозначения контуров здания и его частей на чертёж наносится сетка колонн, определяющая пролёты, размечаются наружные и внутренние стены и перегородки.

Разбивочные оси пролётов здания в компоновочном плане должны быть маркированы следующим образом: горизонтальные оси рядов колонн обозначают по оси ординат последовательными прописными буквами русского алфавита, вертикальные оси рядов колонн нумеруют слева направо по оси абсцисс последовательными арабскими цифрами, начиная с единицы.

Пример нанесения разбивочных осей колонн и их маркировки показан на рис. 8. Координаты оборудования при его расположении в здании определяются (привязываются) относительно осей ближайших к ним колонн.

Привязка колонн крайних рядов и наружных стен к продольным разбивочным осям производится так, что наружные грани колонн и внутренние поверхности стен совмещаются с продольными разбивочными осями; привязка колонн средних рядов к разбивочным осям производится так, чтобы оси сечений колонн совпадали с продольными и поперечными разбивочными осями. Геометрические оси торцевых колонн основного каркаса должны смещаться с поперечных разбивочных осей внутрь здания на 500 мм, а внутренние поверхности торцевых стен – совпадать с поперечными разбивочными осями.

Примыкание двух взаимно перпендикулярных пролётов следует осуществлять на двух колоннах со вставкой. При этом оси колонн продольных пролётов, примыкающих к поперечному пролёту, смещаются с поперечной разбивочной оси на 500 мм (см. рис. 10, 11).

Схемы расположения цеховых проездов и проходов и нормы для определения их размеров показаны на рис.13.

4. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЦЕХОВ

Как известно, реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий – одно из важных и актуальных направлений развития общественного производства. Строительство новых предприятий и цехов требует больших затрат времени и материальных ресурсов и сопровождается резким ростом удельных капиталовложений и снижением экономической эффективности производства.

В современных условиях реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий носят многоцелевой, комплексный характер и оказывают влияние на все основные показатели производственно-хозяйственной деятельности.

Под реконструкцией понимается комплекс плановых мероприятий по полному или частичному переоборудованию, переустройству производства на новой технической основе по единому проекту.

По определению [1], под техническим перевооружением понимается комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня производства, цехов, участков на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены устаревшего оборудования новым, более производительным.

Граница между реконструкцией и техническим перевооружением достаточно условна.

Реконструкция и техническое перевооружение проводятся в целях роста объема производства, производительности труда, повышения качества продукции и эффективности производства и решения социальных вопросов, их экономическая эффективность обусловлена выполнением поставленных задач в бо-

лее короткие сроки и при значительно меньших капиталовложениях, чем при новом строительстве.

Актуальность реконструкции обусловлена быстрым моральным старением средств производства.

Разработка проекта реконструкции начинается с постановки цели, выбора объектов и предварительного обоснования мероприятий и определения очередности их реализации на основе анализа технологических процессов, условий и характера труда на каждом участке производства.

Большое значение имеет определение целесообразности реконструкции и выбор наиболее эффективного варианта её проведения. В процессе формирования вариантов технического перевооружения необходимо выделить его основные направления, учитывающие особенности действующего производства.

Разработка проекта реконструкции действующего литейного цеха должна, в первую очередь, основываться на оценке применяющихся в цехе технологий, материалов, оборудования, того, насколько они соответствуют современному уровню техники. Это в особенности относится к цехам предприятий, которые возобновляют активную производственную деятельность после нескольких лет вынужденного простоя, поскольку за прошедшее время многие технологии и оборудование значительно устарели.

Во-вторых, следует путем тщательного анализа определить технологические процессы, переделы, операции, которые более всего в данном цехе нуждаются в модернизации, то есть выявить «узкие места», которые ограничивают возможность наращивания выпуска отливок, повышения их качества, улучшения условий труда.

На основании такого анализа и оценки применимости современных технологий прорабатываются основные решения по реконструкции. Они должны опираться на точные количественные оценки эффективности их вариантов с учетом известных типовых (унифицированных) проектных решений [41], а также наиболее удачных реализованных проектов для аналогичных по мощности и номенклатуре отливок цехов [42, 43].

При выборе технологического оборудования следует, по возможности, отдавать предпочтение моделям, которые рекомендуются для вновь проектируемых цехов. Поскольку в большинстве случаев монтаж нового литейного оборудования на месте старого без остановки производства затруднен, для этого прибегают к перепланировке цеха с использованием дополнительно сооружаемых помещений, либо реконструкция проводится при остановленном производстве.

При выполнении проекта реконструкции для всех отделений цеха является обязательным проведение расчетов производственных программ и числа единиц оборудования по общепринятой методике. Определение «узких мест» и принятие решений о замене оборудования также должно обязательно обосновываться данными, полученными расчетами.

5. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

Способы получения литых изделий, относящиеся к группе специальных, насчитывают в настоящее время несколько десятков наименований. Эти способы позволяют получать изделия весьма высокого качества, высокопроизводительны, а во многих случаях являются единственно возможными для получения изделий с особыми характеристиками и эксплуатационными параметрами [3]. Специальные способы литья находят все большее промышленное применение, так как, наряду с высокой производительностью, обеспечивают повышение размерной и весовой точности отливок, что приводит к значительной экономии металла и к снижению трудоемкости механической обработки. Положительной особенностью данных способов литья является также возможность высокой степени автоматизации и комплексной механизации производства, улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Эти преимущества предопределяют целесообразность организации производств, специализированных по технологическому признаку, в данном случае

по способу литья. Однако в настоящее время используются в широких масштабах и реализуются в виде крупных самостоятельных производственных подразделений (цехов) лишь некоторые из специальных способов [3]. Наибольшее распространение в мировой практике получили цехи литья по разовым (выплавляемым, выжигаемым) моделям, литья в оболочковые формы, литья под давлением, в кокили и центробежного литья. В силу экономических и технических возможностей каждый из этих способов может обеспечить производство только определенной категории отливок.

Необходимость технологической специализации цехов, занятых выпуском отливок указанными способами, обусловлена, с одной стороны, спецификой номенклатуры самих изделий, а с другой – особенностями технологических процессов и оборудования, требующих территориального обособления таких производств.

Указанные особенности, как правило, определяют и специфику проектирования этих цехов.

5.1. Цехи литья по выплавляемым моделям

Как известно, область преимущественного применения литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) – выпуск сложных по геометрии, в основном мелких отливок, чаще всего из углеродистой и легированной стали и тугоплавких литейных сплавов. Наиболее эффективно применение способа для получения отливок из высоколегированных сталей и труднообрабатываемых жаропрочных сплавов с минимальными припусками на механическую обработку.

Технологический процесс ЛВМ включает в себя большое число переделов, в соответствии с ними в состав цеха входят следующие основные отделения и участки [1, 2]:

- модельное (приготовление модельного состава, изготовление моделей и сборка модельных блоков);

- изготовления оболочковых форм (приготовления суспензий, формирования и сушки оболочек, удаления моделей);

- плавильное и прокально-заливочное (формовка и прокалка оболочек, плавка, заливка и охлаждение форм, выбивка блоков отливок);

- термообрубное (очистка от керамики, разделка блоков, термообработка и отделка отливок).

При проектировании цехов для отливок общего назначения целесообразно принять за основу состав, характеристики и компоновочные схемы типовых комплексов технологического оборудования для ЛВМ, выпускаемых серийно предприятиями литейного машиностроения. Такие комплексы предназначены для выпуска от 125 до 2000 тонн отливок в год при серийном и массовом производстве и разработаны по поточно-конвейерной схеме с высоким уровнем автоматизации [6].

Цехи для выпуска отливок сложной конфигурации и с повышенными требованиями к качеству при мелкосерийном характере производства строятся по специальным проектам. Такие цехи целесообразно оснащать роботизированным и универсальным технологическим оборудованием, пригодным к быстрой переналадке при смене номенклатуры отливок [37, 38].

Для изготовления ответственных отливок из высоколегированных сплавов в таких цехах может предусматриваться применение специальных установок: плавки и литья в вакууме, высокоскоростной направленной кристаллизации и другого сложного оборудования [39].

Расчет программы отделений, необходимого количества оборудования и материалов выполняют по технологическим переделам аналогично общепринятой методике с учетом операционных потерь и брака на каждом переделе (табл. 19, 20).

Необходимое количество модельных звеньев и оборудования для их изготовления рассчитывают с учетом брака и потерь на следующих технологических переделах: запрессовка модельных звеньев, сборка блоков, нанесение огнеупорной обмазки, сушка оболочек, выплавка моделей, прокалка и за-

ливка форм. Требуемое число запрессовок в год служит для расчета необходимого количества модельных автоматов по формуле (8).

Количество модельной массы $Q_{\text{мод}}$ на годовую программу определяется по формуле

$$Q_{\text{мод}} = \frac{Q_{\text{мет}}}{p} \cdot \frac{\rho_{\text{мод}}}{\rho_{\text{мет}}}, \quad (14)$$

где $Q_{\text{мет}}$ — годовая потребность в жидком металле, кг;

$\rho_{\text{мод}}, \rho_{\text{мет}}$ — соответственно плотность модельной массы и металла, кг/м³;

p — коэффициент использования возврата модельной массы, равный 0,6-0,8.

