

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

Институт цветных металлов и материаловедения

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

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ  
ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

Конспект лекций

## СОДЕРЖАНИЕ

<u>МОДУЛЬ 1. ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ, РЕКОНСТРУКЦИЯ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....</u>	<u>4</u>
<u>Лекция 1.</u>	
<u>Тема: Проектные задания и стадии проектирования.....</u>	<u>4</u>
<u>Лекция 2.</u>	
<u>Тема: Проектные работы при реконструкции и техническом перевооружении литейных цехов. ч. 1.....</u>	<u>10</u>
<u>Лекция 3.</u>	
<u>Тема: Проектные работы при реконструкции и техническом перевооружении литейных цехов. ч. 2.....</u>	<u>15</u>
<u>МОДУЛЬ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....</u>	<u>22</u>
<u>Лекция 4.</u>	
<u>Тема: Проектирование плавильных отделений (ч-1).....</u>	<u>22</u>
<u>Лекция 5.</u>	
<u>Тема: Проектирование плавильных отделений (ч-2) .....</u>	<u>35</u>
<u>Лекция 6.</u>	
<u>Тема: Проектирование формовочно-заливочных отделений.....</u>	<u>61</u>
<u>Лекция 7.</u>	
<u>Тема: Проектирование стержневого отделения.....</u>	<u>76</u>
<u>Лекция 8.</u>	
<u>Тема: Смесеприготовительные отделения литейных цехов.....</u>	<u>102</u>
<u>Лекция 9.</u>	
<u>Тема: Проектирование термообрубного отделения.....</u>	<u>114</u>
<u>Лекция 10.</u>	
<u>Тема: Склады формовочных и шихтовых материалов.....</u>	<u>124</u>
<u>Лекция 11.</u>	
<u>Тема: Проектирование цехов специальных видов литья. ч. 1.....</u>	<u>140</u>

<u>Лекция 12.</u>	
<u>Тема: Проектирование цехов специальных видов литья. ч. 2.....</u>	<u>166</u>
<u>Лекция 13.</u>	
<u>Тема: Вспомогательные отделения литейных цехов.....</u>	<u>173</u>
<u>Лекция 14.</u>	
<u>Тема: АСУП литейных цехов.....</u>	<u>179</u>
<u>МОДУЛЬ 3.</u>	
<u>ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ,</u>	
<u>ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ,</u>	
<u>САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ</u>	
<u>ПРОЕКТА ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....</u>	<u>187</u>
<u>Лекция 15.</u>	
<u>Тема: Энергетика, водоснабжение, канализация, отопление и мероприятия по охране труда</u>	
<u>при проектировании литейных цехов.....</u>	<u>187</u>
<u>Лекция 16.</u>	
<u>Тема: Строительные решения зданий литейного цеха.....</u>	<u>196</u>
<u>Лекция 17.</u>	
<u>Тема: Организация и проектирование грузопотоков литейных цехов.....</u>	<u>212</u>
<u>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</u>	<u>218</u>

# **МОДУЛЬ 1. ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ, РЕКОНСТРУКЦИЯ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

## **ЛЕКЦИЯ 1.**

### **ТЕМА: ПРОЕКТНЫЕ ЗАДАНИЯ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

План лекции

1. Введение.
2. Техничко-экономическое обоснование и бизнес-план проекта. Выдача задания на проектирование проектной организации строящегося цеха.
3. Классификация литейных цехов. Состав литейных цехов и заводов. Задание на проектирование и рабочее проектирование. Исходные данные для проектирования литейных цехов и виды производственных программ.
4. Режимы работы цеха. Календарный, номинальный и действительный фонды рабочего времени.

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

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

Обычно разработку основной части проекта – технологической, поручают генеральному проектировщику, а он для разработки других или специфических сторон проекта привлекает субподрядчиков – специализированные проектные институты. К таким специфическим работам можно отнести выполнение инженерно-геологических, гидрологических и геодезических работ на площадке будущего строительства, проектирование внешних сетей, сооружений подготовки и очистки воды, канализаций, газификации и электроснабжения и др.

При проектировании литейных цехов могут быть различные варианты выполнения проекта:

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

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

- реконструкция – полное или частичное переоборудование производства на основе новых технологических процессов. Основные цели ре-

конструкции увеличение объемов производства, улучшение качества и расширение номенклатуры литья, повышение производительности труда за счет механизации и автоматизации производства. Здесь улучшение показателей связано с меньшими затратами и в более короткие сроки, чем при новом строительстве и расширении.

- техническое перевооружение – менее масштабное мероприятие по повышению технико-экономических показателей цеха или отдельного участка. Оно проводится без расширения имеющихся производственных площадей и сводится к замене устаревшего оборудования, внедрению средств механизации и автоматизации производства [1-2].

*Задание на проектирование* является исходным документом, на основе которого производятся расчеты и решение всех вопросов, возникающих в процессе создания проекта. Оно составляется министерствами или ведомствами или по их поручению комбинатами, предприятиями при непосредственном участии проектных организаций, которым поручено проектирование. Задание на проектирование должно содержать следующие сведения: наименование продукции; основание для проектирования, район, пункт и площадка строительства; номенклатуру продукции и мощность производства по основным ее видам (в натуральном или денежном выражении) на полное развитие и на первую очередь; специализацию и режим работы предприятия; основные источники обеспечения предприятия при его эксплуатации и в период строительства сырьем, водой, теплом, газом и электроэнергией; условия по очистке и сбросу сточных вод; основные технологические процессы и оборудование; предполагаемое расширение предприятия; намечаемые сроки строительства и ввода мощностей по очередям; размер капиталовложений и основные технико-экономические показатели предприятия, которые должны быть достигнуты при проектировании; кооперацию при строительстве предприятия; данные для проектирования объектов бытового жилищного и культурно-бытового строительства; стадии проектирования; наименование генеральной проектной организации; наименование строительной организации – генерального подрядчика.

Наибольшую важность в исходных данных представляет производственная программа. Она должна содержать задание на годовой выпуск отливок в тоннах с учетом выпуска запасных частей для производимой предприятием номенклатуры изделий (в % к основному выпуску) [3-6].

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

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

2. Наличие технических возможностей выполнения разработанной про-

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

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

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

*Бизнес-план* выполняет три основные функции:

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

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

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

*Основными признаками классификации* литейных цехов являются: развес отливок; род выплавляемых сплавов; характер (серийность) производства; степень механизации; вид специализации.

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

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

*Характер производства* определяет выбор и построение технологического процесса, и форму организации работы цеха. При увеличении серийности создаются более благоприятные условия для применения комплексной механизации и автоматизации [1-3, 6-7].

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

По степени механизации литейные цехи делятся на цехи средней механизации, механизированные и автоматизированные. Цехи, в которых основные технологические операции механизированы, относятся к средней механизации, например цехи индивидуального, мелкосерийного и серийного производства. К механизированным относятся цехи, в которых установлены комплексно-механизированные и автоматизированные линии. К автоматизированным относятся цехи, оборудованные комплексно-автоматизированными установками, например цех по производству автомобильных поршней.

Таблица 1

Классификация литейных цехов по серийности производства (черные металлы)

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

Таблица 2

Классификация литейных цехов по максимальной массе производимой отливки в зависимости от характера производства

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

По специализации различают отраслевые цехи и цехи по технологическому процессу. В понятие отраслевая специализация, прежде всего, входит тип отливок для определенной отрасли промышленности (автотракторная, станкостроительная и др.). При технологической специализации отливки

группируются по общности технологических параметров, зависящих в основном от назначения, габаритов, возможности изготовления в опоках одного типоразмера и имеющих одну марку металла. Технологическая специализация в литейном цехе позволяет максимально механизировать и автоматизировать процессы.

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

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

Литейный цех непосредственно состоит из производственных отделений: плавильного с шихтовым двором, участком подготовки и навески шихты; формовочно-заливно-выбивного; стержневого со складом готовых стержней; смесеприготовительного; термообрубного (с участками исправления дефектов, грунтовки и складирования); подготовки формовочных материалов.

В цехе имеется большое количество вспомогательных участков – регенерации формовочных смесей; ремонта заливочных ковшей и сводов печей; ремонтной службы механика и энергетика; ремонта модельно-опочной оснастки; изготовления каркасов холодильников, жеребеек, литейных паст и красок и др.; трансформаторных и конденсаторных подстанций; насосных и компрессорных станций; вентиляционных и очистных систем [1].

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

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

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



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

В литейных цехах применяют три вида режимов работы:

- ступенчатый (последовательный) режим работы, который заключается в том, что выполнение всех или большинства технологических операций изготовления отливки производится в различное время на одной и той же рабочей площади цеха. Режим характерен для цехов крупного литья (плацевая формовка) и цехов с низкой степенью механизации работ.

- параллельный, характерен для цехов массового и крупносерийного производства и заключается в выполнении всех технологических операций одновременно на разных производственных площадях и участках литейного цеха (на конвейере или линии) разными рабочими и машинами.

- комбинированный, назначаемый с учетом массы отливок и характера их производства в различных отделениях цеха.

Чаще всего литейные цехи работают по двухсменному графику работы. Продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

Ряд отделений (участков) литейного цеха в основном при массовом производстве литья, могут работать в три смены или две с половиной смены (плавильные печи) для обеспечения стабильной двухсменной работы отделений всего цеха.

Различают календарный; номинальный и действительный фонды времени.

Календарный фонд для оборудования и рабочих составляет  $\Phi_k = 365 \times 24 = 8760$  ч/год.

Номинальный фонд ( $\Phi_n$ ) - это время, в течение которого по принятому режиму должно работать оборудование и рабочие без учета потерь времени:

$\Phi_n = 2018$  ч/год при односменном режиме;

$\Phi_n = 4036$  ч/год при двухсменном режиме;

$\Phi_n = 6054$  ч/год при трехсменном режиме.

Фонд действительный является расчетным и определяется путем исключения из номинального фонда времени неизбежных потерь. Они связаны с возможными ремонтами оборудования и плановым обслуживанием его.

При установлении действительного фонда времени рабочего необходимо учитывать различного вида отпуска, потери из-за временной нетрудоспособности, выполнения государственных обязанностей и др. В зависимости от условий работы и продолжительности отпуска он может меняться в широких пределах от 1840 до 1610 ч/год [1-2].

Расчеты оборудования производятся по действительному фонду времени.

## Контрольные вопросы.

1. Дайте определение новому строительству литейных цехов?
2. Объясните термин расширение производства?
3. Что понимают под реконструкцией литейных цехов?
4. Что обозначает термин техническое перевооружение?
5. Какие основные сведения должно содержать задание на проектирование?
6. Цели и задачи ТЭО?
7. Какие три основные функции выполняет бизнес-план проекта?
8. Какие признаки классификации литейных цехов являются основными?
9. Как классифицируют литейных цехи по массе отливок?
10. Как классифицируют литейных цехи по роду металла?
11. Как классифицируют литейных цехи по характеру производства?
12. Как классифицируют литейных цехи по степени механизации?
13. Перечислите три вида режимов работы литейного цеха?
14. Какие фонды времени литейных цехов вы знаете?

## ЛЕКЦИЯ 2.

### ТЕМА: ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ. Ч. 1.

#### План лекции

1. Цели и задачи реконструкции литейных цехов. Проектные работы. Техническое перевооружение.
2. Современные методы выполнения проектных работ.
3. САПР литейных цехов.

*Реконструкция.* Основные цели реконструкции – увеличение объемов производства, увеличение качества и расширение номенклатуры литья, повышение производительности труда за счет механизации и автоматизации производства. Здесь улучшение показателей связано с минимальными капитальными затратами и за более короткие сроки, чем при новом строительстве и расширении.

К реконструкции действующего предприятия относится осуществляемое по единому проекту полное или частичное переоборудование и переустройство производства, как правило, без расширения имеющихся зданий и сооружений основного производственного назначения, но со строительством при необходимости новых и расширением действующих объектов вспомогательного и обслуживающего назначения, с заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования, механизацией и автоматизацией производства, устранением диспропорций в технологических звеньях и вспо-

могательных службах, обеспечивающих увеличение объема производства, в основном без увеличения численности работающих при одновременном улучшении их труда и охраны окружающей среды, на базе новой совершенной технологии, расширение ассортимента или повышение качества продукции, а также улучшение других технико-экономических показателей с меньшими затратами и в более короткие сроки чем при строительстве новых или расширении действующих предприятий. Реконструкция действующего предприятия может осуществляться также с целью изменения профиля предприятия и организации производства новой продукции на существующих производственных площадях.

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

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

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

В план технического перевооружения могут включаться также работы по частичной перестройке и расширению существующих производственных площадей предприятия, обусловленных габаритами вновь размещаемого оборудования и расширению существующих или строительству новых объектов вспомогательного назначения (различные склады, компрессорная, котельная, кислородная и другие подобные объекты), если это вызвано мероприятиями технического перевооружения основного производства. При проведении реконструкции литейных цехов помимо замены устаревшего и изношенного технологического транспортного оборудования разрешается пристройка к цеху вспомогательных и складских помещений, например: складов шихты и формовочных материалов; отделений регенерации; складов оснастки, опок и моделей; ремонтных отделений; лабораторий; помещений для вентустановок и электрооборудования и др. [1-2].

В отличие от условий реконструкции аналогичное расширение производственных и вспомогательных площадей, вызываемое мероприятиями тех-

переворужения основного производства, ограничено так, что объем строительно-монтажных работ, как правило, не должен превышать 10%. Возможна перепланировка и переустройство существующего помещения с подъемом кровли. Целесообразно объединять техпереворужение с капитальным ремонтом здания.

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

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

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

Внимание к экологической проблеме вызвало резкое увеличение затрат на охрану окружающей среды. Мероприятия по обеспечению нормированных выбросов вредных веществ в воздушный и водный бассейны теоретически не относятся к обновлению производственных фондов, но они должны быть отнесены к реконструкции действующего производства.

Многие старые литейные цехи располагаются в непосредственной близости от жилых районов городов. Общественность зачастую выступает за закрытие или вынос данных цехов за город. В этих условиях единственной возможностью сохранения производства и сложившихся коллективов литейщиков является проведение природоохранных мероприятий.

Любая реконструкция требует проведения анализа технико-экономического уровня цеха. При этом рассматриваются следующие вопросы: технико-экономический уровень и качество выпускаемой продукции; технический уровень оборудования; прогрессивность технологической схемы производства; технико-экономический уровень работы предприятия; обеспеченность трудовыми, энергетическими, материальными и другими ресурсами; анализ реконструируемого объекта в системе предприятия, объединения, региона и отрасли.

На основе анализа состояния цеха доказывается необходимость, возможность и определяется направленность предстоящего технического обнов-

ления. Направление реконструкции определяется с учетом последних достижений и перспектив развития науки и техники, а также с учетом социальных и экологических аспектов обновления.

В ТЭО формируются конкретные цели реконструкции, например: повышение качества отливок; повышение производительности труда; внедрение прогрессивных технологических процессов; устранение «узких» мест; увеличение технологической гибкости производства; увеличение выпуска отливок; снижение издержек производства и повышение технико-экономических показателей; улучшение условий труда и снижение вредных выбросов и др.

ТЭО включает в себя технико-экономические расходы, обосновывающие эффективность реконструкции по сравнению мероприятиями, направленными на лучшее использование имеющихся мощностей, или с новым строительством.

Вид реконструкции определяется исходным техническим уровнем цеха.

*Современные методы выполнения проектных работ.* Традиционные методы выполнения проекта обеспечивают высокое качество работ при условии участия в них высококвалифицированных исполнителей, не допускающих отклонений от нормативных требований. Однако и это очень важное условие, обеспечивает лишь качество проекта, но не сокращение времени проектных работ.

Имеются различные методы ускорения и повышения эффективности проектных работ. Одним из них является типовое проектирование. В этом случае проект создают не для конкретного, а для условного, приближенного к возможному случаю. Разрабатываются проекты отделений, участков и даже цехов в целом. А затем при конкретном задании остается лишь уточнить проектные решения, провести привязку, а иногда использовать типовые решения без изменений. Типовые решения особенно эффективны при реконструкции цехов.

Другим эффективным методом, широко распространенным в строительном проектировании и ландшафтной архитектуре является макетное проектирование. В этом случае создаются с той или иной степени достоверности макеты зданий, оборудования, систем и т.д. С помощью макетов принимаются и проверяются проектные решения, которые затем переносятся на чертежи и графики. Макетная проработка может быть проведена и на плоских элементах. В качестве рабочих чертежей, с точки зрения их будущих пользователей, эффективно применять объемные чертежи, которые позволяют в пространственном изображении уточнять детали проекта, элементы размещения и установки оборудования и систем в цеху [5-7,15,18-22].

Наиболее эффективным является применение различных методов оптимизации проектных работ, в том числе математического моделирования, применения ЭВМ и как наиболее совершенное – применение системы автоматизированного проектирования (САПР) литейных цехов.

На определенном этапе применение математических и других оптими-

зирующих методов не связано с собственно автоматизацией проектных работ.

Использование методов оптимизации требует предварительного анализа. При этом промышленную систему разбивают на объекты, подсистемы и элементы. Элементом в данном случае является комплекс однородных воздействий на объект производства, осуществляемых непрерывно на определенном рабочем месте и имеющих определенную целевую функцию. Элемент представляет собой неделимую в пространстве и во времени часть производственного процесса, состоящую из органически связанных между собой приемов элементарного процесса – собственно работы, контроля и управляющего воздействия. Элементы могут подразделяться на технологические, транспортные, управляющие, информационные, установочные, подготовительные и другие.

Анализ может также проводиться по уровням производства, например, по степени автоматизации.

При моделировании систем и элементов используют различные методы, в том числе: исследование временных рядов; структурный анализ; инвариантный анализ; анализ связей; анализ пороговых значений; метод конечных элементов; теория графов; математическая статистика и т.д.

Математические модели создаются как для технологических процессов, так и для расчетов. Например, исходя из известных свойств, создается модель смеси или сплава в зависимости от содержания компонентов. На основе таких моделей возможно создание моделей технологических процессов плавки, смесеприготовления и других.

На этом этапе оптимизации проектных работ ЭВМ применяется в двух направлениях. Во-первых, как информационная система (замена справочников, таблиц и классификаторов), во-вторых, для решения полученных математических уравнений, проведения и проверки расчетов.

Наиболее эффективным и перспективным направлением повышения производительности труда проектировщиков и качества проектной документации является применение САПР.

Внедрение САПР литейных заводов и цехов сопряжено с рядом трудностей, так как литейное производство включает в себя различные процессы и является многофакторным, трудно поддающимся моделированию. С другой стороны, создание необходимых программ и банков данных для действия САПР цехов требует значительных по объему и времени высококвалифицированных работ.

В полном объеме САПР цехов должна представлять следующее. Специалист-проектант после соответствующего анализа и подготовки вводит в систему конкретные исходные данные и проектное задание. Система, на основе имеющихся в ней данных и программ, анализирует задание и выдает первоначальные решения и рекомендации. Эти решения анализируются специалистами и либо принимаются, либо системе предлагается их уточнить с учетом замечаний и дополнительных данных. В конечном результате вырабатывается

окончательное решение, которое система выдает в виде печатного текста и построенных с помощью графопостроителя чертежей.