5.2. Цеха литья в оболочковые формы

В данных цехах выпускают отливки различного назначения из сплавов черных и цветных металлов. Литье в оболочковые формы позволяет получать точные отливки при использовании простой оснастки и оборудования с высокой степенью механизации и автоматизации. Так как технологический процесс литья в оболочковые формы требует для реализации достаточно дорогостоящей оснастки, его целесообразно использовать в массовом и крупносерийном производстве.

В состав цеха, помимо плавильного отделения, входят следующие основные отделения: приготовления плакированной смеси, формовки и сборки оболочковых форм, обрубки, очистки и термической обработки отливок. Основное технологическое оборудование цеха преимущественно выполняется в виде поточно-автоматических линий, которые специализируются по предметному признаку и выпускаются серийно либо по индивидуальным техническим требованиям [6]. К этим линиям по технологическим характеристикам и области применения близки линии литья в металлические формы с разовыми оболочками (облицованные кокили), поэтому они также могут применяться в цехах оболочкового литья [6].

Мощность цеха определяется в основном производительностью линий.

Расчет программы цеха, а также требуемого количества металла, плакированной смеси, стержней и оборудования производится по общепринятой методике (см. п. 1.3, 1.4). Если в цехе предусматривается применение линии литья в облицованный кокиль, то дополнительно по общей методике (табл. 13) необходимо рассчитать годовую потребность в песчано-смоляной смеси для оболочек.

В проекте особое внимание должно быть обращено на приточно-вытяжную вентиляцию с местами отсоса воздуха от оборудования на участках приготовления песчано-смоляной смеси, изготовления и склеивания оболочек, заливки и охлаждения форм.

5.3. Цехи литья под давлением

Литье под давлением (ЛПД), как известно, является на сегодня наиболее распространенным способом получения отливок из алюминиевых, магниевых, медных и других цветных сплавов.

В связи с тем, что оборудование, технологическая оснастка и системы управления для ЛПД отличаются весьма высокой стоимостью, капиталовложения окупаются при серийности выпуска отливок 50000 штук в год и более.

Цехи литья под давлением обычно включают в себя три основных отделения: плавильное, литейное, обрубки и отделки, а также вспомогательные участки и службы: ремонта и отладки пресс-форм и оборудования, склад оснастки и материалов, лаборатории.

Расчет программы цеха, плавильного и литейного отделений расхода металла и материалов следует проводить по общепринятой методике.

Для расчета количества машин литья под давлением всю номенклатуру отливок разбивают на группы по массе, габаритам, толщине стенки, в соответствии с которыми определяются усилие запирания, размеры пресс-форм и прессовых камер, давление и скорость прессования и другие параметры машин. Отливки каждой группы целесообразно изготавливать на машинах определен-

ного типоразмера, характеристики которых являются для данных отливок оптимальными. Выбор машин и другого оборудования производится по соответствующим каталогам и проспектам фирм-производителей [4, 6].

В настоящее время цехи ЛПД строятся преимущественно на основе робототехнических литейно-обрубных комплексов с программным управлением. В состав комплекса входят: машина ЛПД, раздаточная печь с дозатором или роботом-заливщиком, робот для извлечения и транспортировки отливок, устройство охлаждения отливок, автоматический обрубной пресс, манипуляторы для смазки пресс-форм и другие вспомогательные устройства, элементы системы непрерывного контроля параметров техпроцесса и оборудования [7].

Цехи с такими комплексами могут быть спроектированы как гибкие производственные системы, при обеспечении соответствующим сервисным, транспортным и вспомогательным оборудованием (см. главу 5).

При расчёте требуемого количества единиц оборудования составляется таблица для определения годового количества запрессовок для каждой группы отливок. Эти данные служат основой для расчета необходимого количества машин каждого выбранного типа, который ведется по формуле (4).

Существенным вопросом при проектировании цеха является определение количества пресс-форм, которое необходимо для выполнения годовой программы выпуска отливок. Стоимость и трудоемкость изготовления пресс-форм весьма велики и нередко сопоставимы с затратами на основное оборудование. Годовая потребность цеха в пресс-формах рассчитывается, исходя из показателей их стойкости, которые можно принимать по материалам практики либо по литературным данным (табл. 21).

В проекте цеха должно быть предусмотрено оборудование участка наладки и профилактического ремонта пресс-форм [1].

5.4. Цехи литья в металлические формы (кокили)

Литье в кокили – один из наиболее универсальных способов литья, по этому показателю уступающий только литью в песчано-глинистые формы, ши-

роко применяется в серийном и массовом производстве отливок из чугуна и многих цветных сплавов. Способ используют преимущественно для получения мелких и средних толстостенных отливок из алюминиевых и медных сплавов, отливок из серого и высокопрочного чугуна с толщиной стенки 5-20 мм при серийности порядка 200-500 отливок из чугуна и более 500 штук для алюминия.

Отличительная особенность способа состоит в том, что оформления полостей в отливках используются как металлические, так и песчаные стержни.

В состав цехов входят следующие отделения: плавильное, стержневое, литейное, обрубки, очистки, термической обработки, ремонта оснастки и оборудования, склады и лаборатории.

Расчет программы цеха, расхода металла, необходимого количества оборудования, стержней, вспомогательных материалов производят по общей методике.

Дополнительно проводится определение количества оснастки (кокилей) для обеспечения годовой программы производства отливок (табл. 21).

Выбор необходимого оборудования производится по материалам практики, каталогам и рекламным проспектам фирм, а также по литературным данным [1, 4, 6, 22].

Промышленностью серийно выпускаются различные автоматизированные машины для литья в кокиль: однопозиционные с горизонтальной, вертикальной и комбинированной плоскостями разъема формы, с одним, двумя и несколькими разъемами; многопозиционные карусельного и конвейерного типа. В проекте следует использовать автоматические дозирующие устройства для заливки металла, со свободным и принудительным заполнением форм, машины литья под низким давлением, а также роботы-манипуляторы для установки стержней в форму, извлечения отливок из кокилей и их обрубки [5, 7, 8].

Цехи массового производства кокильного литья из алюминиевых сплавов целесообразно располагать в одном здании с цехом литья под давлением; в этом случае они проектируются с общим плавильным отделением [1].

5.5. Цехи центробежного литья

Центробежный способ достаточно широко применяется для получения отливок и заготовок, имеющих конфигурацию тел вращения (цилиндра, кольца) из сплавов черных и цветных металлов, а также биметаллических отливок, в составе литейных цехов основного и вспомогательного производства, в том числе ремонтных.

Специализированные цехи центробежного литья строятся для производства ограниченной номенклатуры изделий: чугунных канализационных и водосточных труб диаметром от 50 до 1000 мм, валков бумагоделательных, текстильных и других подобных машин, цилиндрических заготовок из стали с последующей раскаткой для получения корпусов сосудов, работающих под высокими давлением.

В состав цеха входят следующие отделения: плавильное, литейное, термообработки, ремонта оснастки и оборудования, склады и лаборатория.

Технические данные серийно выпускаемых машин для центробежного литья чугунных напорных труб, втулок и трубных заготовок содержатся в [4, 5, 8]. Каждая машина должна укомплектовываться специализированным автоматическим дозирующим заливочным устройством, обеспечивающим заданный режим подачи расплава в период заполнения изложницы.

Расчет требуемого количества оборудования, металла, материалов производят по общей методике. Потребность в изложницах на годовую программу определяют исходя из их стойкости, по форме табл. 21.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ И УЧАСТКОВ

В зависимости от задания, характера производства, выпускаемого литья и др. условий студент может разрабатывать проект роботизированного цеха в целом, одного из участков (отделений) либо роботизированного технологиче-

ского комплекса (РТК) для выполнения отдельной операции или получения отливки.

Проектируемый роботизированный литейный цех как гибкая автоматизированная производственная система (ГАПС) должен разрабатываться как совокупность технологической, транспортно-накопительной систем и системы управления.

Целесообразность создания ГАПС в данном конкретном случае оценивается с учетом трех групп факторов [7]:

- необходимость улучшения условий труда или исключения из процесса производства человека по соображениям техники безопасности;
- невозможность или нерациональность использования для производства автоматических линий традиционной структуры из-за их недостаточной гибкости;
- стоимость и степень сложности создания ГАПС.

Предметом разработки в дипломном проекте, как правило, является технологическая система, в которую входят основное технологическое и контрольное оборудование, а также средства промежуточного накопления, хранения и переориентации форм, стержней, отливок, инструмента, манипуляционные роботы различного назначения.

РТК в литейных цехах могут применяться для автоматизации различных процессов: изготовления и сборки форм, изготовления, отделки и окраски стержней, заливки металлов в формы, обрубки и очистки отливок, вспомогательных и транспортных операций на машинах литья в кокили и под давлением, литья по выплавляемым моделям и др. [7, 37, 46].

РТК также могут использоваться для рентгеновского, радиоизотопного, магнитного, размерного и других видов контроля качества отливок.

При проектировании цехов поточного производства РТК следует комбинировать или встраивать в автоматические и поточные линии на выполнении

отдельных технологических операций, а также транспортных и вспомогательных работ.

Следует учитывать, что внедрение промышленных роботов позволяет увеличить коэффициент сменности работы основного технологического оборудования без увеличения численности рабочих, а наибольший экономический эффект дает роботизация не отдельных единиц технологического оборудования, а целых комплексов (линий) или участков [7].

Проектирование роботизированного производства включает в себя следующие этапы:

- технико-экономический анализ и выбор объектов роботизации;
- подбор основного технологического оборудования, подготовка технологии;
- формирование структуры РТК, выбор типов роботов и вспомогательного оборудования, разработка планировки оборудования РТК, определение траекторий манипулирования и др.

При решении вопроса о целесообразности роботизации необходимо осуществить следующие мероприятия:

- выполнить группирование отливок по конструктивно-технологическим признакам для обеспечения возможности их обработки в роботизированном производстве;
- провести работу по изменению технологии изготовления отливок с целью приспособления её к роботизации;
- рассчитать периодичность и частоту перепрограммирования роботов при смене наименований изготавливаемых отливок.

В ходе разработки общей компоновки роботизированного цеха решаются вопросы [47]:

- расположение участков РТК относительно границ производственных площадей - стен, колонн, производственных помещений, другого оборудования;
- взаимное расположение участков РТК и средств связи между ними - накопительных устройств, позиций передачи, вспомогательных средств;

- связь РТК с другими производственными подразделениями цеха, организация внутрицехового транспорта;
- размещение систем управления, электрооборудования, гидравлики и др.

Важную роль в функционировании ГАПС литейного цеха играет транспортно-накопительная система, сложность создания и стоимость которой достаточно велики.

ГПС больших масштабов могут иметь общий автоматизированный склад и буферные накопители вблизи технологического оборудования. При проектировании необходимо определить схему транспортировки и хранения (поштучно, партиями, в контейнерах, коробах, на поддонах, на столах-спутниках, стеллажах, в штабелях, магазинах и др.).

После решения общих вопросов производится определение состава РТК, при необходимости вносятся коррективы в общую компоновку, затем выполняется их детальное проектирование. Компоновка роботизированного комплекса тесно связана с его составом и структурой.

В комплексах с одним роботом можно использовать две типовые схемы планировки: линейную и кольцевую [47]. При линейной компоновке обслуживаемое роботом технологическое и вспомогательное оборудование располагается в один-два прямолинейных ряда; такие РТК строят на базе роботов преимущественно с прямоугольной системой координат. При кольцевой планировке оборудование устанавливается вокруг робота в один дугообразный ряд; используют, как правило, роботы с полярной системой координат (цилиндрической или сферической). На следующем этапе проектирования РТК определяют траектории манипулирования вблизи каждого отдельного оборудования, на основании чего уточняются размеры зоны обслуживания, определяются скорости манипулирования из условия обеспечения требуемого такта работы комплекса в целом и отдельных входящих в него машин [47].

В ходе детальной разработки проекта РТК выполняются следующие работы:

- выбор из числа серийно выпускаемых роботов модели, технические параметры которой наиболее близки к требуемым (зона обслуживания, грузоподъемность, скорость манипулирования, хватные устройства);
- подбор или проектирование необходимого сервисного оборудования: кассет, магазинов, транспортирующего и передающего устройств;
- модернизация технологического оборудования (машины) с целью обеспечения её работы в составе РТК (фиксаторы, зажимы, устройства уборки отходов, механизмы перемещения защитных кожухов, ограждений);
- при необходимости разрабатывается проект модернизации робота, чаще всего требуется изменение или разработка новых хватных устройств, введение дополнительных точек позиционирования;
- разработка алгоритма работы РТК: определение состояний комплекса, переходов между ними, составление циклограммы, анализ недопустимых сочетаний срабатывания устройств, входящих в РТК, формирование задания на разработку системы управления.

Для цехов литья в кокили и под давлением наиболее целесообразно оснащение их однородными по составу и близкими по компоновке комплексами, выполняющими законченный технологический цикл получения отливок. В этом случае проектирование цеха сводится к расчету необходимого числа комплексов и их рациональному взаимному расположению. Такие РТК могут выбираться из числа серийно выпускаемых заводами литейного машиностроения либо проектироваться заново на основании данных базового цеха, литературных источников, задания кафедры.

7. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ И РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К ПРОЕКТУ ЦЕХА

Графический материал проектного раздела выпускной работы должен содержать 2-4 листа чертежей формата не менее А1 ГОСТ 2.301-85, выполненных карандашом, тушью либо на графопостроителе, в состав которых входят: план

цеха (участка, отделения) с расположением основного технологического и транспортного оборудования (1-2 листа) и разрезы к нему (1-2 листа).

Расчетно-пояснительная записка должна состоять из рукописного либо набранного на компьютере текста формата А4 с шагом строк 8...12 мм с расчетными таблицами, схемами, графиками, эскизами и рисунками формата А4-А3. При оформлении чертежей следует руководствоваться требованиями стандарта предприятия СТП 02073458-0103-92 «Правила оформления учебно-методической документации. Общие требования к графическим материалам» и фирменного стандарта СМК ФС Р.4.2.3 – 03.04 – 2003 «Правила оформления учебно-методической документации. Основные надписи». Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям стандарта предприятия СТП 02073458-0102-98 «Правила оформления учебно-методической документации. Общие требования к текстовым документам». Спецификации к чертежам, программы и результаты расчетов на ПЭВМ (листинги) и другие материалы подшиваются в конце записки как приложение. Все графические материалы, в том числе эскизы, схемы, диаграммы, графики в пояснительной записке, выполняются с применением чертежных инструментов либо на ПЭВМ.

Содержание и оформление графической части проекта должны отвечать следующим требованиям.

План цеха должен выполняться в масштабе, обеспечивающем надлежащую полноту и отчетливость изображения, предпочтительно 1:100 или 1:200, для небольших по размерам производств – 1:50.

При размещении цеха в двухэтажном здании выполняются планы обеих этажей либо представляется план этажа, на котором расположена основная доля технологического оборудования (как правило, второго); при размещении цеха в двух зданиях желательно представленные чертежи обоих зданий на отдельных листах, а в пояснительной записке – схемы взаимного расположения зданий.

На плане должны быть показаны:

а) расположение основного и вспомогательного оборудования; технологическое оборудование и основной производственный инвентарь, за исключением мелкого, должны быть показаны в масштабе, в соответствии с конфигурацией и расположением, с указанием резервных мест, складских площадок и, по возможности, привязочных размеров относительно колонн;

б) строительные элементы здания, обуславливающие расположение оборудования в нем – колонны, стены, дверные и оконные проемы, ворота, двери, люки, перегородки, подвалы, тоннели, антресоли, галереи и т.д.

– размеры здания и его основных частей в плане, включая размеры пролетов, шаг и размеры сечения колони, их нумерация в соответствии с разбивочной сеткой (см. рис. 8);

– сечения железобетонных колонн должны быть изображены в масштабе с сохранением соотношения размеров их сторон и ориентации по отношению оси пролета; изображение сечений металлических колонн должно соответствовать их конструкции;

– наружные стены цеха и внутренние не несущие (навесные) перегородки показываются двойными линиями без штриховки между ними, несущие стены и перегородки выделяются штриховкой;

– расположение помещений вспомогательных отделений, служб, лабораторий, мастерских, кладовых, трансформаторных подстанций, вентиляционных камер, а также конторских помещений и санитарных узлов, расположенных на площади цеха;

в) основное подъемно-транспортное оборудование (мостовые, консольные, консольно-поворотные краны, край-балки показываются тонкими линиями при помощи общепринятых условных изображений с указанием их грузоподъемности [1, 2]; ленточные, пластинчатые, тележечные и другие конвейеры, рольганги, грузовые тележки показываются, по возможности, в масштабе;

– в тех случаях, когда транспортное и грузоподъемное оборудование закрывает технологическое, оно может показываться схематично тонкими линиями;

– монорельсы, подъемники, железнодорожные и другие рельсовые пути выделяются жирными сплошными линиями;

– площадки обслуживания, эстакады, ёмкости, стеллажи, переходные мостики, ограждения и др. изображаются в тех случаях, когда это необходимо для пояснения работы основного оборудования;

г) магистральные проезды, проезды для внутрицехового транспорта и основные проходы должны быть показаны тонкими сплошными или штрихпунктирными линиями.

Расположение отдельных элементов здания, оборудования и металлоконструкций по высоте, если это необходимо, следует показывать на плане с помощью отметок высоты от нулевого уровня на их изображениях.

При необходимости, технологическое оборудование, конвейеры и другие устройства, располагающиеся выше уровня пола (на эстакадах) либо ниже его (в подвалах, галереях, на первом этаже), могут показываться фрагментарно, при помощи вырывов на плоскости чертежа с обязательным указанием отметки высоты.

Все основное оборудование цеха должно быть показано в спецификации с указанием его основных характеристик и количества.