При реконструкции и техническом перевооружении САПР позволяет вести не только собственно проектные работы, но и проводить анализ работы, технологии и оборудования реконструируемого или перевооружаемого цеха, отделения или участка. В этом смысле важным является определение так называемых «узких мест», т.е. тех участков, которые не совсем соответствуют требованиям современной технологии, сдерживают развитие цеха и его комплексную механизацию и автоматизацию. На основе специального программного обеспечения САПР реконструкции и технического перевооружения может создать долгосрочные программы для заводов, объединений и отраслей, а также вести постоянный анализ работы действующих предприятий цехов и участков.

Контрольные вопросы.

1. Основные цели и задачи реконструкции литейных цехов?
2. Что относится к реконструкции действующего предприятия?
3. Что такое техническое перевооружение?
4. Типовое проектирование?
5. Какие работы входят в план технического перевооружения?
6. Что определяют в ходе проектных работ?
7. Методы выполнения проектных работ?
8. САПР литейных цехов?
9. Система САПР?
10. Что позволяет САПР при реконструкции и техническом перевооружении?

### **ЛЕКЦИЯ 3.**

#### **ТЕМА: ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ. Ч. 2.**

План лекции

1. Характеристика действующих литейных цехов.
2. Опыт реконструкции литейных цехов заводов России.
3. Критерии выбора технологии изготовления форм и стержней.

Сегодня в структуре литейного производства насчитывается 35 % литейных цехов мощностью менее 1 тыс. тонн в год; 32 % – до 5 тыс. тонн в год. Большинство из них составляют мелкие цехи с широкой номенклатурой.

Как правило, такие цехи по своим объемно-планировочным решениям и техническому состоянию непригодны для экономически оправданного и эффективного проведения работ по реконструкции. Удельные капитальные за-

траты на приведение их в современное или близкое к нему техническое состояние в несколько раз выше, чем при строительстве новых литейных цехов оптимальной мощности, а технико-экономические показатели производства все равно остаются на низком уровне. Поэтому, например, РТМ (руководящий технологический материал) по реконструкции литейных цехов станкоинструментальной промышленности рекомендует цехи мощностью до 3 тыс. тонн в год постепенно закрывать. Более крупные цехи подлежат тому или иному виду реконструкции.

За последние шесть лет реконструкции подверглись более 50 литейных производств, среди которых ОАО «АВТОВАЗ», ОАО «КАМАЗ-МЕТАЛЛУРГИЯ», ОАО «Ульяновский автомобильный завод», ООО «Металлист», г. Качканар, ФГУП «ПО Уралвагонзавод», ОАО «Балтийский завод», ОАО «Мценский литейных завод», ООО «Сасовский литейных завод», ОАО «Курганмашзавод», ОАО «Рязанский станкостроительный завод», ОАО «Бежецкий сталелитейный завод», ОАО «Чебоксарский тракторный завод», ОАО «Чебоксарский агрегатный завод», ОАО «Анжеромаш», ОАО «Оскольский металлургический завод», ОАО «Заволжский моторный завод» и др.

Прорабатываются вопросы реконструкции ЗАО «Центролит», г. Кашин, ОАО «Трансмаш», г. Калуга, ООО «Самарский сталелитейный завод», ОАО «Тверской вагоностроительный завод».

Реконструкция литейных цехов должна осуществляться на базе новых экологически чистых технологических процессов и материалов, прогрессивного оборудования, обеспечивающих получение высококачественных отливок, отвечающих европейским и мировым стандартам.

На современных заводах (КАМАЗ, ВАЗ) проводится техническое перевооружение действующего производства, связанное с внедрением новейших технологий и отдельных видов автоматического оборудования. Для них характерен переход на прогрессивные виды сплавов – ВЧШГ и ЧВГ, внедрение модифицирования чугуна в форме и в автоматических заливочных установках под давлением инертного газа. Унифицируются марки базового чугуна в жидком состоянии до двух против пяти в настоящее время. Это высокопрочный чугун для получения всех марок ВЧ и серый чугун для получения чугуна с вермикулярным графитом и с пластинчатым графитом. На компьютерной основе автоматизируются процессы плавки, внедряются АСУ диагностики состояния АЛЛ, АСУ «ремонт».

Совершенствуется технология изготовления отдельных отливок. На базе внедрения новых стержневых машин изготавливаются укрупненные стержни взамен сборных. Внедряются процессы изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей. Разработаны программы совершенствования финишных мероприятий обработки отливок – механическая обработка в полуавтоматическом режиме, внедряются робототехнические комплексы.

По цветным сплавам на КАМАЗе производится: замена литья в кокиль на литье под низким давлением и противодавлением, внедрение автоматиче-



ских линий для финишных операций, а также широкое использование робототехнических комплексов.

В отличие от новых, в старых механизированных цехах производится коренная реконструкция с полной или частичной остановкой производства, с возможным строительством новых пролетов, заменой большей части основного и вспомогательного оборудования, изменением или совершенствованием технологии.

Развитие любого литейного цеха в направлении увеличения масштабов производства или улучшения качества литья и расширения сортамента выплавляемых сплавов тесно связано с производительностью существующего плавильного отделения и металлургическими возможностями используемых плавильных агрегатов. Поэтому наиболее важными вопросами, которые необходимо решать при реконструкции, являются вопросы обеспечения потребности цеха в жидком металле по всей номенклатуре сплавов, улучшения качества выплавляемых сплавов и снижения или исключения вредных выбросов и воздействий на окружающую среду. При этом принимаемые решения по реконструкции должны обеспечивать улучшение технико-экономических показателей процесса и цеха в целом.

Реконструкция любого отделения литейного цеха должна начинаться с анализа существующего в цехе положения и выявления «узких» мест, сдерживающих развитие цеха.

Анализ работы плавильного отделения сводится к сравнению потребности цеха в жидком металле с возможностями формовочного отделения и фактического производства металла на существующем оборудовании плавильного отделения. При этом, если производительность плавильного отделения превышает потребности в жидком металле формовочного отделения (существующего или реконструируемого), то при условии обеспечения качества сплавов и работы отделения по организационным параметрам оно может не подвергаться реконструкции или подвергаться с целью улучшения качества сплава, улучшения экологических условий в цехе, снижения затрат на производство металла.

Если производительность плавильного отделения меньше потребности цеха в жидком металле, то необходима реконструкция с целью увеличения производительности отделения, а также улучшения качества сплава и технико-экономических показателей плавки.

Аналізу должны подвергаться результаты работы цеха – наличие и доля брака отливок, определяющиеся качеством металла (температурой заливки, соответствием химического состава сплава требованиям ГОСТов, содержанием вредных примесей, влияющих на брак отливок, и др.).

Важным является анализ грузопотоков материалов и жидкого металла в цехе и проведение анализа их с целью организации непрерывного потока или исключения встречных и пересекающихся грузопотоков в отделении и в цехе в целом при последующей реконструкции плавильного отделения.

Сегодня перспективными плавильными агрегатами являются индукционные печи средней частоты, дуговые печи постоянного тока, которые в последние годы находят широкое распространение в литейных цехах единичного, мелкосерийного и серийного производств. В массовом производстве применяются и будут применяться индукционные печи промышленной частоты емкостью 10 тонн и выше, в том числе в дуплекс-процессах с канальными индукционными миксерами и вагранками.

Индукционные печи средней и промышленной частоты производят следующие промышленные предприятия: ЗАО «Рэлтек», г. Екатеринбург, ОАО «Электротерм», г. Саратов, ОАО «Новозыбковский завод электротермического оборудования», г. Новозыбков, Брянской обл., ООО «Курай», ЗАО «НПП Электротехнология», г. Екатеринбург и др. Печами этих предприятий оснащены многие отечественные предприятия. Наряду с этим широкое распространение получили индукционные печи зарубежных фирм: «АВВ», «Юнкер» (Германия), «Индуктотерм» и «Аякс» (США), «Эгес» (Турция) и др.

Перспективным направлением реконструкции чугунолитейных цехов является использование дуплекс-процесса вагранка – индукционный миксер. Такая реконструкция позволяет резко улучшить качество металла – повысить температуру, усреднить и стабилизировать химический состав, а также обеспечить непрерывное снабжение формовочно-заливочно-выбивного отделения жидким металлом. При этом можно организовать модифицирование чугуна и повысить его свойства.

Реконструкция плавильных отделений сталелитейных цехов имеет ряд специфических особенностей, связанных с организацией заливки литейных форм, ограниченным количеством заливаемых форм, методом их изготовления, невозможностью длительного хранения выплавленной стали.

Пути реконструкции плавильных отделений сталелитейных цехов с целью улучшения качества выплавляемой стали сводятся к замене кислой футеровки электродуговых сталеплавильных печей на основную, что позволяет выплавлять низкосернистые и низкофосфористые марки сталей, в том числе легированные и высоколегированные, однако это ведет к заметному снижению производительности печи, замене мартеновских печей и малых бессемеровских конвертеров на электродуговые и индукционные печи. Другим направлением улучшения качества стали, снижения расхода электродов и огнеупорных материалов, легирующих добавок является использование ковшей-миксеров для внепечной обработки стали.

В случае реконструкции плавильного отделения с целью выплавки специальных марок стали и сплавов могут использоваться оригинальные методы плавки: индукционно-плазменные, вакуумные индукционные, переплавные, вакуумно-дуговые и электрошлаковые.

Примером современной реконструкции может служить реконструкция плавильного отделения КАМАЗа, ОАО «Курганмашзавода», где осуществлен перевод печей переменного тока на печи постоянного тока.

Качество металла, выплавляемого в печах ДСПТ, введенных в промышленное производство позволяет получать металл с высокими показателями качества. Кроме того, новая технология уменьшает уровень загрязнения окружающей среды.

Реконструкция плавильных отделений может носить кардинальный характер с заменой существующих плавильных средств на более экономичные, производительные и экологически чистые, а может быть и локальный, затрагивая лишь отдельные стадии процесса: подготовка шихтовых материалов, включая подогрев; интенсификация процесса плавки или рафинирования и модифицирования расплава; улучшение организации производства, или приведения в соответствие возможностей плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений.

Основное направление технического перевооружения формовочных отделений – переход на автоматические литейные линии (АЛЛ).

Можно выделить три варианта реконструкции формовочных отделений действующих литейных цехов.

Первый вариант – это строительство новых пролетов, необходимых для установки АЛЛ. Этот вариант следует считать наиболее удачным, если есть место для строительства. Обычно новый пролет строится двухэтажным, чтобы можно было установить смесеприготовительное оборудование, предназначенное специально для этой линии. Формовочное оборудование с конвейером располагается на втором этаже, а на первом – система подготовки оборотной смеси. В этом пролете можно разместить и некоторое плавильное оборудование для выдержки металла с организацией подачи металла на линию. Это позволяет автоматизировать и механизировать заливку и таким образом организовать совершенно новый комплекс изготовления форм, их заливки и выбивки отливок.

Как правило, строительство новых пролетов резко повышает технологические и технические возможности литейного цеха и позволяет изготавливать новые виды отливок, например, более крупные и сложные или отливки из чугуна с шаровидным графитом. Этот вариант реализован при реконструкции чугунолитейного цеха ЯМЗ, имеющего Ш-образную компоновку. Новый двухэтажный пролет с линией «Кюнкель Вагнер» построен между двумя старыми одноэтажными пролетами.

Второй вариант – высвобождение части пролета в старом здании для установки специальной формовочной линии. АЛЛ должна быть достаточно компактной для того, чтобы разместить ее на ограниченной площади по соседству с другими участками цеха без их реконструкции и прекращения работы: пример – реконструкция старых литейных цехов ГАЗа, создавшего малогабаритные АЛЛ применительно к условиям своего завода. Это позволило в сравнительно короткие сроки коренным образом преобразить формовочные отделения цехов, повысить производительность труда, увеличить выпуск отливок и повысить качество.

Третий вариант – работа на небольших площадях, высвобожденных у действующего конвейера для монтажа автоматизированного малогабаритного формовочного модуля, который работает сначала со старым оборудованием, а затем, по мере освоения, позволяет освободить место для установки второго такого же модуля и превратить механизированную формовочную линию в автоматическую. В этом случае возникает много организационных и технологических задач: совместимость на линии опок по размерам и конструкции, их взаимозаменяемость, возможность использования опок автоматического модуля на старом оборудовании. Надо решить вопросы заливки таким образом, чтобы те формы, которые изготавливаются на автоматическом модуле, можно было бы заливать методом, предусмотренным для механизированной линии. Необходимо тщательно проанализировать процесс выбивки, так как часто именно он не позволяет изменить размеры и конфигурацию опок, методы извлечения отливок из опок. Подлежит анализу также система возврата пустых опок. Ее работу следует сохранить или изменить, чтобы новые опоки, применяемые на автоматизированном модуле, не затруднили работу действующей линии. Для простых форм может быть целесообразно снятие специальных опок с полуформ после формовки (как при безопочной парной формовке). На конвейер становятся формы без опок, что облегчает выбивку форм, возврат опок и резко сокращает парк опок.

Оборудование для технического перевооружения действующих формовочных отделений должно отвечать определенным технологическим требованиям. Нужно стремиться к сохранению элементов технологии формовки отливки, сохранять отработанные технологические приемы, позволяющие ускорить освоение нового оборудования.

Для современных формовочных линий опочной и безопочной формовки характерны отказ от жестких конвейерных систем и замена их гибким транспортом и включение в состав линии одного формовочного агрегата для изготовления верхних и нижних полуформ.

Современными динамическими методами уплотнения форм являются: воздушно-импульсные низкого давления, в том числе с последующим прессованием, пескодувно-прессовый, Сеатцу-процесс, метод высокоскоростного ударного прессования и их сочетания. Формовочные машины в России изготавливают ОАО «Сиблитмаш», г. Новосибирск, ОАО «Усманский завод литейного оборудования», в Беларуси формовочное оборудование изготавливает «Институт БЕЛНИИЛИТ». Формовочные машины и автоматические линии закупаются у зарубежных фирм «Диса», «ХВС», «Кюнкель-Вагнер» и др.

Основным направлением модернизации процессов изготовления стержней является применение холоднотвердеющих смесей.

В настоящее время эти процессы развиваются в следующих направлениях:

- Альфа-сет-процесс с применением щелочной смолы фенольного класса и отвердителей на базе смеси органических эфиров;

- применение ХТС на базе фурановых, карбамидофурановых и фенолофурановых смол;
- Бета-сет-процесс с применением фенольной щелочной смолы и продувкой газообразным метилформиатом;
- Колд-бокс-амин-процесс с применением фенольно-изоцианатного связующего и продувкой триэтиламиноом, триметиламиноом, диметилэтиламиноом;
- Резол-СО<sub>2</sub>-процесс с применением фенольной смолы типа «Экофен» с продувкой углекислым газом.

Каждый из перечисленных процессов имеет свою рациональную область применения, в которой реализуются его технические, экономические и экологические преимущества.

При решении вопроса модернизации действующего или создания нового производства, освоения новой номенклатуры, как правило, возникает сложная проблема выбора. От качества этого решения зависят все основные экономические результаты проекта.

Выбирая процесс, анализируются технические, экологические и экологические стороны.

Основными критериями технического направления являются достижимые для данного процесса темп производства, прочность стержня или формы при заданном темпе, свойства смеси при высоких температурах, которые определяют качество отливок, выбиваемость, возможность регенерации отработанных смесей и ряд специальных требований.

Для каждого из современных процессов имеется достаточно информации, чтобы оценить его по всем названным критериям. Решение зависит от того, насколько полно процесс соответствует по этим параметрам требованиям будущего производства.

При анализе экономического направления обычно принимают решение на основании расчета себестоимости по сравнению с выбранной базой. Экологический фактор включает задачи по оптимизации технологических инженерных и проектно-конструкционных решений, исходных из минимального ущерба окружающей среде и здоровью человека.

Контрольные вопросы.

1. Методы обновления основных производственных фондов?
2. В чем заключается расширение действующего предприятия?
3. Что предусматривает реконструкция устаревшего предприятия?
4. В чем заключается техническое перевооружение предприятия?
5. Какие цехи формируются в ТЭО?
6. Что является перспективным направлением реконструкции плавильных отделений?
7. Основные направления технического перевооружения формовочных отделений?
8. Какие рекомендации можно дать при реконструкции стержневых отделений?

ний?

## **МОДУЛЬ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

### **ЛЕКЦИЯ 4.**

#### **ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ (Ч-1)**

План лекции

1. Перечень выполняемых операций и состав плавильных отделений литейного цеха.
2. Составление баланса металла.
3. Расчет вместимости и количества плавильного оборудования.
4. Выбор вместимости ковша и расчет их парка.

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

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

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

Плавильные агрегаты, используемые в различных литейных цехах, и

технология выплавки в них, существенно отличаются по возможностям воздействия на процесс как по металлургическим, так и тепловым параметрам. Поэтому выбор технологического процесса должен учитывать эти обстоятельства в зависимости от номенклатуры и качества получаемых отливок.

Перечень операций, выполняемых в плавильных отделениях, приведен в табл. 3.

Таблица 3

Основные технологические операции, выполняемые в плавильных отделениях

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

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

Современное плавильное отделение имеет примерно следующий состав:

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

2. Участок подогрева шихты, оснащенный специальными установками.

3. Участок плавки, оборудованный плавильными агрегатами.

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

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

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

7. Подъемно-транспортное оборудование, электрокары, стенды для

перелива расплава, переливные желоба и другое оборудование.

8. Пульты управления АСУП.

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

10. Системы вентиляции и очистки отходящих газов и воды.

11. Системы уборки и переработки шлака.

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

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

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

Брак отливок зависит от характера литья, рода металла, вида производства. При проектировании процент брака устанавливается по опыту работы базового цеха (2-4 %). Угар и безвозвратные потери зависят только от рода металла и вида плавильного агрегата и приведены в табл. 4.

Таблица 4

Средний угар и безвозвратные потери в плавильных печах

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

Годовой расход металла на годные отливки, литниковые системы и брак принимается по ведомости расчета количества и веса отливок на годовую программу. В мелкосерийном и индивидуальном производстве при отсутствии подетально разработанной технологии изготовления отливок потребность в металлозавалке определяется укрупненным расчетом. Основным показателем при расчете является выход годных отливок, который зависит от рода металла, отрасли промышленности и характера литья (мелкое, среднее,



крупное). При укрупненном расчете программа выпуска отливок разбивается на весовые группы согласно табл. 5, 6. Потребность металлозавалки определяется по каждой весовой группе. Выход годных отливок для каждой группы различный и приведен в табл. 7.

Вес металлозавалки каждой группы определяется по формуле

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

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

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

Для расчета потребного количества плавильных агрегатов составляется ведомость расчета металлозавалки по маркам металла (табл. 8).

Расчет плавильных агрегатов ведется по жидкому металлу. Вес металлозавалки в табл. 8 складывается из веса жидкого металла (п. 4) и веса угара и безвозвратных потерь (п. 5).

Пример расчета баланса металла для цеха, производящего в год 40 тыс. тонн приведен в табл. 9.