Разрез цеха выполняется, как правило, в масштабе 1:25, 1:50 или 1:100. Разрез может быть продольным или поперечным и выполняется так, чтобы показать, по возможности, наиболее важное оборудование, его расположение в пространстве относительно друг друга и строительных элементов здания.

На разрезе показываются (рис. 9):

а) колонны, фермы и попавшие в разрез стены, перекрытия, фундаменты, туннели и подвалы, размеры (ширина и высота) пролетов;

б) размещение основных грузоподъемных и транспортных средств и металлоконструкций (кранов, кран-балок, монорельсов, бункеров, эстакад и др.);

в) основное технологическое оборудование, расположенное за плоскостью разреза (делать разрезы через оборудование не рекомендуется);

г) высоты от уровня нулевой отметки (пола первого этажа) основных элементов здания, металлоконструкций, оборудования.

Пояснительная записка содержит расчетный и пояснительный материал по всем разделам проекта. Записка должна быть написана на государственном или русском языке, с применением общепринятых терминов, аккуратно, без ошибок и исправлений. Результаты расчетов, исследований и т.д. могут быть представлены в виде таблиц, графиков, схем. Записка должна быть краткой, без общеизвестных положений из литературы, с обоснованием принятых технологических процессов, инженерных решений.

Должны быть представлены основные показатели проектируемого цеха:

- 1) полезная площадь производственных отделений и всего цеха;
- 2) полезная площадь бытовых помещений;
- 3) площадь застройки (по наружным размерам);
- 4) кубатура производственных и бытовых помещений, представляющая произведение площади застройки на высоту здания от уровня земли до верха (без учета подъема кровли и фонаре).

Текст записки должен быть тесно связан с графической частью, содержать ссылки на чертежи и использованную литературу, отчеты по научно-исследовательским работам, ГОСТы, отчеты по практике и другие источники, перечень которых приводится в конце записки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

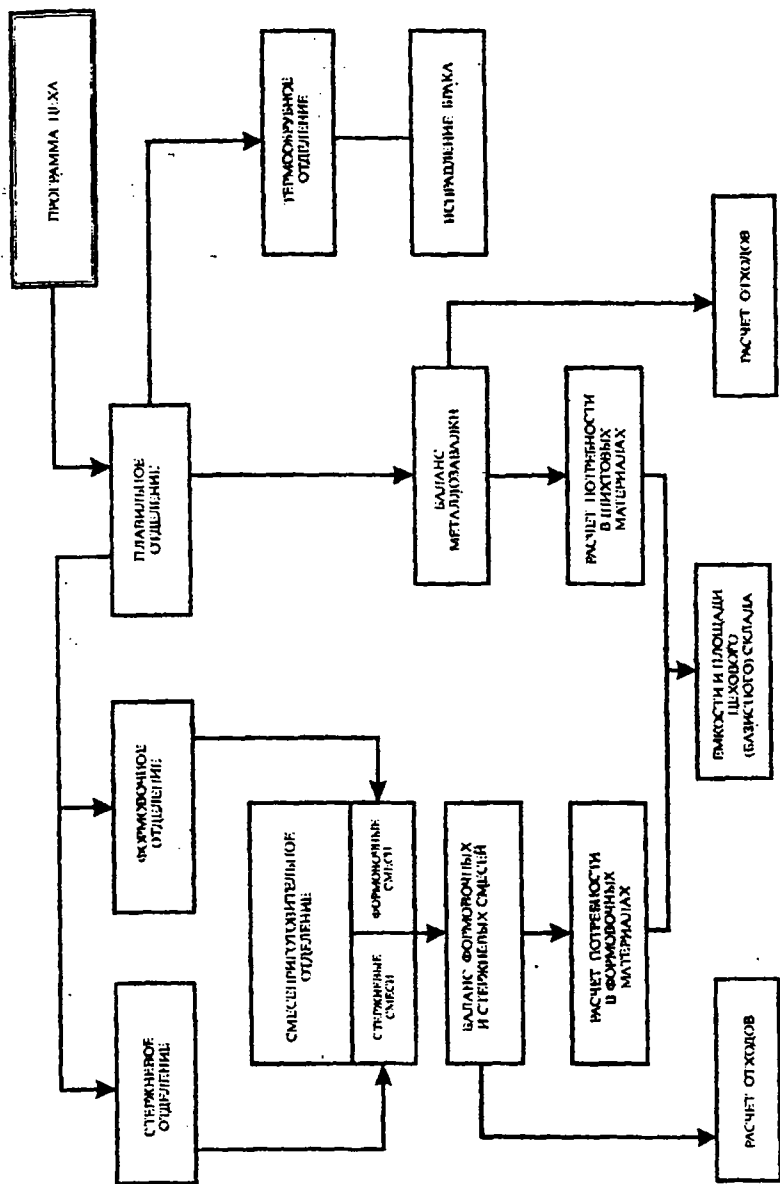
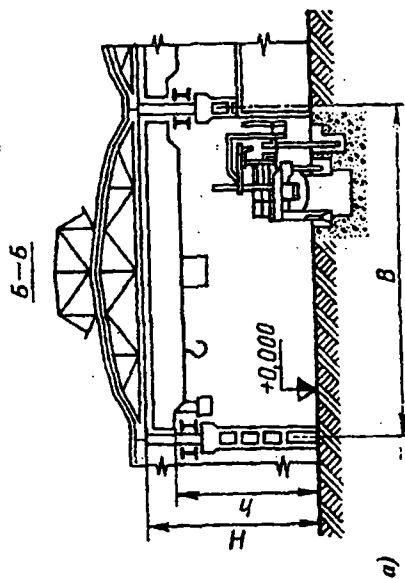
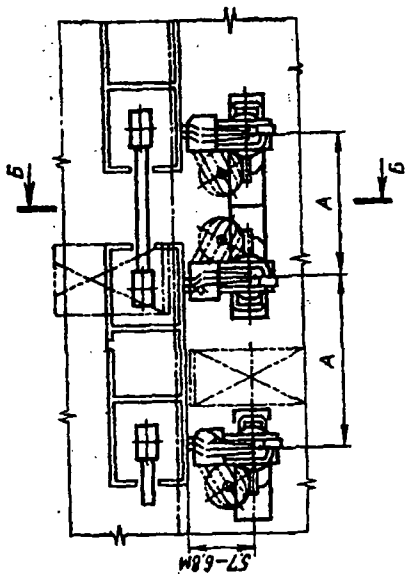
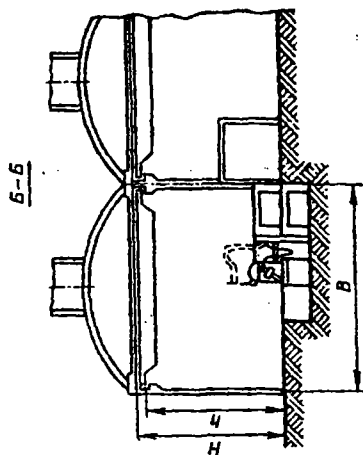
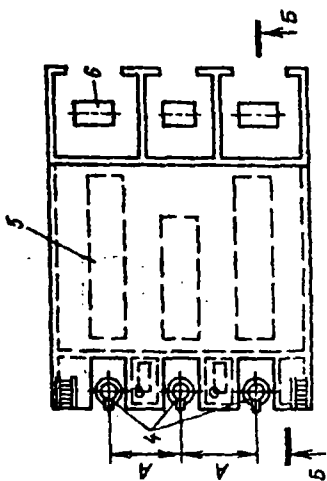


Рис. 1. Алгоритм расчетов программы отделений цеха



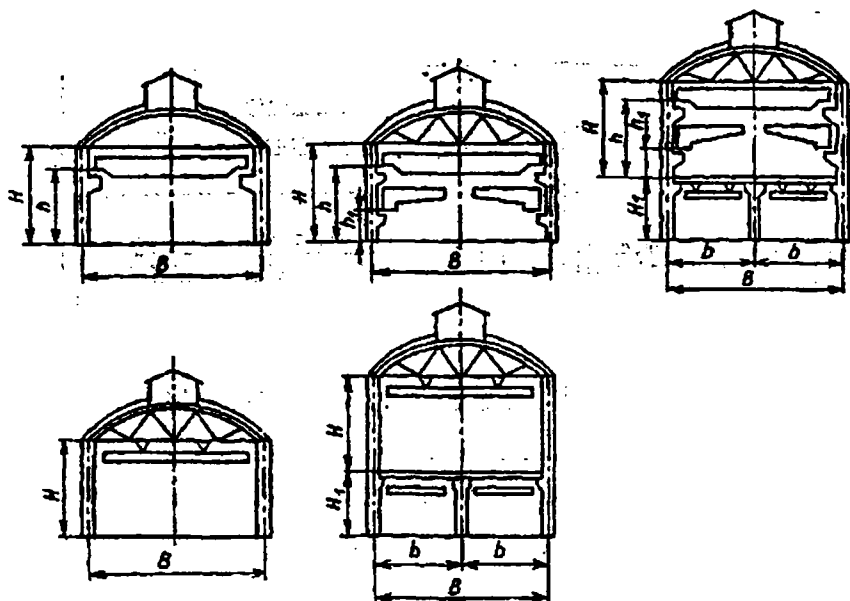
б)

а)

Рис. 2. Схемы расположения и размеры пролетов для плавильных печей (см. следующую страницу)

Тип печи	Минимальное расстояние между осями печей А, м	Минимальная грузоподъемность подъемно-транспортного средства для обслуживания и загрузки печей, т	Ширина	Размеры пролета, м																			
				Высота до низа конструкции открытой отметки пола устья на печ. Н	Высота до головки подрамного рельса	Высота колоды																	
Вагранки: 95111 95112 95113 95114	6 6 6 8	1,5* 1,5* 2,5* 4,5*	18; 24 24; 30 24; 30 30; 36	16,8 16,8 16,8 21,6	— — — —	6; 12 6; 12 6; 12 12																	
								Индукционные печи: ИСТ-0,16 ИСТ-0,26 ИСТ-0,4 ИЧТ-1, ИСТ-1 ИЧТ-2,5, ИСТ-2,5 ИЧТ-6, ИСТ-6	2,5 3,5 5 5 6 6	1 1 1 5 5 10	18; 24 18; 24 18; 24 24 24 24; 30	10,8 10,8 10,8 10,8 10,8 12,6	8,15 8,15 8,15 8,15 8,15 9,65	6; 12 6; 12 6; 12 6; 12 6; 12 6; 12									
																Дуговые печи: ДСП-3 ДСП-6 ДСП-12	9,5/14,5** 12/18** 14/18**	10 20/5 30/5	18; 24 24; 30 24; 30	10,8 12,6 14,4	8,15 9,65 11,45	12 12 12	

* Указана грузоподъемность подъемника для загрузки шихты.
 ** Расстояние между поперечными осями печей: в числителе — при рабочем объеме, в знаменателе — при створных жерболах, обращенных друг к другу.



Наибольшая масса отливков, т	Форма	Максимальный размер формы, м	Масса залитой формы, т	Максимальная грузоподъемность кранов, т		Высота от уровня пола, м		
				мостовых	консольных	До головки подкранового рельса		До низа фермы H
						h	h ₁	
0,1	В опоках	0,8	1	-	-	-	-	10,8
0,5	"	1,6	6,4	10	1	8,15	4	10,8
1	"	2,0	10,6	15/3	3	9,65	4	12,6
2	"	2,5	18,8	30/5	3	9,65	4	12,6
3	"	3,0	25,0	30/5	3	9,65	4	12,6
5	"	4,0	40,0	50/10	3	12,6	6	16,2
10	кессон	-	-	80/20	5	12,6	6	18,0

Рис. 3. Нормы размеров пролетов и грузоподъемности подъемно-транспортных средств формовочных отделений

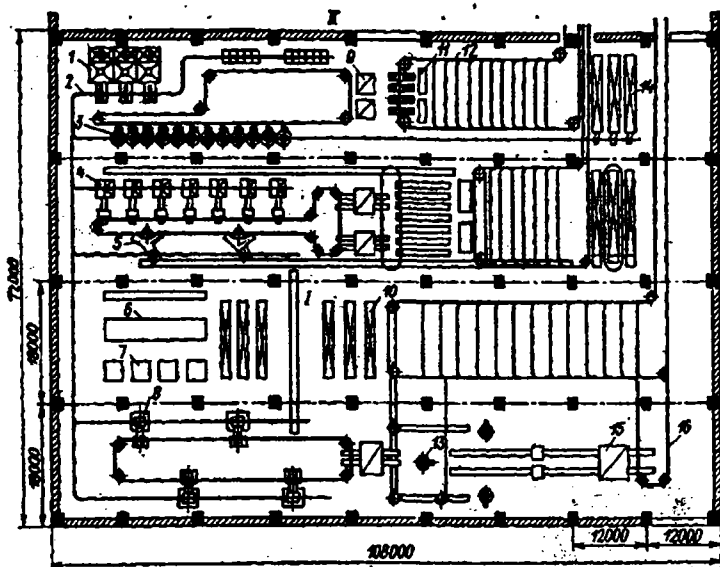


Рис. 4. Стержневое отделение цеха массового производства

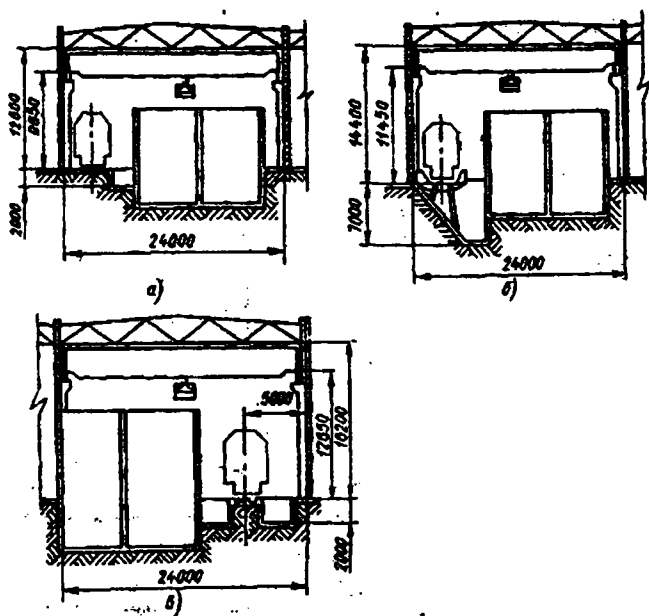


Рис. 5. Емкости для приема и хранения песка

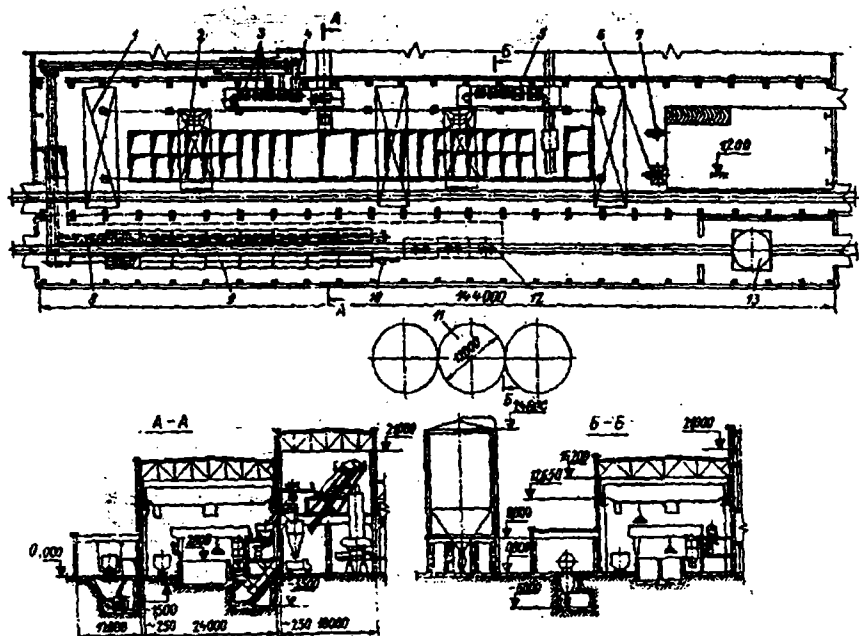


Рис. 6. Склад шихтовых и формовочных материалов
(план и разрезы)

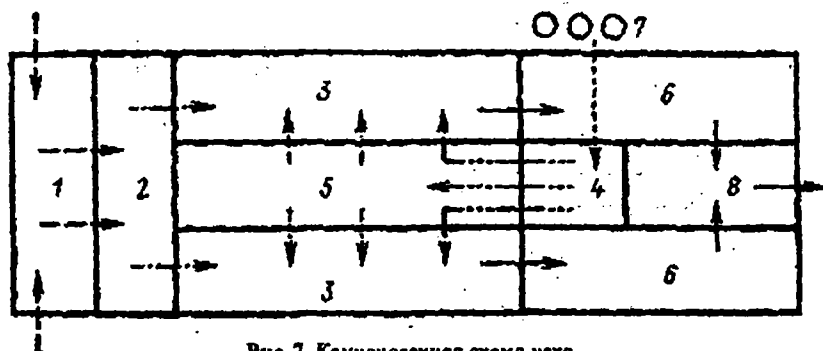


Рис. 7. Комионовочная схема цеха

1 – склад шихтовых и формовочных материалов; 2 – плавильное отделение; 3 – формовочное отделение; 4 – смесеприготовительное отделение; 5 – стержневое отделение; 6 – термообрубное отделение; 7 – емкости для сухого негашеного извести; 8 – склад готового литья.