На годовую программу потребность составляет:

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

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

*Расчет вместимости и количества плавильного оборудования.*

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

После выбора типа агрегата необходимо установить вместимость и производительность его.

Лучшие технико-экономические показатели процесса имеют печи большей садки и, следовательно, они являются экономичными. С точки зрения организации производства, особенно при непрерывном его характере (конвейеры, автоматические линии), необходимо бесперебойно и равномерно обеспечивать формовочно-заливочно-выбивное отделение жидким металлом.

Таблица 5

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

Таблица 6

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

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

Таблица 7

## Средний выход годного литья для различных отраслей промышленности, %

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

Это лучше всего достигается при частых выпусках плавки, то есть на печах малой вместимости, или при применении промежуточного буфера – миксера, на печах большой вместимости. При установке в плавильном отделении печей малой вместимости возрастает количество обслуживающего персонала, а также затраты на эксплуатацию. Однако с увеличением вместимости индукционной печи 6 т и более приведенные затраты изменяются незначительно и применение печей садкой более 6 т не дает большой экономической выгоды.

Таблица 8

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

Таблица 9

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

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

В случае невозможности использовать весь металл для заливки форм при выплавке чугуна можно использовать миксер. Вместимость миксера мож-

но принять на основании данных табл. 10 или табл. 11, но и в этом случае нельзя иметь только один миксер, желательнее иметь их в цехе хотя бы два.

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

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

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

Таблица 10

Техническая характеристика индукционных печей для получения чугуна				
Тип плавильной печи	Вместимость печи, т	Мощность печи по трансформатору (преобразователю), кВт	Частота тока, Гц	Расчетная скорость плавки (перегрев на 100°C), т/ч
ИЧТ-1	1,0	400	50	0,6
ИЧТ-2,5	2,5	1000	50	1,7
ИЧТ-6	6,0	1600	50	2,7
ИЧТ-10	10,0	2500	50	2,4
ИЧТ-21	21,0	5600	50	11,3
ИЧТ-31	31,0	7100	50	14,2
ИЧТ-60	60,0	20000	50	33,6

Таблица 11

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

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

Из сказанного следует, что вместимость дуговых печей будет тем меньше, чем меньше металлоемкость формы, но зато в цехе возрастет число печей.

Сталелитейные цехи, как правило, имеют в плавильном отделении от 6 до 10 печей, еще большее число печей устанавливают в цехах точного литья по выплавляемым моделям (до 15 шт.), в которых заливаемые формы имеют очень низкую металлоемкость.

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

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

Необходимое количество вагранок для плавки чугуна рассчитывается по следующим формулам

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

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

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

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

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

Характеристики индукционных электрических печей для плавки и выдержки чугуна приведены в табл. 12.

*Выбор вместимости ковша и расчет их парка.* Нормальная организация работ в плавильном отделении невозможна без оптимального количества

разливочных ковшей, служащих для приема плавки, кратковременного хранения, перемещения и заливки расплава.

Для перемещения ковша должно быть запроектировано соответствующее грузоподъемное и транспортное оборудование – монорельс с ручным или электрическим приводом, электрифицированными монорельсовыми тележками, кран-балками или мостовыми кранами соответствующей грузоподъемности.

Таблица 12

Техническая характеристика тигельных миксеров

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

Вместимость заливочного ковша определяется, в первую очередь, максимальной металлоемкостью формы и может быть равно или кратна ей. Если таких отливок изготавливается несколько штук в год, тогда заливка самой крупной формы осуществляется из двух или даже трех ковшей, которые могут заполняться из различных плавильных печей. Вместимость ковша определяется также видом сплава, типом плавильного агрегата (с непрерывной, периодической или дискретной выдачей). Выпуск металла из сталеплавильной печи обычно осуществляется дискретно с полным опорожнением печи, поэтому вместимость различного ковша должна быть равна вместимости печи и даже несколько превышать ее, с учетом возможного незначительного перегруза печи.

В чугунолитейных и цветно-литейных цехах с непрерывно работающими печами выпуск металла осуществляется в промежуточную емкость – миксер или копильник с последующей раздачей по заливочным ковшам. В этом случае вместимость заливочного ковша будет определяться числом возможных заливок литейных форм. Для заливки цветных сплавов непосредственно



у кокильных станков или машин литья под давлением устанавливаются раздаточные печи, и разливка в формы ведется в этом случае черпаком, равным металлоемкости формы.

Число заливок, как указывалось ранее, для стальных отливок не может составлять более 6-8, а для чугуна до 10-12. Зная среднюю металлоемкость формы, можно установить вместимость разливочного ковша, перемножив металлоемкость формы на число заливок. Вместимость ковша должна быть принята стандартной, ближайшей к расчетной величине.

Различают три типа ковшей – конические (носковые и чайниковые), стопорные и барабанные. Наиболее подробные сведения о стандартных сталеразливочных ковшах можно найти в ГОСТ 7358-78.

Для других ковшей кранового и монорельсового типа основные параметры (вместимость; масса с траверсой, механизмом поворота и футеровкой; габаритные размеры; высота от низа конструкции ковша до оси поворота, которая предотвращает самопроизвольное опрокидывание ковша с металлом; расстояние от носка ковша до оси поворота) приведены в нормативных данных.

В цехе желательно иметь один тип ковшей для того, чтобы облегчить уход за ними и создать приспособления для ремонта футеровки и сушки ковша, однако в цехах с разнообразной номенклатурой приходится иметь несколько типов ковшей различной металлоемкости. Предпочтение следует отдавать чайниковым и барабанным ковшам как имеющим минимальные потери тепла.

При расчете необходимого парка ковшей разной вместимости исходят из времени оборота ковша, которое складывается из времени заполнения ковша металлом, транспортировки его до места заливки, времени разливки металла, возвращения ковша под новое заполнение, слива остатка и ожидания заполнения ковша. Таким образом, зная по технологической карте основной параметр – время заполнения литейной формы и организацию работ в цехе, можно установить время оборота ковша, а также часовую производительность ковша по заливке. Сравнив эту цифру с потребным количеством металла на заливку полученных форм в час, определяем число ковшей, необходимых для обеспечения металлом данного потока, по выражению

$$n'_k = \frac{q'_{Me} \times \tau_{ц.к} \times K_n}{q_k},$$

где  $n'_k$  – число ковшей определенной металлоемкости, находящихся одновременно в работе, шт.;  $q'_{Me}$  – потребность в металле для заполнения готовых форм из такого ковша, кг/ч;  $\tau_{ц.к}$  – время оборота (цикла) работающего ковша, ч;  $q_k$  – металлоемкость ковша, используемая на заполнение литейных форм, кг;  $K_n$  – коэффициент неравномерности потребления металла под заливку.

Потребность в металле будет определяться производительностью литейной линии или конвейера, и если в цехе один формовочный поток, то она будет равна  $q'_{Me}$  часовой потребности цеха в металле. Время оборота ковша

определяется нормированием в соответствии с вышеописанным циклом и будет зависеть не только от вместимости ковша, но и от длины пути пробега от печи до места заливки. Коэффициент неравномерности потребления металла для ковша будет больше, чем при расчете количества плавильных печей, и если с запасом можно брать в пределах 1,3-1,7. Metallоемкость ковша, используемая для заполнения литейных форм, будет определяться числом залитых форм и металлоемкостью каждой из них. Фактическое заполнение ковша должно идти с некоторым избытком, чтобы не допустить недолива литейной формы. Этот избыток затем сливается в емкость и в виде слива возвращается в шихту.

Работающий ковш постепенно выходит из строя из-за механического разрушения футеровки носка, краев, а также разъедания внутренней футеровки металлом и шлаков. Поэтому периодически ковш возвращается на перефутеровку. Ломается рабочий слой кладки или набивки, очищается горловина ковша и затем восстанавливается первоначальная футеровка. Ковш подвергается сушке, разогреву и после этого включается в работу. Значит, для проведения ремонта нужно иметь резервные ковши.

Длительность ремонтного цикла ковша обычно невелика и связана с вместимостью, методом восстановления футеровки, длительностью сушки и разогрева ковша. Она колеблется от 8 до 16-18 ч. Ремонтный цикл также зависит от технологии, принятой на данном предприятии, и вида заливаемого сплава, возрастая при подготовке ковшей для заливки чугуна и особенно стали. В ряде случаев мелкий ремонт ковша – подмазка носка, снятие скардovin с горловины осуществляется в процессе рабочего цикла ковша. В то же время в стопорных ковшах после каждой плавки меняют разливочные стаканы и стопора, что удлиняет цикл оборота ковша.

Рабочий цикл ковша от ремонта до ремонта складывается из длительности оборота ковша и числа наливов, которые выдерживает его футеровка. В зависимости от стойкости футеровки меняется число межремонтных циклов в течение года, и обычно принимается среднекалендарное время межремонтного цикла ковша, то есть устанавливается среднее число ремонтов. Например, на ВАЗе стойкость ковшей для разлива серого чугуна составляет примерно 2 месяца или 6 ремонтов в год. Ковши имеют набивную муллитовую футеровку с применением в качестве связующего ортофосфорной кислоты. Ковши, используемые для разлива высокопрочного чугуна, выдерживают лишь около 0,5 месяцев, а иногда и меньше. Таким образом, ковш проходит 24 ремонта в год.

Число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течение года, устанавливается по формуле

$$n_{к.р} = \frac{n_k \times \tau \times n_p \times K_n}{\Phi_p},$$

где  $n_{к.р}$  – число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течение года, шт.;  $n_k$  – число ковшей, находящихся одновременно в работе, шт.;  $\tau$  – общая

длительность ремонтного цикла ковша, ч;  $n_p$  – число ремонтов ковша в год, шт.;  $K_n$  – коэффициент неравномерности поступления ковшей в ремонт;  $\Phi_p$  – фонд рабочего времени ремонтных рабочих, ч.

Кроме того, необходимо иметь резервные ковши на случай аварийного выхода их из строя. Число резервных ковшей не должно быть меньше двух, а при большом числе одновременно работающих ковшей составлять 15-20 % от их числа.

Расчет необходимого парка ковшей сводится тогда к заполнению табл. 13.

Таблица 13

Расчет парка ковшей									
Вместимость ковша, кг	Оборот ковша, мин.	Количество металла, заливаемого из ковшей данного типа, кг/ч	Длительность работы ковша до смены футеровки, ч	Производительность одного ковша, кг/ч	Число работающих ковшей в смену, шт.	Длительность ремонтного цикла, ч	Число ковшей, шт.		
							в ремонте	в резерве	общее

Контрольные вопросы.

1. Какие операции выполняются на плавильном участке?
2. Что относится к безвозвратным потерям металла. Перечислить статьи потерь?
3. Что такое выход годного? От каких параметров он зависит?
4. Какие расчеты осуществляют при проектировании плавильных отделений?
5. Что такое шихта? Что учитывается при определении состава шихты?
6. Какое оборудование в плавильном отделении предусмотрено для подготовки шихты?
7. На чем основан выбор типа плавильного агрегата для фасонного сталелитейного производства стали в зависимости от развеса литья и масштаба производства?
8. Типы плавильных агрегатов, применяемых в цехах серого чугуна, их достоинства и недостатки?
9. Как осуществляется выбор конструкции и емкости печи?
10. Какие статьи расходов включены в годовой баланс металла?

## ЛЕКЦИЯ 5.

### ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ (Ч-2)

План лекции

1. Плавильные отделения чугунолитейных, сталелитейных и цехов цветного

литья.

2. Характеристика плавильного оборудования.

3. Основные принципы и примеры компоновок плавильных отделений.

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

Современные ваграночные установки должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Плавка должна вестись с минимальным расходом кокса, не превышающим 12 % от металлозавалки.

2. В отходящих газах содержание пыли не должно превышать 0,15 г/м<sup>3</sup>, окиси углерода 0,1 %.

3. Температура выплавляемого чугуна должна быть не ниже 1400-1420°С.

4. Трудоемкие операции по взвешиванию, транспортировке и загрузке шихты должны быть автоматизированы.

5. Тепло отходящих газов (физическое и химическое) следует использовать для подогрева дутья и бытовых нужд в цехе.

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

Производительность вагранок определяется диаметром шахты в плавильном поясе:

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

Удельная производительность (на 1 м<sup>2</sup> сечения шахты) колеблется от 8 до 12 т/ч·м<sup>2</sup>.

*Плавильные отделения в сталелитейных цехах.* В сталелитейных цехах, кроме плавильных агрегатов, предусматривают установки для специальной обработки жидкого металла, например для вакуумирования, рафинирования, дегазации и т.п. Для выплавки стали обычно устанавливают электрические дуговые или индукционные печи. Их параметры представлены в табл. 14. В цехах, производящих отливки ответственного назначения или с особыми свойствами, применяют дуплекс-процесс: шихту расплавляют в основной ду-

говой печи, где производят обессеривание и дефосфорацию, затем жидкий металл доводят по составу и температуре в кислой индукционной или дуговой печи.

При проектировании плавильных отделений сталелитейных цехов необходимо учитывать круглосуточную работу плавильных агрегатов, вследствие чего действительный фонд времени их работы превышает действительный фонд времени работы формовочных отделений, как правило, работающих по двухсменному режиму. Разница действительных фондов времени работы плавильного и формовочного отделений составляет около 4000 ч.

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

Емкость и количество плавильных печей рассчитывают по общему количеству стали на годовую программу. Используются формулы, аналогичные формулам для расчета электрических печей, при этом учитывается количество стали, необходимое для производства слитков.

*Плавильные отделения в цехах цветного литья.* Для плавки цветных сплавов применяют электрические и топливные печи, выбор их определяется температурой плавления и плотностью сплава. В настоящее время наибольшее применение находят индукционные тигельные или канальные и дуговые печи, характеристики которых приведены в табл. 15.

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

*Планировочные решения плавильных отделений.* Плавильные отделения в литейных цехах обычно размещают в торце здания цеха либо в центре его в зависимости от условий планировки цеха, его производительности и потребности в шихте. Цехи большой производительности имеют плавильные отделения в торце цеха, причем пролеты плавильного отделения зачастую располагаются перпендикулярно к пролетам формовочно-заливочно-выбивного и других отделений цеха.

С плавильным отделением органически связаны шихтовый двор и участок огнеупорных работ (ремонта футеровки печи, подготовки ковшей, футеровки сводов и др.).

Таблица 14

## Основные характеристики дуговых и индукционных сталеплавильных печей

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

Таблица 15

## Основные характеристики печей для плавки цветных сплавов

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

Шихтовый двор располагается на уровне нулевой отметки, а бункера могут иметь углубления до отметки  $-2,0 \div -3,0$  м. Бункера металлической шихты должны иметь стены, облицованные металлом (чаще всего железнодорожными рельсами), с тем, чтобы они не разрушались в процессе эксплуатации. Это особенно важно для цехов большой производительности, где разгрузка и погрузка материалов ведется с помощью магнитной шайбы и в высоком темпе.

Пролеты шихтового двора обычно выполняются шириной 18 или 24 м. Длина их или соответствует ширине цеха, если пролет расположен перпендикулярно основным отделениям, или больше, если не хватает площадей для размещения нужного количества бункеров и площадок.

Участок огнеупорных работ в крупных литейных цехах выделяется в самостоятельное помещение и ему отводится пролет, параллельный шихтовому двору, шириной 12 или 18 м. В цехах небольшой производительности он располагается в одном пролете с плавильными печами и ему выделяется место ближе к стенам цеха.

Плавильные отделения должны максимально приближаться к потребителю жидкого металла – формовочно-заливочно-выбивному отделению, с тем чтобы обеспечить минимальный провоз жидкого металла от раздаточной печи до литейной формы, но необходимо исключить неоправданные переливы металла из печи в ковш, так как при этом теряется температура перегрева расплава от 30 до 60 К в зависимости от вместимости ковша и скорости слива металла.

Плавильные печи располагаются, как правило, на одном этаже с формовочно-заливочно-выбивным отделением и выпуск металла осуществляется на этой отметке. Имеют место проектные решения расположения плавильных печей на уровне пола цеха с последующим подъемом ковша на второй этаж с помощью мостового крана. Такую схему, с точки зрения организации работ и техники безопасности, следует признать нерациональной. На втором этаже могут размещаться вагранки, электродуговые, пламенные и индукционные печи. Рекомендуются следующие отметки пола второго этажа: +7,2; +7,8; +8,4.

Кроме того, плавильное отделение может иметь дополнительные промежуточные перекрытия и площадки для размещения оборудования и удобства обслуживания. Шаг колонн в плавильном отделении принимается равным 12 м и лишь при применении плавильных печей малой производительности допускается шаг колонн 6 м, а здание выполнять из железобетонных конструкций.

На рис. 1 показаны схемы расположения блока вагранок с рекуперативным подогревом дутья, скиповой загрузкой шихты и выпуском металла в индукционные каналные миксеры барабанного типа (рис. 1, а), а также размещения индукционных тигельных печей (рис. 1, б).

На схемах расположения оборудования (рис. 1) выпуск металла осуще-



ствляется перпендикулярно пролету в миксеры или непосредственно в ковш. Схему выпуска металла из вагранки в миксер по передаточному желобу следует признать рациональной, так как при этом не требуется участие подъемно-транспортного оборудования и снижаются потери тепла при переливе. Важной особенностью системы слива металла в миксере является слив металла по оси вращения миксера, что не нарушает прием металла во время слива металла из миксера. Около миксера проходит монорельсовый путь, по которому движется приемный разливочный ковш.