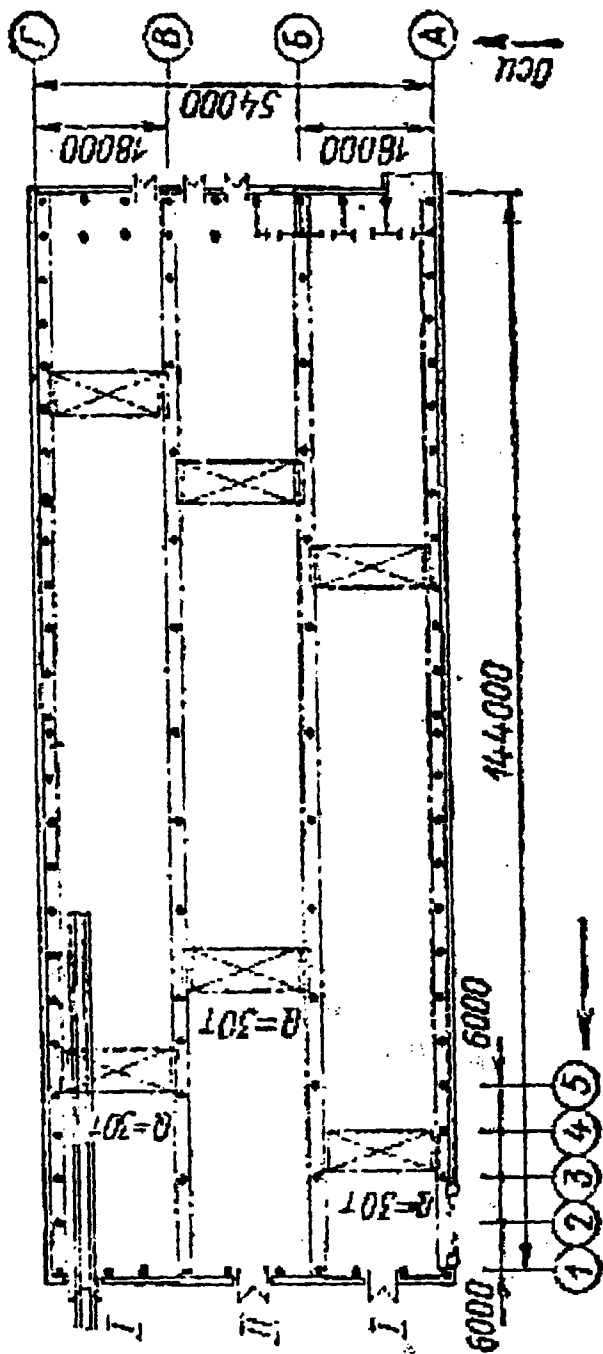


Рис. 8. Разбивочные оси и сетка колонн здания цеха

А, Б, В, Г — ряды колонн;

I, II, III — пролеты;

1, 2, 3, 4, 5 — номера колонн в ряду.

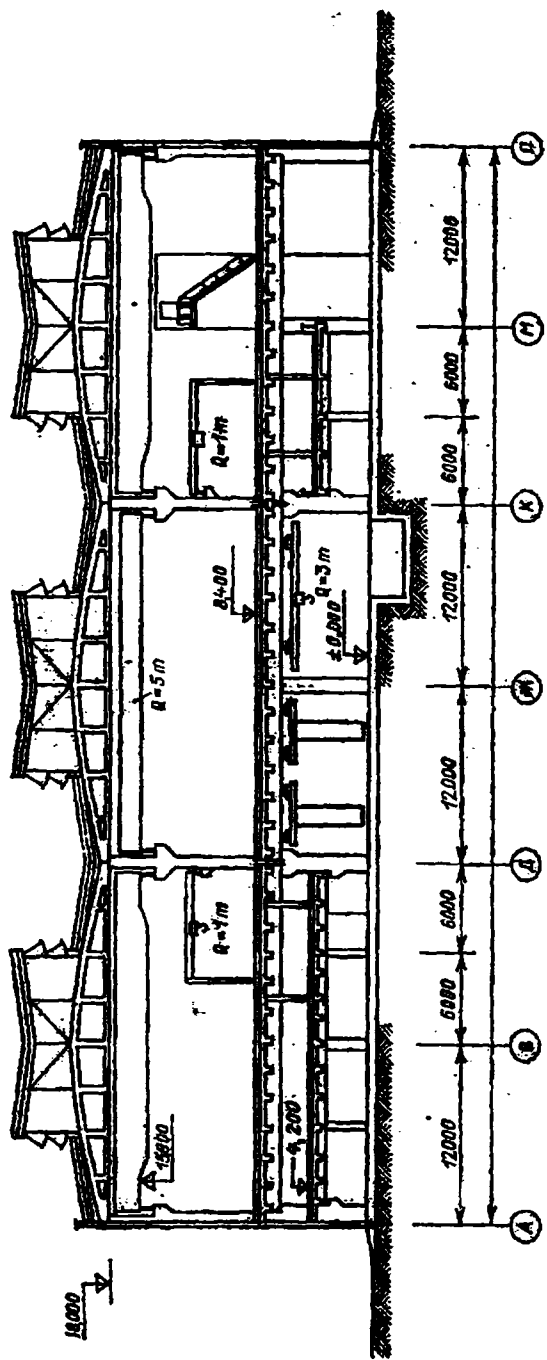


Рис. 9. Разрез двухэтажного здания цеха В, Ж, М, - ряды промежуточных колонн первого этажа

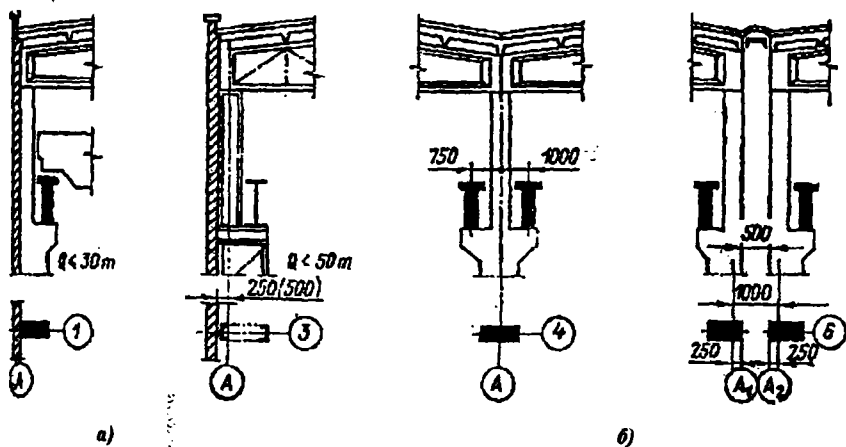


Рис. 10. Примыкание ферм покрытия к стен к колоннам:
 а) внешние рдды; б) внутренние рдды

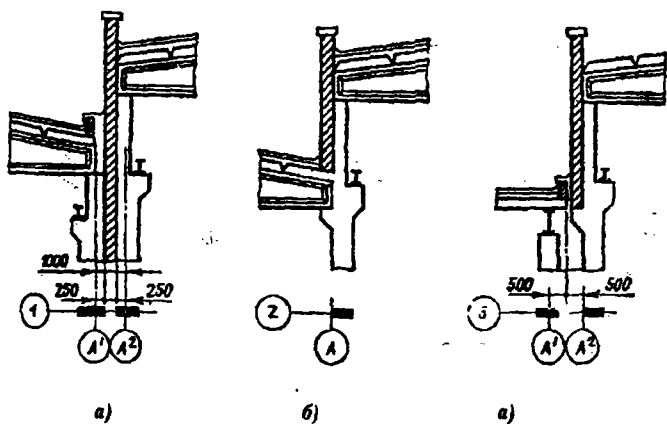


Рис. 11. Примыкание ферм покрытия пролетов разной высоты:
 а) на двух колоннах с разделительной стеной;
 б) на одной колонне;
 в) на двух колоннах без разделения

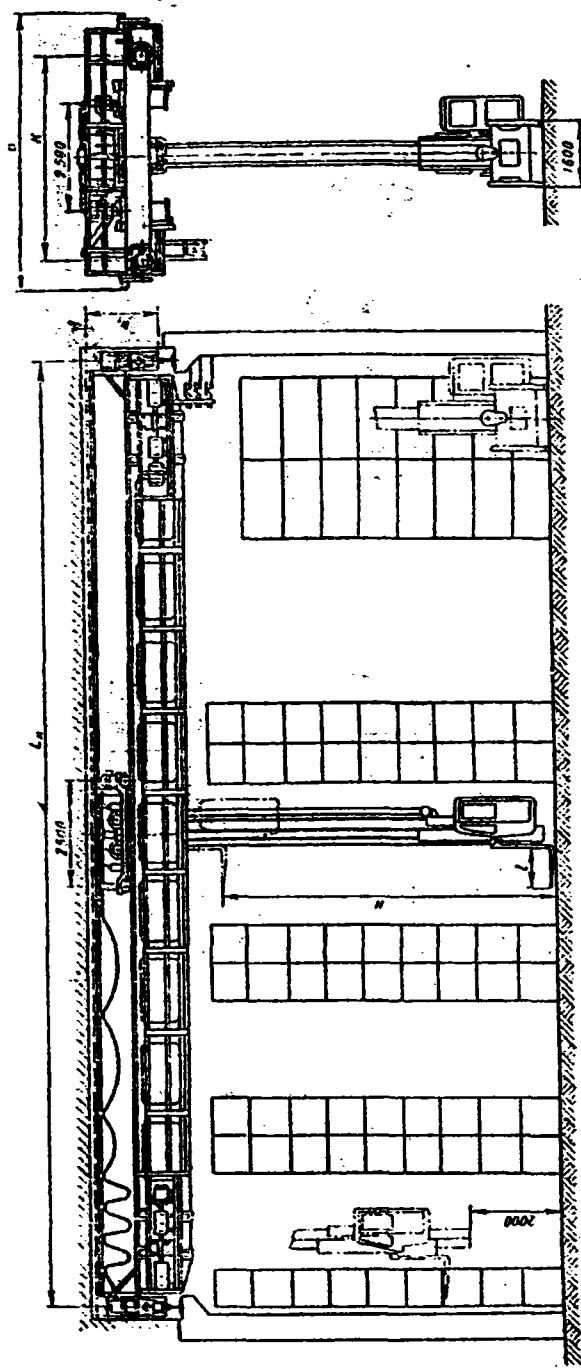
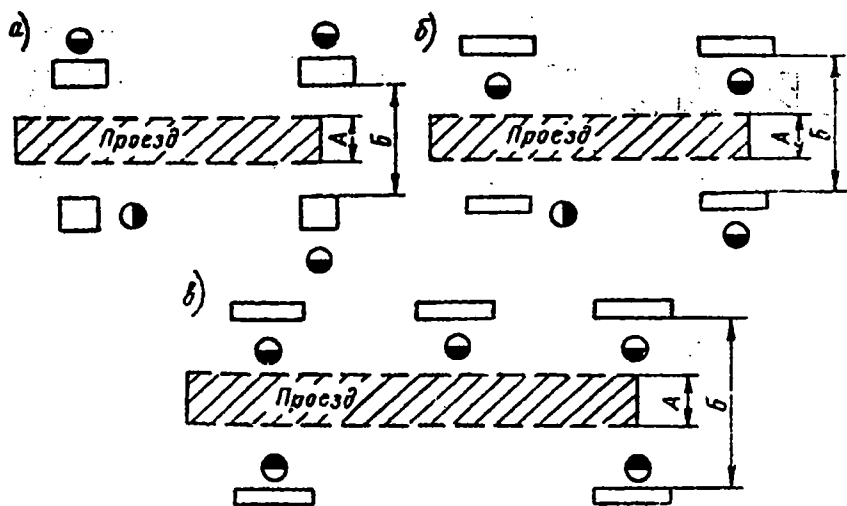


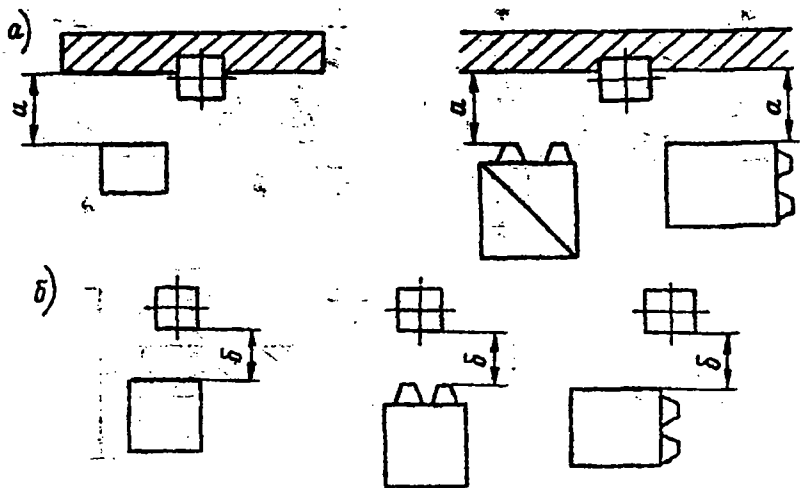
Рис. 12. Схема расположения стеллажей и крана-монтабелера



Вариант	Размеры, м	Размеры проездов и расстояний между оборудованием, (м)							
		Средства транспорта							
		электрокары		погрузчики		краны		тележки рельсовые	
		Максимальные габариты грузов или тары, мм							
		1500	2000	1500	2000	1500	3000	1500	2600
а)	А	2,5	3,0	3,0	4,0	2,5	4,0	2,5	4,0
	Б	3,0	3,5	3,5	4,5	3,0	4,5	3,0	4,7
б)	А	2,5	4,0	3,0	4,0	2,5	4,0	-	-
	Б	3,8	4,5	4,5	5,3	3,8	5,3	-	-
в)	А	2,5	3,0	3,0	4,0	2,5	4,0	-	-
	Б	4,0	5,0	5,0	6,0	4,5	6,0	-	-

Рис. 13. Нормы размеров проездов для внутрицехового транспорта и расстояний между оборудованием

- а) проезд при отсутствии зон обслуживания оборудования;
 б) проезд при обслуживании оборудования с одной стороны;
 в) проезд между зонами обслуживания оборудования



Расстояние, мм				
Габариты оборудования				сушилка, термические печи
мелкое до 1,5м	среднее до 4,0 м	крупное		
		до 8,0 м	более 8 м	
800	1000	1100	1200	1200

Рис. 14. Нормы расстояний от стен (а) и колонн (б) до оборудования

Таблица 1

Точная программа (подetailная ведомость)

Наименование отливки	Материал (марка сплава)	Масса отливки, кг	Кол-во отливок на изделие, штук	Годовой выпуск отливок					Всего	
				на основную программу, штук	зап. части, штук	Кооперация штук	шт.		Т	
							7	8		9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Т	
1										
2										
3										
4										
.										
.										
п										

Таблица 2

Условная программа (пример)

Группа отливок по массе	Группа сложности	Сплав	Кол-во отливок на годовую программу		
			% от общего	Т	
				4	5
1. 20-50	I	25-35 Л	15	Q ₁	
2. 50-250	II	—//—	10	Q ₂	
3. 250-500	II	—//—	10	Q ₃	
4. 500-5000	II	45 Л	15	Q ₄	
5. 500-5000	III	30 ГСЛ	20	Q ₅	
.....
.....
п 5000-10000	25 Л	20	Q _n

Таблица 7

Расчет потребности в шихтовых материалах (пример)

Наименование металла	Расход по маркам сплавов										Итого на год, т	Примечание
	СЧ 20					СЧ 30						
	Сталь углеродистая		Сталь углеродистая		Сталь углеродистая		Сталь углеродистая		Сталь углеродистая			
%	т	%	т	%	т	%	т	%	т			
Чугун	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Чугунковый	*		*		*		*		*			
Лом чугуна												
Лом стальной												
Возврат												
.....												
.....												

* Заполняется по расчетам шихты

Таблица 8

Программа формовочного отделения

Наименование отливки	Индекс, № ковшей, участка, группы отливки	Годовое количество отливок с учетом брака, штук	Количество отливок в форме, штук	Размеры опок, мм	Количество годных форм на программу, штук	Брак форм		Годовое количество форм, штук	Примечание
						%	штук		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 9

Программа стержневого отделения

Наименование отливки	Индекс, номер стержня	Количество стержней на отливку, штук	Годовое количество отливок, штук	Годовое количество стержней на программу, штук	Брак стержней	Годовое количество стержней на программу, штук		Тип машины	Кол-во стержней в ящике, штук	Количество съёмов по типам машин		
						%	шт			А	Б	В
1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1.							А				
	2.							Б				
							В				
2.	1											

Таблица 10

Окраска и отделка стержней

Наименование отливки	Индекс стержня	Грунт стержней, поток	Количество стержней в год, шт	Способ окраски, отделки	Тип машины	Тип покрытия (краски, пасты)	Расход краски, пасты		Примечание
							На одну стержень кг	На год кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 11

Сушка стержней

Наименование отливки	Индекс, номер стержня	Годовое количество стержней	Количество стержней на плите, штук	Годовое количество плит, штук	Размеры плит, мм	Площадь плит, м ²	Годовая площадь плит по видам сушил, м ²		
							№1	№2	№3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 12

Расчет потребности в формовочных смесях (программа смесеприготовительного отделения)

Индекс, № конвейера, участка, вид смеси	Кол-во смеси в форме, м ³ (кг)	Годовое кол-во форм, штук	Годовой объем смеси в формах, м ³ (т)	Потери смеси, %	Полный годовой расход смеси, м ³ (т)	В том числе по видам смесей, м ³ (т)		
						Единая	Облицовочная	
						№1	№2	
2	3	4	5	6	7	9	10	11

Таблица 13

Расчет потребности в стержневых смесях

Наименование отливков	Индекс, номер стержня	Годовое кол-во стержней, штук	Вид смеси	Объем стержня, дм ³ (кг)	Годовой объем стержней, м ³ (т)	Потери смеси, %	Полный годовой расход смеси, м ³ (т)	В т.ч. по видам смесей, м ³ (т)		
								А	Б	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 14

Баланс формовочных смесей

Индекс, вид смеси	Свежая смесь		Потери при транспортировке, засыпке, брак, %	Потери смеси на выбывке и просеве, %	Песок стержней, %	Вводится в смеситель (освежене)				Отработанная смесь		Выводятся из оборота	
	т	%				Песок		Глина		Требуются по рецептуре, %	Фактически, %	%	т
						%	т	%	т				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A		100											
Б		100											
В		100											

Таблица 15

Баланс стержневых смесей

Индекс, вид смеси	Свежая смесь		Потери при транспортировке, засыпке, брак, %	Потери при выбывке форм, %	Потери при выбывке стержней, %	Проходит регенерацию, %	Выход регенерированного песка						
	т	%					т	%	т	%			
											т	т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

Таблица 18

Расчет емкостей и площадей цехового (базисного) склада

Наименование материалов	Насыпная масса, т/м ³		Годовая потребность, т		Дневной расход, т	Норма запаса, дней	Кол-во на складе (запас)		Место и способ хранения	Закрома		
	2	3	расчетная	принятая			т	м ³		м	Площадь, м ²	
1				4	5	6	7	8	9	10	11	12
						*				$H_{\text{хран}}$	$f_{\text{расч}}$	

Продолжение таблицы 18

Объем, м ³	Бункера		Площадь, м ²		Стеллажи	Площадки		Примечание
	Кол-во, штук		нагрузочная	принятая		нагрузочная	принятая	
	13	14			15			
						$q_{\text{нагр}}$	$f_{\text{расч}}$	

* Определяется по климатическому поясу.