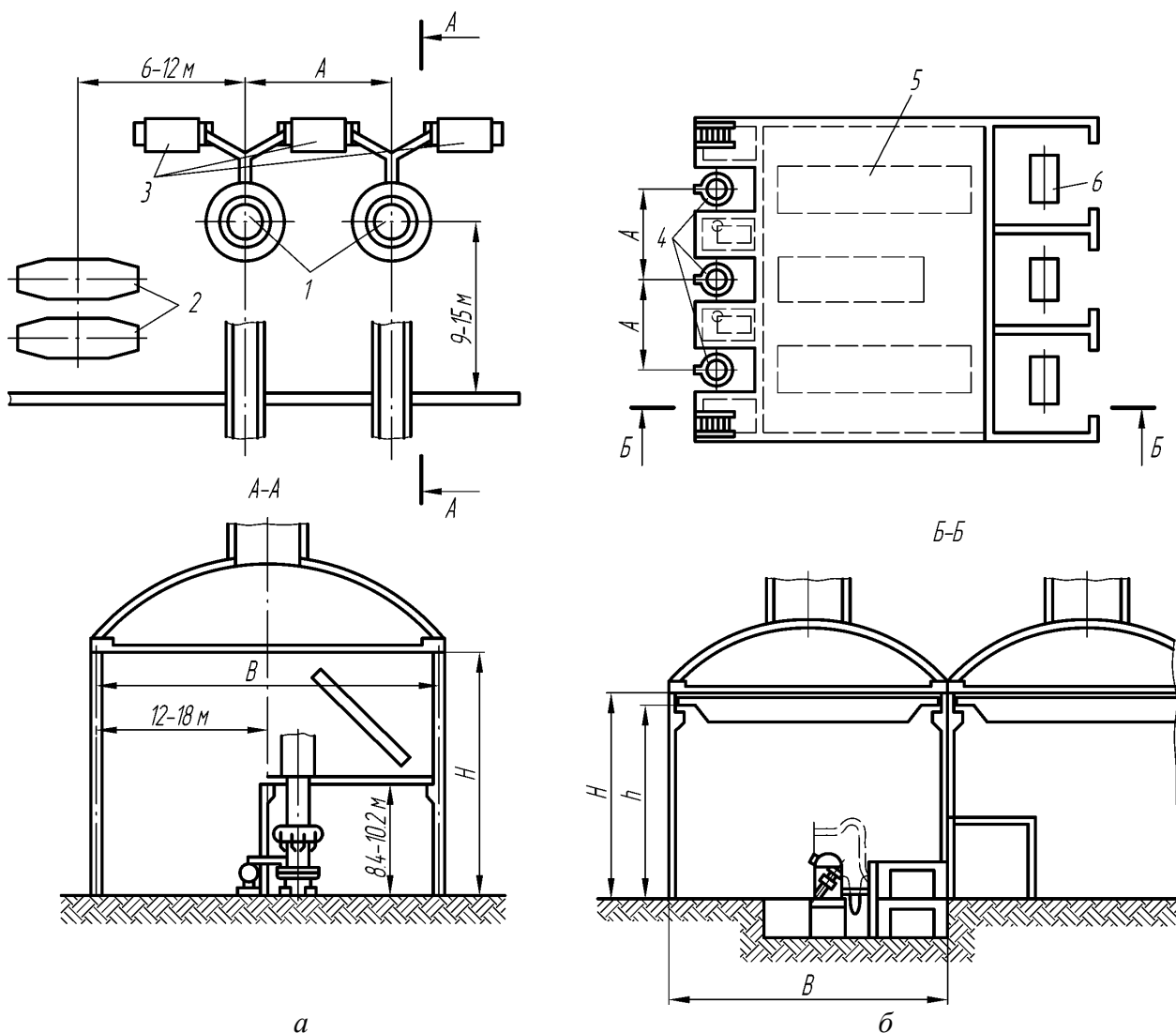


Рис. 1. Схемы расположения вагранок (а) и индукционных печей (б) с основными параметрами помещений и грузоподъемных средств:  
 1 - вагранки; 2 - рекуператор; 3 - миксеры; 4 - индукционная печь;  
 5 - конденсаторные батареи; 6 - трансформаторы

На рис. 2 даны схемы расположения дуговых электропечей на уровне пола цеха и размещения основного оборудования и грузоподъемных средств. На схеме, изображенной на рис. 2, а, показано расположение электрических дуговых печей, осуществляющих слив металла из печи вдоль основного про-

лета цеха, при этом две печи имеют сливные желоба друг против друга, аналогично располагаются и другие пары печей. Такое расположение печей со сливным желобом вдоль пролета позволяет при использовании довольно мощных печей иметь минимальную ширину пролета и это особенно выгодно, если длина пролета не превышает ширину других отделений цеха. В этом случае для приема плавки в разливочный ковш используется один и тот же приямок. На схеме, изображенной на рис. 2, б, перед печью, несмотря на ее значительную высоту расположения, также выполняется приямок, позволяющий крану передвигать разливочный ковш при приеме плавки. Слив металла осуществляется перпендикулярно оси пролета, поэтому перед сливным желобом печи выполняется приямок, в который опускается разливочный ковш с помощью мостового крана. Достоинством этой схемы является максимальное сокращение длины короткой сети из-за расположения печных трансформаторов в печном пролете.

Параметры грузоподъемных средств и размеры основных пролетов показаны в табл. 16.

Ширина печных пролетов берется всегда большой и лишь при малой вместимости печи она составляет 18 м, чаще всего ширину пролета принимают 24, 30 м, а для крупных ваграночных комплексов – 36 м. Соответственно ширине принимается высота пролета до низа конструкции перекрытия от 10,8 до 21,6 м, лишь при размещении крупных дуговых печей садкой 25 и 50 т высота увеличивается от 23,4 до 27,0 м соответственно.

На рис. 3 показана планировка размещения электрооборудования для индукционной печи ИСТ-0,16 с вращающимся и тиристорным частотным преобразователем.

Представляет интерес планировка и вертикальное расположение электрооборудования крупной индукционной тигельной печи для плавки чугуна ИЧТ-10/25-03 (рис. 4). Общая площадь, занимаемая печью и электрооборудованием, составляет 158 м<sup>2</sup>, из них на долю самой печи непосредственно приходится лишь около 10 м<sup>2</sup>, рабочая площадка печи возвышается над уровнем пола этажа или пола цеха только на 4 м. Силовой трансформатор размещается в отдельном помещении, а конденсаторные батареи – под полом рабочей площадки. Рабочая площадка ограждена металлической оградой на уровне 1,2 м.

Трансформаторные подстанции и другое электрическое оборудование располагаются вблизи печей, с тем, чтобы снизить потери на передачу энергии к печи. Габаритные размеры подстанций электрооборудования индукционных тигельных печей промышленной частоты для выплавки черных цветных металлов можно найти в литературе [5, 22-25]. Следует заметить, что каждая новая модификация печи имеет свои особенности и поэтому точное положение подстанций электрооборудования можно уточнять в процессе рабочего проектирования по проспектам и технической документации данного типа печи.

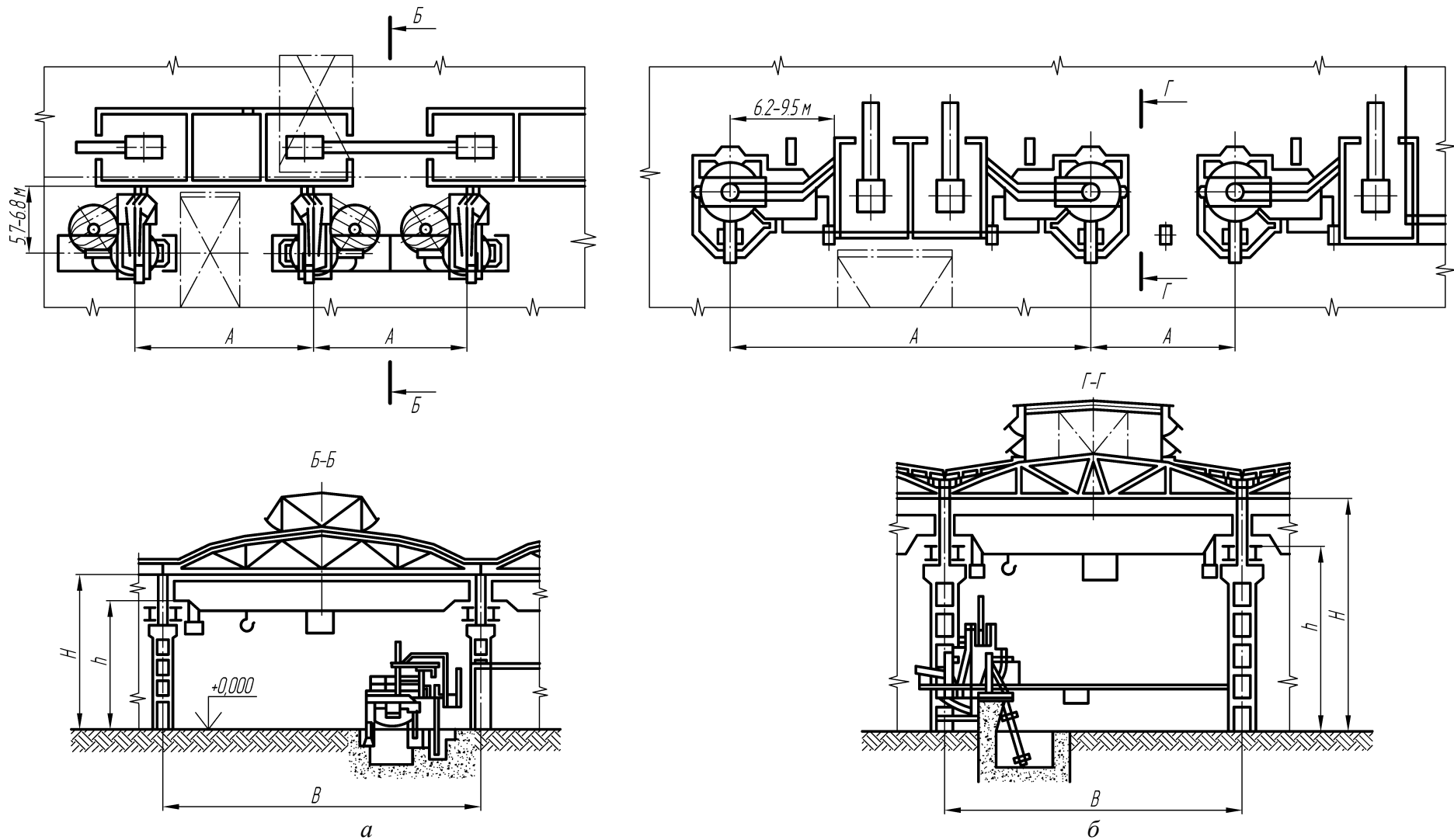


Рис. 2. Схема расположения дуговых электропечей, основные параметры помещений и грузоподъемных средств

Таблица 16

## Размеры пролетов и грузоподъемные средства плавильных отделений

Тип печи	Минимальное расстояние между осями печей А, м	Минимальная грузоподъемность подъемно-транспортного средства для обслуживания и загрузки печей, т	Размеры пролета, м			
			ширина	высота до низа конструкции перекрытия от отметки пола этажа, на котором установлена печь, Н	высота до головки подкранового рельса	шаг колонн
<b>Вагранки</b>						
95111	6	1,5	18; 24	16,8	-	6; 12
95112	6	1,5	24; 30	16,8	-	6; 12
95113	6	2,5	24; 30	16,8	-	6; 12
95114	8	4,5	30; 36	21,6	-	12
95115	10	4,5	30; 36	21,6	-	12
<b>Индукционные печи</b>						
ИСТ-0,16	2,5	1	18; 24	10,8	8,15	6; 12
ИСТ-0,25	3,5	1	18; 24	10,8	8,15	6; 12
ИСТ-0,4	5,0	1	18; 24	10,8	8,15	6; 12
ИЧТ-1, ИСТ-1	5,0	5	24	10,8	8,15	6; 12
ИЧТ-2,5, ИСТ-2,5	6,0	5	24	10,8	8,15	6; 12
ИЧТ-6, ИСТ-6	6,0	10	24; 30	12,6	9,65	6; 12
ИЧТ-21,5	6,6	20	24; 30	16,2	12,65	12
<b>Дуговые печи</b>						
ДСП-3	9,5/14,5	10	18; 24	10,8	8,15	12
ДСП-6	12/18	20/5	24; 30	12,6	9,65	12
ДСП-12	14/18	30/5	24; 30	14,4	11,45	12
ДСП-25	12/34	5/10	24; 30	23,4	18,05	12
ДСП-50	14/38	80/20	24; 30	27,0	21,65	12; 18

*Примечание.* 1. Указана грузоподъемность подъемника для загрузки шахты. 2. Расстояние между поперечными осями печей: в числителе – при сливных желобах, обращенных друг к другу (рис.2, а). 3. Расстояние между продольными осями печей: в числителе - расположенных друг к другу свободными сторонами; в знаменателе – с двумя печными трансформаторами между печами (рис. 2, б).

Кроме основного оборудования в плавильном отделении должны быть предусмотрены площади для вспомогательных участков и отделений – участка огнеупорных работ (ремонт ковшей, раздаточных печей, футеровка сводов), участка сушки и размещения ковшей, в том числе раздаточных. Эти участки должны иметь оборудование для приготовления футеровочных масс (мельницы, размалывающие бегуны, смесители, прокалочные печи и другие). Необходимо обеспечить участок приготовления футеровочных масс соответствующими грузоподъемными средствами для доставки исходных материалов и транспортирования готовых смесей. Необходимо позаботиться о механизации разрушения старой футеровки и организовать уборку остатков, для чего должны быть машины разрушения, выбивные решетки, транспортеры для уборки отработанной футеровки.

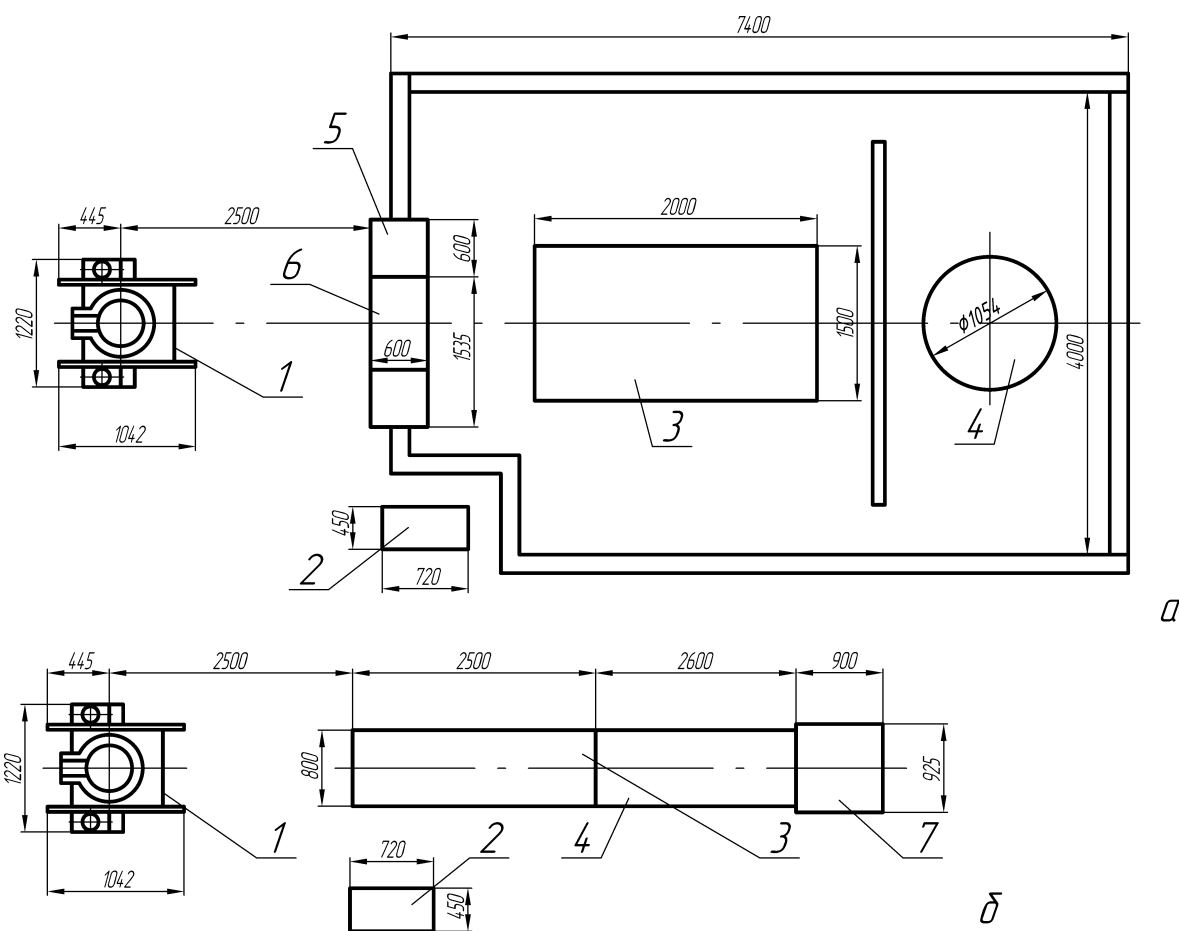


Рис. 3. Планировка размещения оборудования на печи ИСТ-0,16 с ВПЧ (а) и ТПЧ (б):  
 1 – индукционная печь; 2 – насосная установка; 3 – батарея конденсаторов;  
 4 – преобразователь частоты; 5 – шкаф управления ШДД;  
 6 – щиты управления; 7 – теплообменник ТВКШФ

Сушка ковшей осуществляется на стендах, оборудованных местной отсасывающей вентиляцией (зонт). На этом стенде производится и подогрев ковша перед приемом плавки.

В зависимости от технологии плавки, применяемой в цехе в плавильном отделении, могут осуществляться рафинировочные процессы: выпечная обработка металла, модифицирование, скачивание шлака. Все эти особенности технологии должны найти отражение в планировке цеха отведением специального места, размещения нужного оборудования, созданием зон безопасности при проведении той или иной операции.

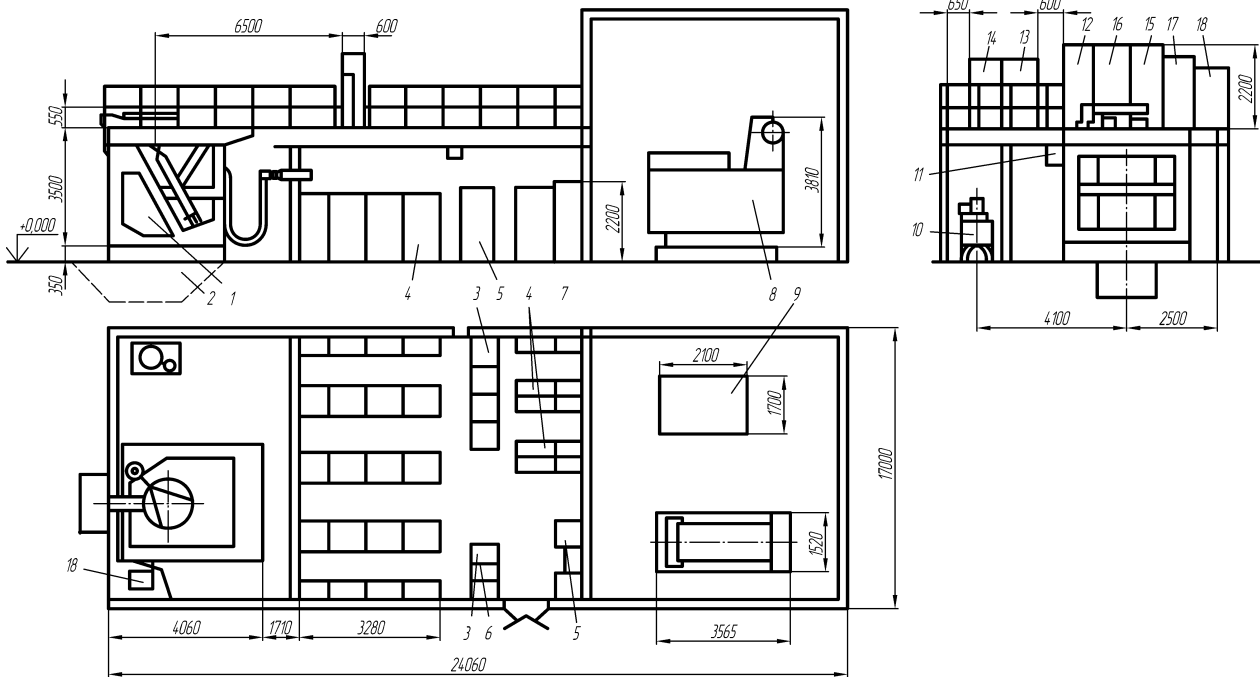


Рис. 4. Расположение оборудования индукционной тигельной электропечи ИЧТ-10/25-03:  
 1 - печь; 2- взвешивающее устройство; 3,5,6,11 - панели управления;  
 4 -блоки конденсаторов; 7,12,15,16 -щиты управления; 8 - силовой трансформатор; 9 - реактор; 10 - гидравлическая станция;  
 13,14 - пульты водоохлаждения; 17 - автоматический регулятор; 18 - пульт управления

Работа плавильного отделения связана с выделением вредностей: пыли, газов, избыточной теплоты, шума, причем все эти вредности выделяются практически на каждом рабочем месте.

Плавильное отделение по отношению к другим отделениям цеха должно располагаться с подветренной стороны, учитывая ветры преобладающего направления. В этом случае вредности в меньшей мере будут распространяться на рабочие зоны цеха.

Все отходящие газы плавильных печей должны подвергаться эффективной очистке, в том числе мокрой, рабочие места оборудоваться устройствами местной и общеобменной вентиляции. Необходимо использовать современные технологические процессы, имеющие минимальное выделение вредностей (индукционные печи). Для оздоровления условий труда в плавильном отделении следует широко использовать механизацию и автоматизацию ра-

бот, включая системы автоматизированного управления процессом плавки.

*Расчет количества подъемно-транспортного оборудования.* Для перемещения грузов и разливочных кранов пролеты плавильных отделений оборудованы грузоподъемным оборудованием – мостовыми электрическими кранами различной грузоподъемности от 5 до 100 т или подвесным транспортом грузоподъемностью от 0,5 до 3 т или выше, если применяется управляемая электрифицированная монорельсовая тележка.

Удельная загрузка мостовых кранов плавильных пролетов, оборудованных электродуговыми и индукционными тигельными печами, приведена в табл. 17.

Таблица 17

Удельная загрузка мостовых кранов плавильных пролетов, оборудованных дугowymi и индукционными электропечами

Вместимость электропечи, т	Назначение мостового крана	Количество крано-часов на 1 т выплавки жидкого металла		
		всего	в том числе	
			загрузка печи шихтой	выдача жидкого металла из печи
<b>Дуговые плавильные печи</b>				
3	Основной	0,190	0,028	0,038
6	Основной	0,182	0,024	0,030
12		0,064	0,012	0,017
	Уборочный	0,040	-	-
25	Основной	0,062	0,010	0,017
	Уборочный	0,025	-	-
50	Основной	0,032	0,005	0,008
	Уборочный	0,018	-	-
<b>Индукционные плавильные печи</b>				
2,5		0,100	0,028	0,034
6	Основной	0,057	0,024	0,022
10		0,042	0,015	0,015
	Уборочный	0,025	-	-
16	Основной	0,037	0,012	0,10
	Уборочный	0,022	-	-
25	Основной	0,020	0,010	0,008
	Уборочный	0,010	-	-

Следует отметить, что использование двух типов кранов в одном пролете – основного и уборочного может быть оправдано лишь в плавильном отделении с большим количеством печей. Работа уборочного крана затрудняется тем, что приоритетным в пролете является основной кран, который также должен передвигаться при перемещении уборочного крана. Поэтому в проектных решениях последних лет предпочитают устанавливать основные краны со вспомогательными подъемами, способными выполнять как основные, так и вспомогательные работы. Несмотря на некоторое увеличение капи-

тальных вложений, такое решение позволяет обеспечить более устойчивую работу плавильного отделения, так как дополнительный кран является резервным для приема плавки и выполнения разливки.

В плавильных отделениях производительностью свыше 5 тыс. т годных отливок должно быть установлено не менее двух разливочных кранов, несмотря на значительное снижение коэффициента загрузки. При таком решении цех будет функционировать даже при аварийной остановке одного из кранов.

*Нормы расчета мостовых кранов в плавильном отделении.* Нормы расчета количества мостовых кранов, обслуживающих плавильное отделение с индукционными печами приведены в табл. 18, при выплавке в дуговых печах – в табл. 19.

Расчет количества мостовых кранов следует вести по смене с максимальным выпуском жидкого металла. Мостовые краны для транспортировки жидкого металла в ковше и шихты для загрузки следует принимать тяжелого режима работы, для выполнения прочих работ допускается установка кранов среднего режима работы. При наличии основных кранов большой грузоподъемности в целях их рационального использования рекомендуется для выполнения вспомогательных операций предусматривать кран меньшей грузоподъемности. Для двух и более электропечей вместимостью свыше 6 т каждая при расчетном основном кране следует устанавливать дополнительно такой же резервный. Коэффициент использования производительности мостовых кранов должен быть принят равным 0,7-0,9. Полученное расчетным путем количество мостовых кранов, необходимое для обслуживания дуговых плавильных электропечей, следует принимать в зависимости от длины участка, обслуживаемого одним краном, по табл. 19. Расчет количества мостовых кранов для обслуживания дуговых плавильных электропечей следует производить по формуле

$$P_{\kappa} = \frac{\Phi_{\text{эп}} \times \Pi \times n \times P_n}{\Phi_{\text{эк}}}.$$

В основу формулы расчета количества мостовых кранов положены затраты времени работы крана на 1 т выплавляемого жидкого металла.

*Пример расчета.* Расчет количества мостовых кранов, занятых на выполнении основных работ по обслуживанию трех дуговых электропечей вместимостью по 12 т каждая:

$$P_{\kappa} = \frac{3890 \times 6,0 \times 0,03 \times 3}{3975} = 0,53 \text{ крана.}$$

Расчет количества мостовых кранов, занятых на выполнении операций, связанных с выполнением прочих работ:

$$P_{\kappa} = \frac{3890 \times 6,0 \times 0,06 \times 3}{3975} = 1,06 \text{ крана.}$$



Таблица 18

Нормы расчета количества мостовых кранов в плавильном участке  
при выплавке чугуна в индукционных тигельных электропечах

Единовременный выпуск жидкого металла из печи (одна плавка) с последующей загрузкой шихты в печь, т	Затраты времени работы крана на один полный цикл плавки, крано-ч				прочие затраты
	полный цикл			прочие затраты	
	выпуск металла и загрузка шихты в печь	в том числе			
		выпуск металла из печи	загрузка шихты в печь		
0,5	0,083	0,083	вручную	0,045	
1,0	0,175	0,092	0,083	0,095	
2,0	0,183	0,100	0,083	1,100	
3,0	0,200	0,117	0,083	0,103	
5,0	0,233	0,133	0,100	0,155	
10,0	0,267	0,167	0,100	0,218	
16,0	0,292	0,175	0,117	0,239	
25,0	0,484	0,217	0,267	0,484	

Таблица 19

Нормы для расчета количества мостовых кранов в плавильном участке при выплавке  
в дуговых электропечах с механизированной загрузкой шихты, крано-ч/т

Вместимость печи, т	Плавильно-заливочный пролет				Плавильный пролет				Заливочный пролет			
	основной кран		уборочный кран		основной кран		уборочный кран		основной кран		уборочный кран	
	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь
до 3	0,180	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0,137	0,150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	0,030	0,090	0,060	0,035	0,018	0,040	0,032	0,015	0,045	0,050	0,023	0,025
25	-	0,055	-	0,020	0,011	0,024	0,019	0,010	0,027	0,030	0,014	0,015
50	-	0,025	-	0,012	0,007	0,015	0,017	0,006	0,018	0,020	0,009	0,010

Суммарное количество мостовых кранов равно 1,59 ед. К установке принимаем два основных крана. Коэффициент загрузки принимается равным 0,8.

В табл. 20, 21 приведены нормы для определения количества мостовых кранов, обслуживающих формовочно-заливочно-выбивный и стержневые отделения сталелитейного и чугунолитейного цеха.

Изготовление стержней, очистку и обрубку отливок массой до 1000 кг, как правило, следует предусматривать с применением однобалочных подвесных кранов грузоподъемностью до 5 т. Выбивку опок во всех случаях следует производить на механических выбивных решетках; кессоны очищаются от смеси мостовым краном со съемным грейфером. Расчет количества кранов следует производить по максимально загруженной смене. В формовочно-сборочных участках количество консольно-передаточных кранов составляет 30-50 % от общего количества кранов и уточняется в зависимости от количества рабочих мест сборки форм.

Пример расчета количества кранов для участка на годовой выпуск 15 тыс. тонн годных отливок массой от 500 до 1500 кг при изготовлении форм на плацу, сборке, заливке и выбивке при двухсменном параллельном режиме работы, с годовым фондом времени 3975 ч. Согласно нормам общие затраты времени работы крана на 1 т годных отливок составляет  $1,11+0,16+0,29=1,56$  крано-часа или на годовой выпуск количество мостовых и консольно-передвижных кранов будет равно  $1,56 \times 15000 : 3975 = 7,1$  крана. Всего следует принять 9 кранов с коэффициентом загрузки 0,8, из них 4 крана консольно-передвижных или 44 % общего количества кранов. Далее по табл. 22 следует проверить возможность нормального использования кранов по длине зоны обслуживания и в случае несоответствия с данными таблицы произвести уточнение длины и количества пролетов, а также количества и соотношения консольных и мостовых кранов. Допускается уточнение количества кранов с учетом степени механизации технологического процесса и при наличии хронометражных данных для проектируемого производства. Коэффициент использования производительности кранов равен 0,7-0,8.

В табл. 22 приведены нормы расчета количества кранов по укрупненным расчетам.

На рис. 5-9 приведены планировочные решения плавильных отделений цехов различного назначения.

На рис. 5 – цех мелкого чугунного литья с участком заливки металла и навески шихты. В цехе установлено два блока вагранок (производительность 7-8, 5-6 т/ч). Шихтовой двор расположен в пролете с шириной 24 м и длиной 48 м с шагом колонн 6 м.

Таблица 20

Нормы для определения мостовых и консольных кранов, обслуживающих формовочно-заливочно-выбивные, стержневые, термообрубные участки чугунолитейных цехов на 1 т отливок, крано-ч

Операция	Масса отливок, кг						
	50-150	50-250	100-1000	500-1500	1000-2000	1000-5000	св. 5000
	Размеры опок в свету, мм						
	1000×600	1200×1000	1600×1200	2000×1600	2500×2000	3000×2500	кессон
Средняя масса годных отливок в форме, кг							
	100	200	400	780	1500	2900	-
Изготовление литейных форм на конвейере или рольганге	0,75-0,85	0,70-0,80	0,70-0,80	0,65-0,75	0,80-0,90	-	-
Изготовление литейных форм на плацу	-	-	-	0,85-0,95	1,00-1,15	1,00-1,10	0,90-1,05
Заливка формы на конвейере или рольганге	0,10-0,15	0,10-0,15	0,08-0,12	0,08-0,12	0,06-0,08	-	-
Крановая заливка формы на плацу	-	-	-	0,10-0,15	0,06-0,08	0,06-0,08	0,06-0,08
Выбивка отливок с конвейера или рольганга	0,25-0,30	0,25-0,30	0,20-0,25	0,20-0,25	0,15-0,20	-	-
Выбивка отливок из форм на плацу	-	-	-	0,25-0,30	0,20-0,25	0,25-0,30	0,25-0,30
Изготовление стержней без специальной механизации	0,40-0,55	0,45-0,60	0,50-0,65	0,55-0,65	0,55-0,70	0,70-0,80	0,65-0,75
Очистка и обрубка отливок, обслуживание оборудования	0,55-0,65	0,50-0,60	0,50-0,60	0,45-0,55	0,45-0,55	0,40-0,55	0,40-0,55
Производственное обслуживание термического участка	0,15-0,20	0,15-0,20	0,10-0,15	0,10-0,15	0,07-0,10	0,07-0,10	-

*Примечание.* Пример расчета количества кранов для участка на годовой выпуск 15 тыс. тонн годных отливок массой от 500 до 1500 кг при плацевой формовке, сборке, заливке и выбивке при двухсменном параллельном режиме работы, с годовым фондом времени 3975 ч. Согласно нормам общие затраты времени работы крана на 1 т годных отливок составляет  $0,95+0,15+0,25=1,35$  крано-часа или на выпуск 15 тыс. тонн отливок в год. Необходимое количество мостовых и консольно-передвижных кранов будет равно  $1,35 \times 15000 : 3975 = 4,8$  крана. Всего принимается 6 кранов с коэффициентом использования 0,8, из них 2 крана консольно-передвижных. Далее по табл. 22 проверяется возможность нормального использования кранов по длине зоны обслуживания и в случае несоответствия с данными таблицы производится уточнение длины и количества пролетов, а также количества и соотношения консольных и мостовых кранов. Допускается уточнение количества кранов с учетом степени механизации технологического процесса при наличии хронометражных данных для проектируемого типа производства. Коэффициент использования производительности кранов равен 0,70-0,85.

Таблица 21

Нормы для определения количества мостовых и консольных кранов, обслуживающих формовочно-заливочно-выбивные, стержневые и термообрубные участки сталелитейных цехов на 1 т отливок, крано-ч

Операция	Масса отливок, кг					
	50-250	100-1000	500-1500	1000-2000	1000-5000	св. 5000
	Размеры опок в свету, мм					
	1200×1000	1600×1200	2000×1600	2500×2000	3000×2500	кессон
	Средняя масса годных отливок в форме, кг					
160	400	720	1400	3320	-	
Изготовление литейных форм на конвейере или рольганге	0,84-0,94	0,80-0,90	0,76-0,86	0,96-1,06	-	-
Изготовление литейных форм на плацу	-	-	0,96-1,11	1,16-1,36	1,12-1,32	1,05-1,25
Заливка формы на конвейере, крановая или рольганге	0,12-0,16	0,08-0,12	0,08-0,12	0,06-0,08	-	-
Заливка формы на плацу	-	-	0,12-0,16	0,06-0,08	0,06-0,08	0,06-0,08
Выбивка отливок из форм с конвейера	0,24-0,29	0,20-0,25	0,20-0,25	0,16-0,21	-	-
Выбивка отливок из форм на плацу	-	-	0,24-0,29	0,20-0,25	0,24-0,29	0,24-0,29
Изготовление стержней без специальной механизации	0,44-0,74	0,56-0,76	0,60-0,80	0,64-0,84	0,80-1,00	0,72-0,92
Обрубка отливок, обслуживание оборудования	0,74-1,00	0,56-0,77	0,52-0,77	0,52-0,77	0,44-0,71	0,44-0,71
Обслуживание термического участка	0,16-0,26	0,12-0,17	0,12-0,17	0,08-0,13	0,08-0,13	-

*Примечание.* Пример расчета количества кранов для участка на годовой выпуск 15 тыс. тонн годных отливок массой от 500 до 1500 кг при изготовлении форм на плацу, сборке, заливке и выбивке при двухсменном параллельном режиме работы, с годовым фондом времени 3975 ч. Согласно нормам общие затраты времени работы крана на 1 т годных отливок составляет  $1,11+0,16+0,29=1,56$  крано-часа или на годовой выпуск количество мостовых и консольно-передвижных кранов будет равно  $1,56 \times 15000 : 3975 = 7,1$  крана. Всего следует принять 9 кранов с коэффициентом загрузки 0,8, из них 4 крана консольно-передвижных или 44 % общего количества кранов. Далее по табл. 22 следует проверить возможность нормального использования кранов по длине зоны обслуживания и в случае несоответствия с данными таблицы произвести уточнение длины и количества пролетов, а также количества и соотношения консольных и мостовых кранов. Допускается уточнение количества кранов с учетом степени механизации технологического процесса и при наличии хронометражных данных для проектируемого производства. Коэффициент использования производительности кранов равен 0,70-0,85.



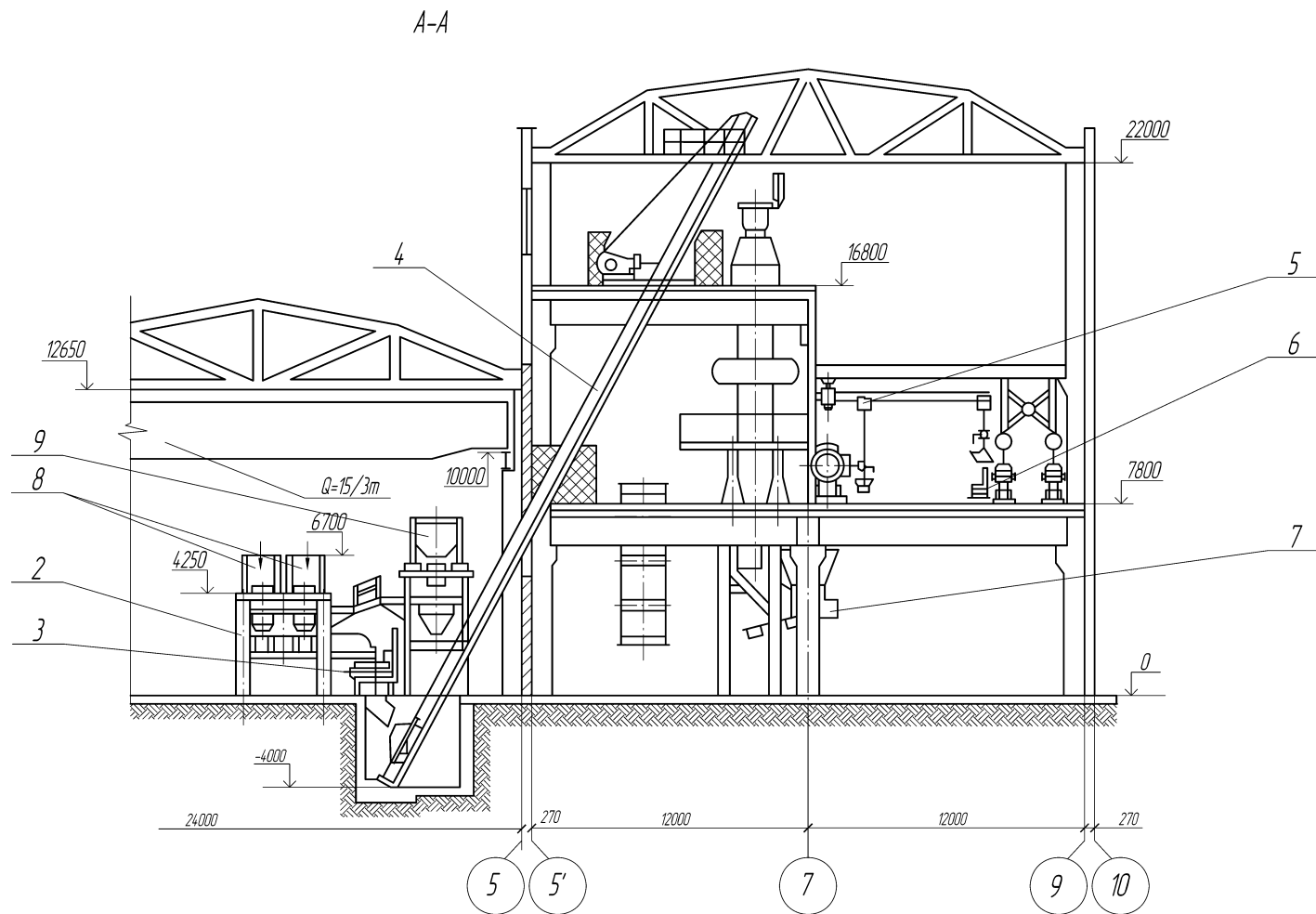


Рис. 5, б. Цех мелкого литья. Плавильное отделение с участками заливки и навески шихты; Разрез А-А:  
 1 – встряхивающийся бункер с траковым питателем  $V=800$  мм; 2 – питатель ленточный  $V=500$  мм;  
 3 – электровесовая тележка, автоматическая  $Q=1,6$  т; 4 – скиповый подъемник, вместимостью  
 бады  $1,0$  м<sup>3</sup>; 5 – устройство заливочное, винтовое, вместимостью ковша  $250-500$  кг;  
 6 – заливочная площадка подвесная  $V=700$  мм; 7 – электровибропитатель 189-ПТ;  
 8 – контейнеры для известняка и ферросплавов; 9 – контейнеры для кокса

На рис. 6 – плавильное отделение цеха крупного чугунолитейного цеха. Плавильные агрегаты – дуговые печи. Для выдержки чугуна и равномерного его использования установлены печи выдержки.