Площади под суточные бункера, проходы, проезды – по нормам технологического проектирования

$$\text{Для закромов: } f_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{запаса}}}{H_{\text{хран}}};$$

$$\text{Для площадок } f_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{запаса}}}{q_{\text{нагр}}}$$

Таблица 19

Программа модельного отделения

Наименование отливки	Брак отливки		Годовое количество отливок с учетом брака, штук	Количество моделей в звене, штук	Головое количество годных звеньев, штук	Брак и потери звеньев при сборке		Количество модельных звеньев на год, штук
	%	штук				%	штук	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблица 20

Программа отделения формовки и прокатки блоков

Наимен. отливки	Годовое количество звеньев, штук	Количество звеньев в блоке, штук	Кол-во годных блоков на год, штук	Брак и потери блоков				Количество блоков на год с учетом потерь, штук		
				При обмазке		При выплавке			При прокатке и заливке	
				%	шт.	%	шт.		%	шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 21

Расчет годовой потребности в кокилях и пресс-формах

Наимен. отливки	Количество годных отливок на год, штук	Брак отливок		Количество отливок с учетом брака, штук	Количество отливок в форме, штук	Количество залитков на год, штук	Стойкость кокиля, залитков, штук	Головая потребность в кокилях
		%	шт.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования литейных цехов и заводов/ Под ред. Б. В. Кнорре. - М.: Машиностроение, 1979.
2. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник в 6 томах/ Под ред. Е. С. Ямпольского. - М. Машиностроение, 1974.
3. Специальные способы литья: Справочник/ Под ред. В. А. Ефимова. - М.: Машиностроение, 1991.
4. Оборудование для литейного и сварочного производств: Номенклатурный каталог. - М.: Информационно-коммерческая фирма «Каталог», 2000.
5. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. - М.: Машиностроение, 1985.
6. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1991—1995 гг. - М.: Изд. НИИМАШ, 1990.
7. Робототехнические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей. - М.: Машиностроение, 1989.
8. Цветное литье: Справочник/ Под ред. Н. М. Галдяна. - М.: Машиностроение, 1989.
9. Симонов В. В. Автоматизация размещения оборудования при проектировании литейных цехов// Литейное производство. 1988. №1.
10. Фоченков Б. А., Григорович А. В. Методика автоматизированного расчета литейных цехов// Там же. 1998. №2.
11. Пономаренко О. И., Горяник В.В. Использование объектно-ориентированного подхода к проектированию литейных цехов // Там же. 2000. №7.
12. Пуряев А. С. Критерии выбора оптимального варианта процесса плавки чугуна// Там же. 1997. №6.
13. Лузгин И.П. Индукционные печи средней частоты нового поколения// Металлургия машиностроения. 2002. №1.
14. Лекаж С.Н. Динамические процессы получения качественных литейных сплавов// Литейное производство. 1999. № 3. №8.
15. Яскевич И.А. О дуговых печах постоянного тока// Там же. 2002. №1. №7.
16. Малиновский В. С. Опыт промышленной эксплуатации дуговой печи постоянного тока для плавки алюминиевых сплавов// Там же. 2001. №5.
17. Магнитодинамические установки для плавки и обработки металла// Металлургия машиностроения. 2002. №4.
18. Пономаренко О.И., Пелих В. Ф. Расчет оптимального количества плавильных печей// Литейное производство. 1997 №2.
19. Резчиков Е. А. Выбор и расчет количества плавильных агрегатов// Там же. 1997. №12.
20. Беляев В. М. Комплекс механизированной заливки// Там же. 1997. №10.
21. Дибров А. И. Новые возможности линий Disamatic// Там же. 1999. №1.
22. Гришенков Ю. А., Гарский В. Л. Обеспечение литейных цехов оборудованием: состояние и перспективы// Литейщик России. 2002. №3.
23. Оборудование для литейного производства ОАО «Снблитмаш» // Библиотечка литейщика. 2003. №6.
24. Беликов О.А. Состояние и перспективы производства на автоматических формовочных линиях// Литейное производство. 2000. №5.
25. Мельников А. П. Вертикально-стопочная формовка// Там же. 2000. №5.
26. Матвеев И.В., Исагулов А.З. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. Алматы: Гылым, 1998.
27. Автоматические формовочные линии фирмы Heinrich Wagner: Проспект. 1996.

28. Грушевский В.Г. Образование дефектных форм на автоматических линиях формовки //Литейное производство. 1989 №3.
29. Буданов Е. Н. Инвестиции в стержневое производство// Литейное производство. 1997. №3.
30. Чякунов В.М. Что такое No – bake? // Там же. 2002. №3.
31. Буданов Е. Н. Автоматизация процессов изготовления стержней// Там же. 1999. №1.
32. Жуковский С.С. Холоднотвердеющие смеси в современных технологиях изготовления стержней и форм// Литейщик России. 2002. №3.
33. Попов А. Стержневой пакет и перспективы современных процессов литья// Там же. 2002. №3.
34. Приходько В. В. Малогабаритная электрогидравлическая установка// Литейное производство. 1992. №2.
35. Балакин И. Я., Фомченко А. В. Технология очистки отливок. Л.: Машиностроение, 1986.
36. Королев Ю. Ф. Оборудование для финишной обработки отливок// Литейное производство. 2002. №1.
37. Сокол И. Б., Беляев В. М. Роботизированный комплекс изготовления форм для ЛВМ// Там же. 1992. №8.
38. Сокол И. Б. Роботизированный комплекс изготовления форм для ЛВМ// Там же. 1997. №10.
39. Пучков В.Г. Участок литья по выплавляемым моделям для многономенклатурного производства// Там же. 1992. №8.
40. Четверухин С.И. Об этажности литейных цехов //Там же. 1977. №6.
41. Бутов В.Н. Техническое перевооружение литейных цехов// Там же. 1991. №6.
42. Четверухин С.И. Унифицированные проектные решения при реконструкции чугунолитейных цехов// Там же. 1984. №11.
43. Модернизация литейных предприятий (зарубежный опыт)// Там же. 1996. №8.
44. Ковалев Ф. И., Комиссаров В. А. Оборудование для технического перевооружения литейных цехов// Там же. 1999. №10.
45. Козлов В.А. Организация литейного участка опытного производства //Там же. 1999. №11.
46. Серебряков В.С. Промышленные роботы в литейном производстве. – М.: Машиностроение, 1992.
47. Робототехника/Под ред. Е.П. Попова и Е.И. Юревича. – М.: Машиностроение, 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1.	Организация и методика проектирования	5
1.1	Анализ задания и исходных данных для проектирования	5
1.2	Производственная программа цеха	6
1.3	Алгоритм и методика расчёта производственных мощностей (программ) отделений	9
1.4	Выбор типа и расчет числа единиц основного технологического оборудования	11
2.	Проектирование основных отделений цеха	15
2.1	Проектирование плавильных отделений	15
2.2	Проектирование отделений формовки-заливки-выбивки	21
2.3	Проектирование стержневых отделений	27
2.4	Проектирование смесеприготовительных отделений	29
2.5	Проектирование отделений финишной обработки отливок	31
2.6	Проектирование цеховых складов, внутрицехового транспорта и вспомогательных служб	32
3.	Синтез объёмно-планировочных решений, определение основных параметров здания цеха	34
3.1	Выбор компоновки цеха	34
3.2	Определение параметров конструктивных элементов здания	36
3.3	Оформление плана расположения оборудования	38
4.	Разработка проектов реконструкции и технического перевооружения действующих цехов	40
5.	Особенности проектирования цехов специальных способов литья	42
5.1	Цехи литья по выплавляемым моделям	43
5.2	Цехи литья в оболочковые формы	45
5.3	Цехи литья под давлением	46
5.4	Цехи литья в металлические формы (кокили)	47
5.5	Цехи центробежного литья	49
6.	Проектирование роботизированных литейных цехов и участков	49
7.	Требования к содержанию и оформлению чертежей и расчётно-пояснительной записки к проекту цеха	53
	Приложения	58
	Литература	81