Таблица 22

Нормы расчета количества мостовых кранов для обслуживания участков чугуно- и сталелитейных цехов (для укрупненных расчетов)

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

Особенности планировки сталелитейных цехов связаны с технологией выплавки стали и ее разливки. Плавка стали осуществляется дискретно с определенной периодичностью, а длительность разливки этой порции металла ограничена из-за быстрого охлаждения стали и изменения ее химического состава в процессе разливки. Поэтому в плавильном отделении необходимо устанавливать несколько плавильных печей и иметь промежуточные емкости для приема металла, позволяющие синхронизировать процесс формовки и заливки. Ими чаще всего являются разливочные ковши, в которые осуществляется выпуск плавки. Конкретные планировочные решения плавильных отделений современных сталелитейных цехов представлены ниже.

На рис. 7 показана планировка плавильного отделения литейного цеха с двумя автоматическими формовочными линиями, заливочные участки которых выходят в плавильное отделение.

Шихтовый двор имеет тупиковый железнодорожный путь, по которому доставляются металлошихта и другие материалы. Пролет шихтового двора составляет 24 м и обслуживается тремя мостовыми кранами с магнитными шайбами и грейферами. В пролете располагаются бункера для шихтовых материалов, печные трансформаторные подстанции, система подготовки возврата (литники, прибыли, брак). Взвешивание и загрузка шихты осуществляется в бадьи на платформенных весах, а затем с помощью электротележки, движущейся по нулевой отметке, передается в печной пролет. Печной пролет имеет ширину 24 м. В нем на втором этаже располагаются 5 электродуговых печей, имеющие совмещенные на две печи люки для выпуска металла. Загрузка печей осуществляется сверху бадьями с раскрывающимися днищами с помощью мостового крана.

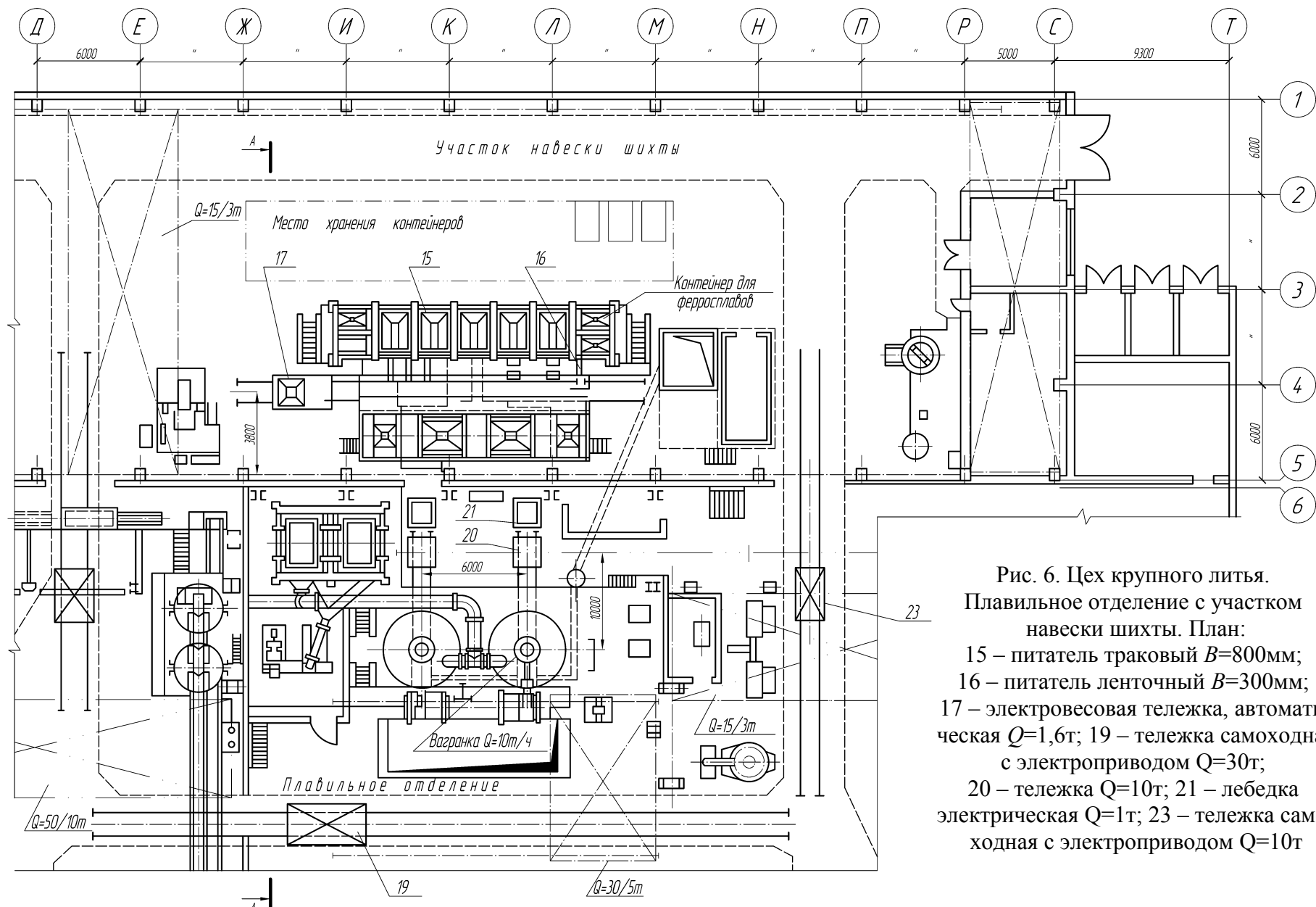


Рис. 6. Цех крупного литья. Плавильное отделение с участком навески шихты. План:  
 15 – питатель траковый  $B=800\text{мм}$ ;  
 16 – питатель ленточный  $B=300\text{мм}$ ;  
 17 – электровесовая тележка, автоматическая  $Q=1,6\text{т}$ ;  
 19 – тележка самоходная с электроприводом  $Q=30\text{т}$ ;  
 20 – тележка  $Q=10\text{т}$ ;  
 21 – лебедка электрическая  $Q=1\text{т}$ ;  
 23 – тележка самоходная с электроприводом  $Q=10\text{т}$



Выплавленный металл выпускается в ковш и краном передается на стеллы разливки стали.

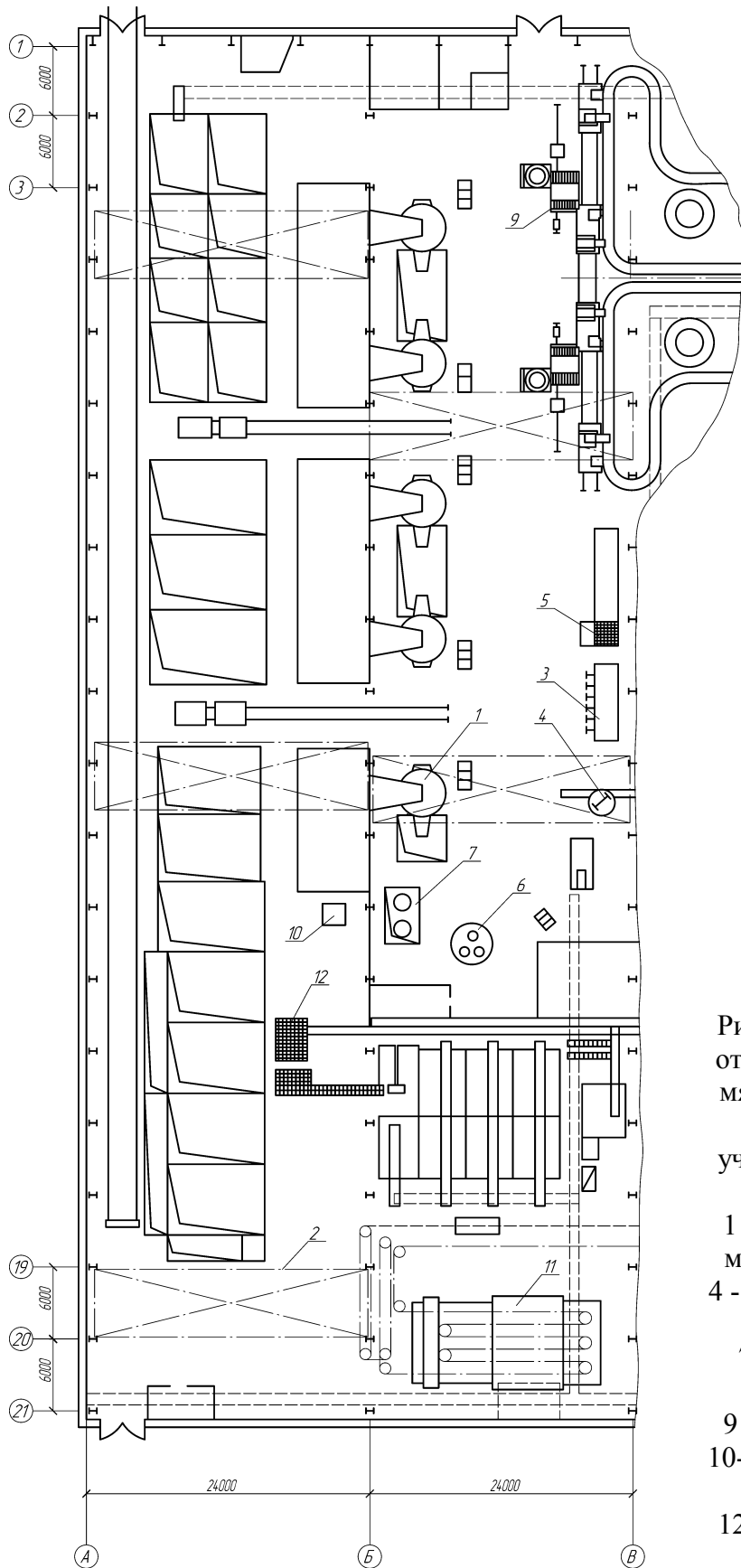


Рис. 7. Планировка плавильного отделения литейного цеха с двумя автоматическими формовочными линиями, заливочные участки которых выходят в плавильное отделение:

- 1 - электрическая печь; 2 - кран мостовой; 3 - весы для шихты;
- 4 - бегуны; 5 - выбивная решетка;
- 6 - участок ремонта сводов;
- 7 - участок ремонта ковшей;
- 8 - участок сушки ковшей;
- 9 - трансформатор подстанций;
- 10 - печь расплавления алюминия;
- 11 - сушильная камера;
- 12 - система подготовки возврата

Каждая формовочная линия имеет свой стенд, на котором имеются два заливочных ковша небольшой вместимости, которые заполняются поочередно и передаются к участку заливки автоматической линии. Общая транспортная система позволяет использовать заливочный ковш для заполнения литейных форм металлом на другой линии, что улучшает организацию работ. В печном пролете имеется участок для выбивки, ремонта и сушки ковшей и футеровки сводов.

На рис.8 приведена планировка плавильного отделения цеха среднего и крупного стального литья углеродистых и легированных марок стали. Формы для средних отливок изготавливаются на автоматической линии, а для крупного литья – в опоках методами наливной формовки. Особенностью планировки является то, что в цехе отсутствует шихтовый двор, так как на заводе имеется цех подготовки металлошихты, и она поступает в бадьях на автотранспорте. В цехе производится взвешивание шихты, добавка ферросплавов, прокаленных в специальной печи, после чего тележка перемещается в печной пролет, где через люк мостовым краном поднимается вверх и загружается в печь. Подготовка ковшей и футеровочных масс производится в шихтовом дворе цеха, здесь же осуществляется подготовка и сушка стопоров для сталеразливочных ковшей.

Печи вместимостью 6 т расположены парами и имеют совмещенные люки для выпуска металла. Имеется в цехе установка по внепечной обработке стали, но ее расположение в торце пролета не позволяет ее эффективно использовать. Такие установки должны устанавливаться в технологическом потоке недалеко от печи.

Мостовые краны, перекрывающие печной пролет, имеют возможность переместить ковш с жидким металлом на подвижный заливочный стенд, который перемещается на накопительные ветви конвейера. Из ковша можно производить последовательную заливку накопленных форм как на одной, так и на другой ветвях конвейера. Ветви конвейера служат накопителями форм и позволяют производить заполнение форм дискретно, а не непрерывно, как работает автоматическая формовочная линия.

На рис. 9 представлена планировка цеха тяжелых стальных отливок с электрическими дуговыми печами вместимостью по 25 т с системами очистки выделяющихся газов и вредных веществ. В этом цехе кроме шихтового двора есть пролет ремонта ковшей и хранения огнеупоров и пролет трансформаторных подстанций.

Цех имеет в своем составе три автоматические литейные линии, которые связаны с печным пролетом кранами. Металл передается на передвижные стенды для заливки форм и затем разливается по формам.

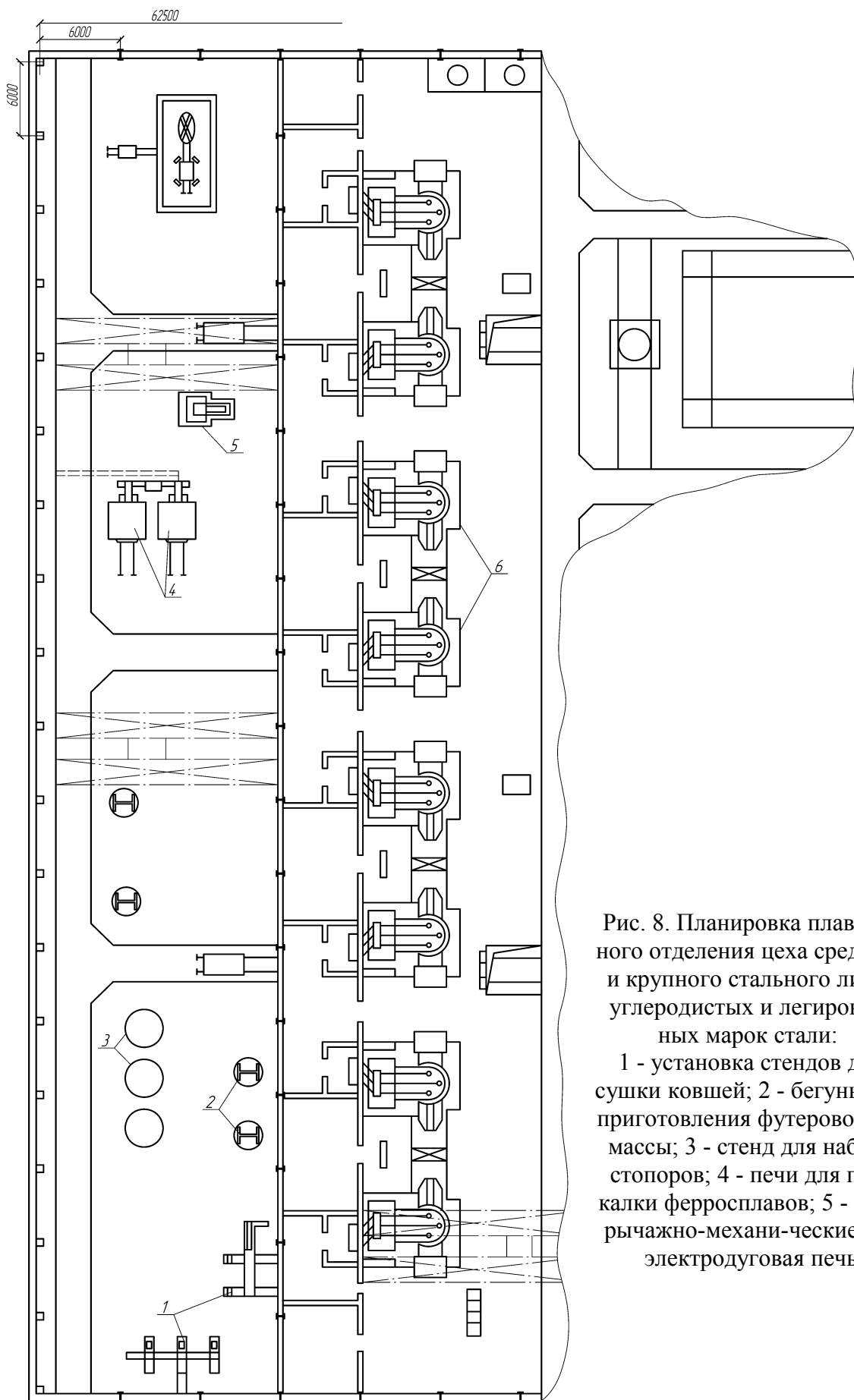


Рис. 8. Планировка плавильного отделения цеха среднего и крупного стального литья углеродистых и легированных марок стали:

1 - установка стенов для сушки ковшей; 2 - бегуны для приготовления футеровочной массы; 3 - стенд для набора стопоров; 4 - печи для прокшки ферросплавов; 5 - весы рычажно-механические; 6 - электродуговая печь

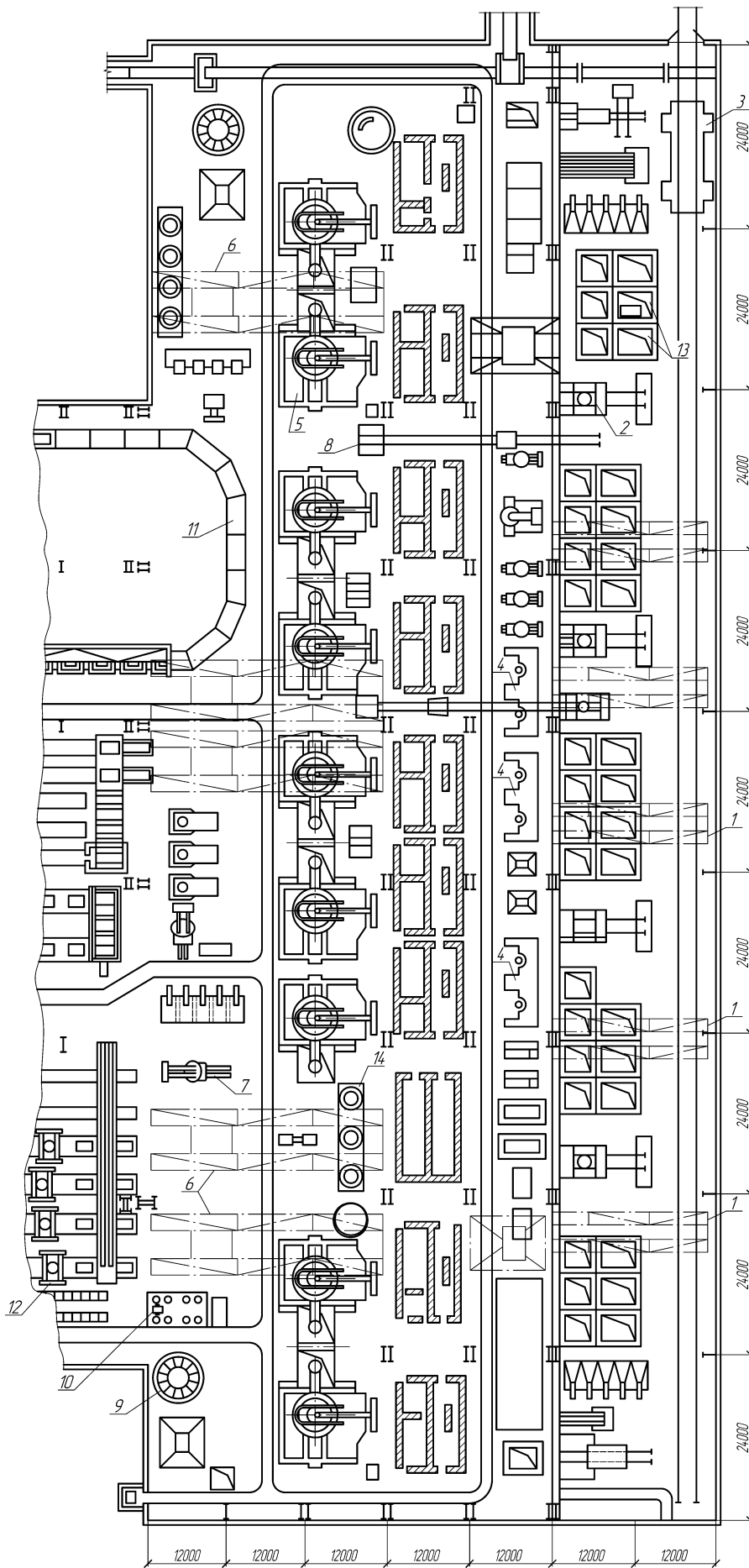


Рис. 9. Планировка цеха тяжелых стальных отливок с электрическими дугowymi печами: 1 - кран мостовой 30/5т; 2 - тележка для транспортировки бады с шихтой; 3 - весы платформенные; 4 - стенд для выбивки и ремонта ковшей; 5 - электропечь дуговая сталеплавильная 25 т; 6 - кран мостовой 50/10 т; 7 - стенды для подогрева ковшей; 8 - люк для подачи бады с металлическим ломом; 9 - место для набора сводов электропечей; 10 - сушило для стопоров; 11 - линия охлаждения литейного конвейера; 12 - передвижные стенды с ковшами для заливки форм;

## Контрольные вопросы

1. Как осуществляется загрузка дуговых печей.
2. Как осуществляется расчет печей.
3. Как организован технологический контроль на плавильном участке.
4. В каких случаях плавку ведут дуплекс-процессом.
5. Как привязана работа плавильного отделения с ритмом работы формовочного оборудования.
6. Для чего необходимо осуществлять расчет шихты.
7. Что такое коэффициент загрузки плавильного агрегата, каким он должен быть для плавильного оборудования.
8. Какие расчеты необходимо произвести для выполнения проекта плавильного отделения.

## **ЛЕКЦИЯ 6.**

### **ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНО-ЗАЛИВОЧНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ.**

#### План лекции

1. Выбор технологического процесса формовки.
2. Классификация и выбор формовочного оборудования.
3. Расчет оборудования формовочных отделений.

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

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

1. Формовочные участки, включающие в себя формовку верхних и нижних полуформ, изготовление литниковой чаши, сушку и окраску полуформ, сборку форм.
2. Участок простановки стержней.
3. Заливочный участок.
4. Участок охлаждения отливок, в том числе в опоках, без опок, на одной или нескольких ветвях конвейера на плацу.
5. Участок выбивки, включая предварительную прошивку, выдавливание «кома» из опок, выбивку на решетках и совмещение выбивки с очисткой.
6. Подъемно-транспортные устройства и системы, в том числе: для по-

дачи стержней; для подачи формовочной смеси; для транспортировки отливок; для уборки отработанной смеси и просыпей; транспорт для смены оснастки; литейные конвейеры формовки, заливки и охлаждения отливок и пустых опок; другие системы.

7. Склад модельно-опочной оснастки.

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

9. Участок обработки новой технологии (экспериментальный участок).

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

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

При проектировании формовочных отделений и участков первоначально проводят выбор метода изготовления форм и организации формовки. При этом учитывается экономическая целесообразность, анализ номенклатуры, серийность производства и другие факторы. На основании принятых решений выбирается основное (формовочное) и вспомогательное технологическое оборудование или автоматические литейные линии формовки.

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

В настоящее время имеется большое разнообразие технологических процессов изготовления литейных форм, число которых превысило 50 (табл. 23).

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

Наибольшее распространение в практике получили технологии изготовления литейных форм из песчано-глинистых смесей. Типовые разновидности технологических процессов представлены на рис. 10.

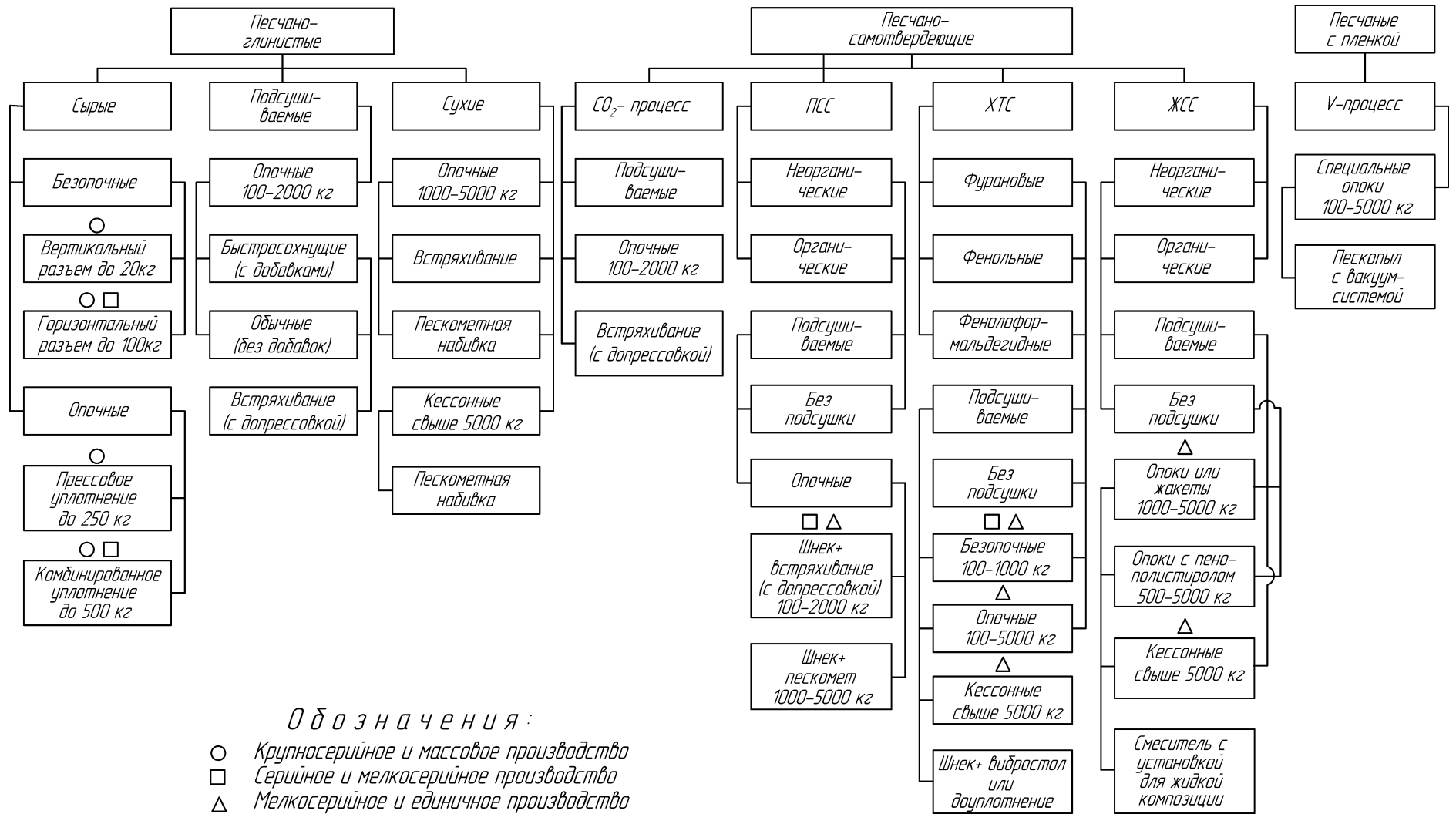


Рис. 10. Типовые технологические процессы изготовления разовых объемных песчаных форм

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

Таблица 23

Классификация и область применения различных способов производства литья

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

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

Основные характеристики некоторых формовочных машин приведены в табл. 24, 25, 26.



Таблица 24

## Технические характеристики формовочных машин

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

Таблица 25

## Габаритные размеры и технические характеристики формовочных машин с уплотнением воздушным потоком высокого давления

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

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

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

где  $n_{ф}$  – количество форм, необходимое на годовую программу, с учетом брака в литейном цехе (определяется по ведомости технологических процессов);

$\Phi_d$  – действительный годовой фонд времени работы машин, ч;  $t_m$  – годовое время, необходимое для смены модельной оснастки ( $t_m = npb$ );  $q_{ф.м}$  – фактическая часовая производительность машин, форм/ч;  $n$  – число наименований отливок на годовую программу;  $p$  – число партий отливок по каждому наименованию;  $b$  – время, затрачиваемое на замену модельной плиты, ч.

Таблица 26

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

На рис. 11 приведена классификация формовочных машин. Схемы машин представлены в работах [17-21, 23, 26, 29-30, 33].

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

При этом для крупносерийного и массового производства применяют следующие типовые процессы: безопочная формовка с горизонтальным и вертикальным разъемом (типы таких линий представлены в табл. 27), опочная с отдельной формовкой и выбивкой верха и низа, заливка и охлаждение на удлиненно движущемся конвейере – для среднего литья; опочная с применением опок с крестовинами и выемкой отливок из нижних полуформ – для крупного литья (табл. 28).

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

ной моделей в цикле линии, заливка и охлаждение формы на рольганговых линиях с варьируемыми параметрами и продолжительностью операций (табл. 28).

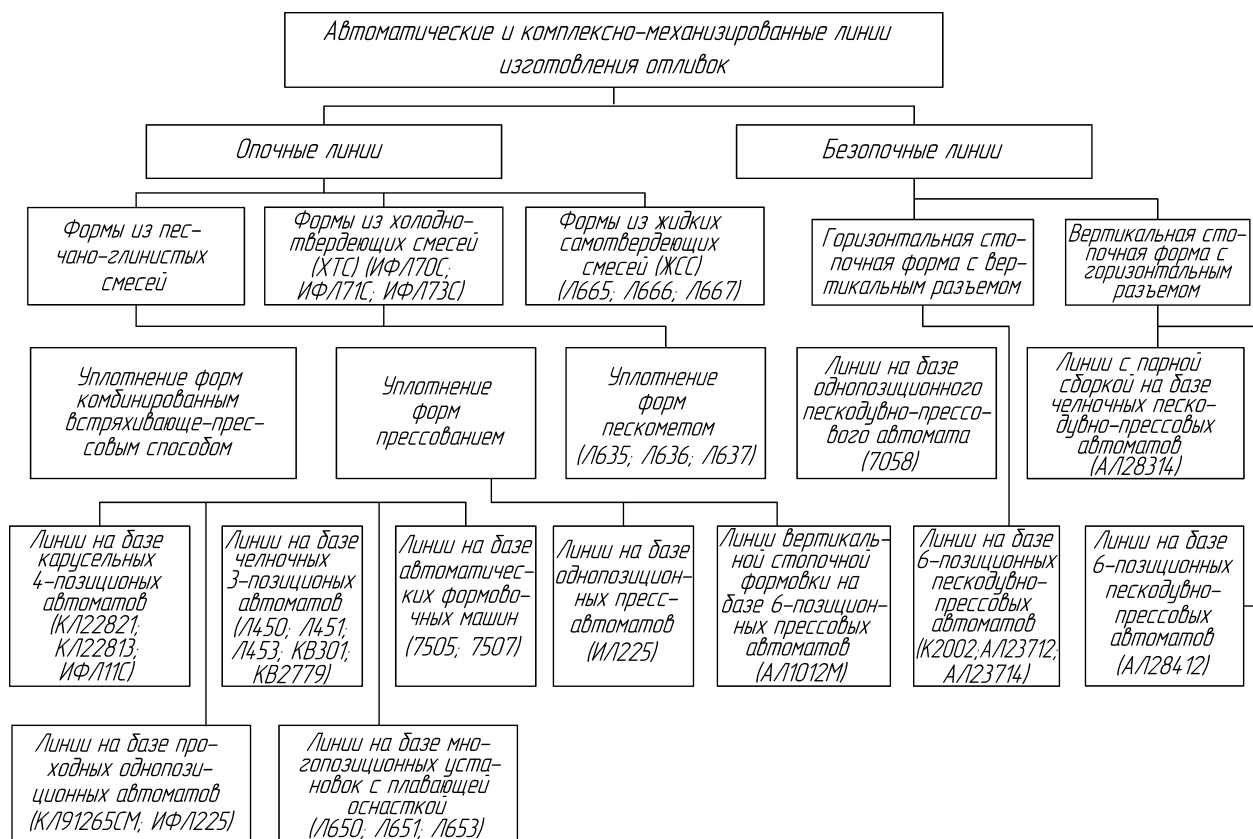


Рис. 11. Классификация литейных линий

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

При крупносерийном и массовом производстве в качестве основного формообразующего агрегата может быть выбрана автоматическая литейная линия как опочной, так и безопочной формовки. Краткое описание типов литейных линий и их технические характеристики для серийного и мелкосерийного производства с использованием быстросменной модельной оснастки приведены в работах [18-19].

Имеются зарубежные автоматические литейные линии, разнообразные

по габаритам опок и производительности, фирм Georg Fischer, Herman, Kunkel Wagner, Wohz, BMD, Disa, SPO и др.

Таблица 27

Линии формовочные безопочные

Наименование	Модель	Основные параметры			
		размеры формы, мм	высота формы, мм	производительность цикловая, форм/ч	габариты, мм
Комплексная автоматическая линия безопочной формовки в горизонтальную стопку для изготовления отливок массой до 5 кг	7058	600×500	120-300	270-300	26000×4605
Комплексная автоматическая линия безопочной формовки в горизонтальную стопку для изготовления отливок массой до 20 кг	АЛ23712	600×450	180-300	300	31050×5350
Комплексная автоматическая линия безопочной формовки в горизонтальную стопку для изготовления отливок массой до 50 кг	АЛ23714	800×600	250-400	300	70000×6500
Комплексная автоматическая линия безопочной формовки и сборки в вертикальную стопку для изготовления отливок массой до 15 кг	АЛ28412	600×500	80-200 (при высоте стопки 800 мм)	420-450	27000×1200

Таблица 28

Линии формовочные опочные

Наименование	Модель	Основные параметры			
		размеры формы, мм	высота формы, мм	производительность цикловая, форм/ч	габариты, мм
1	2	3	4	5	6
<b>Массовое и крупносерийное производство</b>					
Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для изготовления отливок массой до 50 кг	Л450А (КВ301)	1100×750	300	240	105000×16800×6300
Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для изготовления отливок массой до 75 кг	Л451	1250×1000	350	150	-
Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для изготовления отливок массой до 100 кг	Л453	1600×1250	400	120	10920×21400
Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для изготовления отливок массой до 50 кг	7501	1100×750	300	240	11000×18000
Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для	В715	900×600	200	120	-

изготовления отливок массой до 50 кг					
Продолжение таблицы					
1	2	3	4	5	6
Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для изготовления отливок массой до 50 кг	КЛ2301	700× 650	250- 200	300	65000× 9000
<b>Серийное и мелкосерийное производство</b>					
Линия автоматическая для изготовления отливок массой до 50 кг	Л22843	800× 630	300	100	102000× 12900
Линия автоматическая для изготовления отливок массой до 120 кг	Л650	1000× 800	300	120	-
Линия автоматическая для изготовления отливок массой до 200 кг	Л651М	1250× 1000	400	80	96400× 27100
Линия автоматическая для изготовления отливок массой до 320 кг	Л653М	1600× 1250	500	50	11000× 18000
Линия автоматическая для изготовления отливок массой до 70 кг	Л653С	1800× 1300	550	35	140000× 34000
Блок линия импульсной формовки	Л23813	800× 630	200- 400	90	9300× 7320

Интерес представляют линии фирмы Disa, на них используется безопочная формовка и отливают широкую номенклатуру отливок разнообразной сложности и габаритов. Имеется большая гамма таких линий, отличающихся главным образом габаритами кома формовочной смеси и наличием некоторых периферийных устройств. В табл. 29 приведены краткие характеристики ряда линий фирмы Disa.

Таблица 29

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

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

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

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

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

Для расчета количества формовочных линий, конвейеров, поточных и автоматических линий заполняются специальные ведомости. В табл. 30 приведена ведомость расчета по укрупненным данным.

Таблица 30

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

Площади формовочных отделений рассчитывают по фактическому расположению оборудования. Разработана система укрупненных показателей, характеризующих съем с 1 м<sup>2</sup> площади формовочных отделений отливок различной номенклатуры при различных условиях производства. Площадь формовочного отделения в цехах индивидуального и мелкосерийного производства при ступенчатом режиме работы  $F_{ф}$  определяется по формуле

$$F_{ф} = (\Sigma F_{фп} + \Sigma F_3) \times \alpha \times \beta \times \gamma,$$

где  $\Sigma F_{фп}$  – площадь отдельных участков формовки;  $\Sigma F_3$  – площадь, занимаемая формами, подготовленными для заливки;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий продолжительность охлаждения отливок в форме ( $\alpha = 1,0-3,6$ );  $\beta$  – коэффициент, учитывающий площадь, занятую пустыми опоками;  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий потери площади у колонн, торцов стен, на проходы и т.д.

Значение коэффициентов  $\beta$  и  $\gamma$  для различных групп отливок составляют 2-3.

*Объемно-планировочные решения формовочно-заливочных отделений.*

Площадь отделения определяется по фактическому размещению оборудования в пролете.

Автоматические литейные линии располагаются вдоль одной из сторон пролета, а с другой стороны располагается проезд. Ширина пролета при этом, как правило, составляет 18 м, а длина 108-120 м. Крановое оборудование не используется, а применяют кран-балки или монорельсы. Транспортировка жидкого металла производится или автопогрузчиками, или монорельсовыми тележками с верхним управлением. Стержни подаются к месту простановки стержней по подвесному толкающему конвейеру, связанному в единую линию со стержневым отделением.

Линии размещаются в двухэтажном здании на втором этаже, который располагается на отметке +7,2 или +7,8 м.

Каждая линия имеет собственную смесеприготовительную установку. Система уборки и подготовки отработанной формовочной смеси размещается на первом этаже. Некоторые планировки формовочно-заливочно-выбивных отделений показаны на планировках литейных цехов (рис. 12, 13).

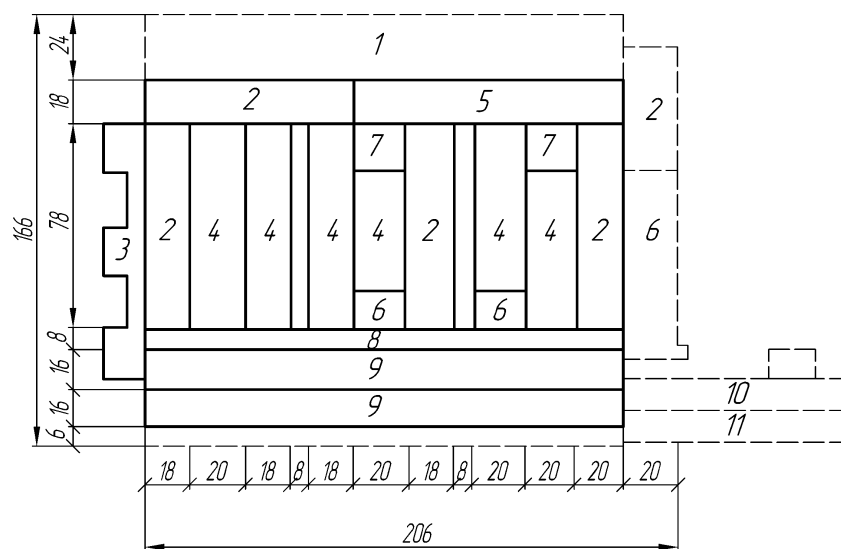


Рис. 12. Компоновочная схема литейного цеха завода:

- 1 – эстакада; 2 – стержневое отделение; 3 –выбивное; 4– формовочное; 5 – склад шихтовых материалов; 6.– смесеприготовительное; 7 – плавильное; 8 – транспортный проезд; 9 –обрубное; 10 – склад отливок; 11 – грунтовочное

Более разнообразны планировки формовочно-заливочно-выбивных отделений цехов единичного, мелкосерийного и серийного производства. Расчет потребных площадей в этом случае может быть выполнен по методике, изложенной выше. Нормы размеров пролетов и грузоподъемности кранов можно найти в табл. 31, 32. При пользовании таблицами необходимо выполнять следующие рекомендации. Для производства отливок развесом до 0,5 т, а также при применении формовочных машин или линий грузоподъемностью до 2,5 т следует применять подвесные конвейеры, пневмоподъемники, электротали на монорельсах и кран-балки с максимальной грузоподъемностью до 5 т. Подвесные кран-балки грузоподъемностью до 3 т могут проектироваться

в два ряда по ширине пролета.

Высота до низа конструкций покрытия  $H$  приводится минимальная, она уточняется при общей компоновке литейного цеха. Расстояние от нижней габаритной точки крана до расположенного в зоне его действия оборудования предусматривается не менее 400 мм, а расстояние до рабочих площадок – не менее 2000 мм. Максимальная ширина корпусов литейных цехов допускается 96 м ( $24 \times 4$ ). Консольно-поворотные передвижные краны рекомендуются для установки крупных стержней в формы в широких пролетах, начиная с 24 м. В некранных пролетах, имеющих сложное оборудование, предусматриваются грузоподъемные средства для ремонтных целей.

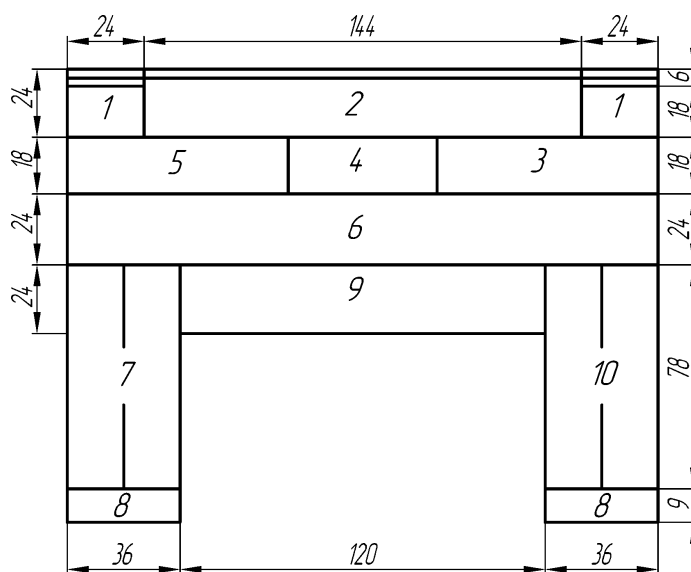


Рис. 13. Компоновочная схема чугунолитейного цеха:

1 – смесеприготовительное; 2 – склады шихты и формовочных материалов; 3 – подготовка производства; 4 – чугуноплавильное; 5 – сталеплавильное; 6 – формовочное (крупные отливки); 7 – обрубное; 8 – бытовые; 9 – формовочное (средние и крупные отливки); 10 – стержневое отделение

Большое внимание необходимо обратить на то, что для смены модельных плит, вкладышей и другой оснастки потребуются значительные площади для ее хранения.

### Контрольные вопросы

1. Какие участки включены в формовочное отделение.
2. Какими способами осуществляется простановка стержней в формы.
3. Назовите последовательность операций на автоматических формовочных линиях.
4. Назовите способы изготовления форм.
5. Что такое разовая песчано-глинистая форма.
6. Какие факторы учитываются при выборе метода изготовления форм.



Таблица 31

Нормы размеров пролетов и грузоподъемности подъемно-транспортных средств формовочно-сборочно-заливочных отделений фасонного стального и чугунного литья для одноэтажных и двухэтажных зданий при формовке в опоках и кессонах

Наибольший вес отливки, т	Транспортные средства и их максимальная грузоподъемность, тс		Размеры пролетов, м										
			ширина пролета $B$	ширина пролета двухэтажного здания		шаг колонн	$H_1$ высота до уровня пола второго этажа	высота до головки подкранового рельса от $\pm 0,0$ в одноэтажном здании		высота до головки подкранового рельса от отметки пола второго этажа в двухэтажном здании		высота до низа конструкций покрытия $H$	
	основного пролета $B$	пролета первого этажа $b$		мостовые краны $h$	консольные краны $h_1$			мостовые краны $h$	консольные краны $h_1$	в одноэтажном здании от нуля	в двухэтажном здании от отметки пола второго этажа		
<b>Фасонные стальные отливки</b>													
0,5	5	-	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	8,15	-	8,15	-	10,8	10,8
1,0	10	1	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	9,65	4	9,65	4	12,6	12,6
2,0	20/5	3	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	9,65	4	9,65	4	12,6	12,6
3,0	30/5	3	24	24	12	6; 12	8,4	9,65	4	9,65	4	12,6	12,6
5,0	50/10	3	24	24	12	6; 12	8,4	12,65	6	12,65	6	16,2	16,2
10,0	75/20	3	24	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	18,0	-
20,0	75/20	3	24; 30	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	18,0	-
30,0	100/20	3	24; 30	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	18,0	-
50,0	устанавливается по индивидуальному проекту												
<b>Фасонные чугунные отливки</b>													
0,5	5	-	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	8,15	-	8,15	-	10,8	10,8
1,0	10	1	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	9,65	4	9,65	4	12,6	12,6

2,0	15/3	3	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	9,65	4	9,65	4	12,6	12,6
3,0	20/5	3	24	24	12	6; 12	8,4	9,65	4	9,65	4	12,6	12,6
5,0	30/5	3	24	24	12	6; 12	8,4	9,65; 11,45	4; 5	9,65; 11,45	4; 5	12,6; 14,4	12,6; 14,4
10,0	50/10	3	24	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	16,2	-
20,0	50/10	3	24; 30	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	16,2	-
30,0	75/20	3	24; 30	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	18,0	-
50,0	125/20	5	24; 30	-	-	6; 12	-	12,65	6	-	-	18,0	-

Таблица 32

Нормы размеров пролетов и грузоподъемности подъемно-транспортных средств формовочно-выбивных отделений фасонного стального и чугунного литья для одноэтажных и двухэтажных зданий при формовке в опоках

Оборудование для формовки и его характеристика	Транспортные средства и их максимальная грузоподъемность, тс			Размеры пролетов, м									
				ширина пролета одноэтажного здания $B$	ширина пролета двухэтажного здания		шаг колонн	высота до уровня пола второго этажа $H_1$	высота до головки подкранового рельса $h$		высота до низа конструкций покрытия $H$		
	мостовые краны (при поверхностной подсушке)	мостовые краны (при сушке в камерных сушилах)	мостовые краны на выбивке		основного пролета $B$	пролета первого этажа $b$			в одноэтажном здании от $\pm 0,0h$	в двухэтажном здании от отметки пола второго этажа $h$	в одноэтажном здании от нуля	в двухэтажном здании от отметки пола второго этажа	

высота до уровня пола второго этажа  $H_1$

Формовочные машины и линии грузоподъемностью, тс:												
$Q = 1,35$	5	-	5	18; 24	18; 24	9; 12	6; 12	7,8	8,15	8,15	10,8	10,8
$Q = 2,50$	5	-	10	24	24	12	6; 12	7,8	8,15	8,15	10,8	10,8
$Q = 5,00$	5	15/3	15/3	24	24	12	6; 12	7,8	9,65	9,65	12,6	12,6
$Q = 10,0$	10	30/5	30/5	24	-	-	6; 12	-	9,65	-	12,6	-
$Q = 17,0$	20/5	50/10	50/10	24	-	-	6; 12	-	12,65	-	18,0	-
Встряхивающий стол, тс:												
$Q = 40,0$	-	75/20	100/20	24	-	-	6; 12	-	12,65	-	18,0	-

7. Какие процессы уплотнения применяются при изготовлении разовых песчано-глинистых форм.
8. Какие позиции включает ведомость технологического процесса изготовления форм.
9. В чем отличие опочной безопочной формовки.
10. Что лежит в основе расчета площадей формовочных отделений.
11. Для каких целей в состав формовочного отделения включают экспериментальный участок.
12. На основании чего осуществляется выбор формовочного технологического оборудования.
13. Что такое гибкие формовочные линии и в чем их преимущество.
14. Какими подъемно-транспортными устройствами и системами оснащают формовочные отделения.
15. Что такое система укрупненных показателей, когда ее принимают для расчетов формовочных отделений.

## **ЛЕКЦИЯ 7.**

### **ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

#### План лекции

1. Состав современного стержневого отделения. Порядок расчета стержневого отделения
2. Объемы производства стержневых отделений. Технологические процессы изготовления стержней.
3. Оборудование стержневых отделений. Вспомогательное технологическое стержневое оборудование.
4. Расчет требуемого числа стержневого оборудования. Подъемно-транспортное оборудование.
5. Проектные решения стержневых отделений.

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

Состав современного стержневого отделения включает в себя, как правило: участок изготовления стержней; участок сушки стержней, в т.ч. досушки крупных стержней, отверждаемых в оснастке (ХТС, ГТС); участок ремонта, отделки и сборки стержней; участок окраски стержней; склад

стержней и системы их транспортировки с участка на участок и на сборку; участок приготовления стержневых смесей; склад стержневой оснастки; участок изготовления каркасов и жеребеек, лаборатории: химическая и испытания формовочных смесей и материалов. В состав отделения, или в состав всего цеха может входить участок регенерации стержневых смесей.

Структурно-технологическая схема стержневого отделения зависит от многих факторов - серийности, массы, технологического процесса изготовления стержней.

В общем виде такая схема представлена на рис. 14, где 1 – подача компонентов стержневой смеси; 2 – бункер сухого песка и регенерата; 3 – смеситель; 4 – камерный питатель ПТУ стержневой смеси; 5 – бункер стержневой смеси; 6 – автомат изготовления стержней; 7 – оборудование для зачистки, склейки и ремонта стержней; 8 – сушило; 9 – толкающий подвесной конвейер; 10 – этажерка; 11 – бухта с проволокой; 12 – правильно-отрезной станок; 13 – гибочный пресс; 14 – сварочный пост; I – собственное изготовление стержней; II – изготовление каркасов, весок, жеребеек; III – зачистка, склейка и ремонт стержней; IV – подсушка, сушка стержней; V – подвесной адресный склад стержней; VI – изготовление стержневой смеси; VII – регенерация стержневой смеси [1].

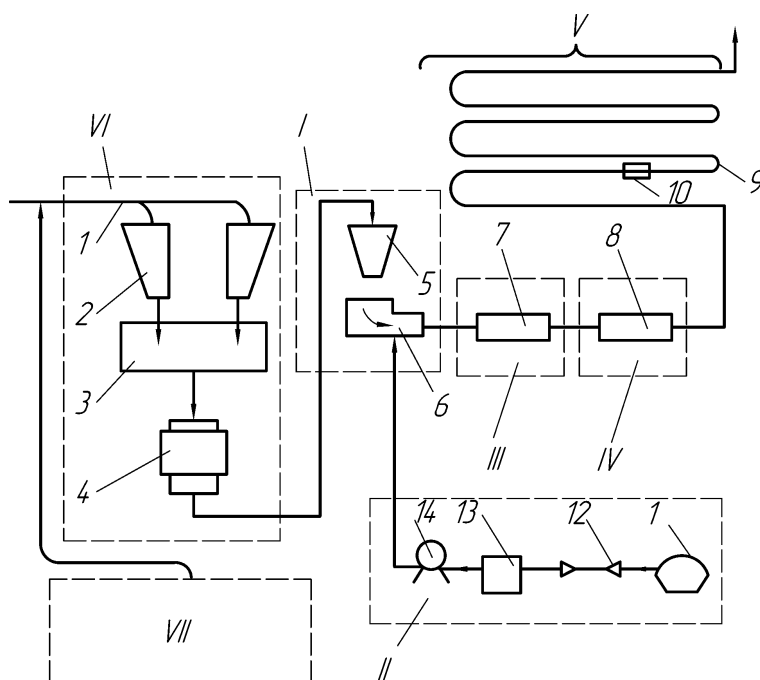


Рис. 14. Структурно-технологическая схема стержневого отделения

Расчет стержневого отделения ведется в такой последовательности: разбивка номенклатуры стержней на весовые группы; определение количества потоков (размерных рядов участка) для каждой или нескольких весовых групп и их мощность; выбор метода изготовления стержней и расчет оборудования.

В массовом и крупносерийном производствах номенклатуру, число, объем, размеры и другие параметры стержней определяют по технологическим картам (табл. 33). В индивидуальном производстве при отсутствии технологических карт, разработок и чертежей отливок объем производства стержневых отделений определяют по нормативам расчетного числа стержней на 1 т годного литья.

Таблица 33

Объем производства стержневого отделения									
№ детали	Деталь	Потребное годовое число отливок	Стержни			Потребность стержней, шт.			Масса изготовляемых стержней в год, кг
			Номер	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	на деталь	на годовой выпуск отливок	годовая с учетом брака отливок и поломки стержней	
1	Корпус	100	1	A×B×B	10	1	100	110	1100
			2	ΦA×B	4	3	300	330	1320
			3	A×B×B	2	1	100	110	220
2	Планшайба		4						
			5						

Примечание. 1. Потери на брак отливок и поломку стержней принимают ~ 10%. 2. При наличии в цехе нескольких стержневых отделений итоги приводят по каждому из них.

Разбивка стержней на весовые группы и габариты позволяет определить объем стержней данной группы и дает возможность свести несколько весовых групп в один технологический поток для изготовления на одном оборудовании. Весовые группы для единичного и мелкосерийного производства представлены в табл. 34.

Таблица 34

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

В зависимости от общего объема стержней, количества весовых групп и габаритов стержней в стержневом отделении может размещаться несколько участков (поток), на которых изготавливаются стержни одной или нескольких весовых групп [1-2, 29-30].

Широко применяемые в литейном производстве разовые песчаные стержни классифицируют по объему, массе и размерам (табл. 35). При выборе составов стержневых смесей и технологических процессов изготовления стержней учитывают также их сложность и конструктивные особенности. По сложности разовые песчано-глинистые стержни делят на пять классов.

Таблица 35

Разновидности разовых песчаных стержней по объему, массе и габаритным размерам

Группа стержней	Объем, дм <sup>3</sup>		Масса, кг		Усредненные максимальные габаритные размеры, мм	
	Массовое и крупносерийное производство	Серийное, мелкосерийное и единичное производство	Массовое и крупносерийное производство	Серийное, мелкосерийное и единичное производство	Массовое и крупносерийное производство	Серийное, мелкосерийное и единичное производство
Мелкие	≤3	≤24	≤6	≤40	350×250×150	600×450×220
Средние	3,5-15	24-150	6-25	40-250	450×350×150÷ 550×450×170	700×450×270÷ 1100×700×350
Крупные	>15	>150	>25	>250	600×450×220 и более	1300×900×500 и более

Технологические процессы изготовления стержней, применяемые в современных литейных цехах, в зависимости от метода их упрочнения подразделяют на три группы:

I – с применением нагрева: в горячих ящиках; с кратковременной сушкой; с длительной сушкой;

II – с обработкой внешними реагентами: с продувкой углекислым газом, с продувкой катализаторами;

III – с твердением в атмосфере цеха в ящиках: из горячетвердеющих, холоднотвердеющих и жидких самотвердеющих смесей [6,10,37].

Определяющими факторами выбора технологического процесса изготовления стержней являются требования, предъявляемые стержням для той или иной отливки, группа сложности стержня, его массы (объем, габариты), а также серийность и затраты на их изготовление. Типичная классификация технологических процессов изготовления стержней приведена на рис. 15.

Сушка стержней осуществляется в конвейерных и горизонтальных сушилах. В серийном производстве пескострельным способом с последующей тепловой сушкой изготавливают стержни массой до 100 кг, а в мелкосерийном и единичном ~ до 250 кг. Крупные стержни массой более 250 кг в серийном, мелкосерийном и единичном производстве изготавливаются на пескометах, однако в последнее время в условиях мелкосерийного производства ста-

ли широко использовать ЖСС, ХТС, уплотнять которые либо не требуется вообще, либо затраты на выполнение этой операции минимальны. Для производства стержней можно использовать автоматизированные линии моделей Л9Т28Б5, Л9128Б7 (табл. 36). При проектировании в стержневом отделении выделяются подсобные участки: каркасная мастерская, приготовления краски, склад стержневых ящиков [28-32, 34-35].

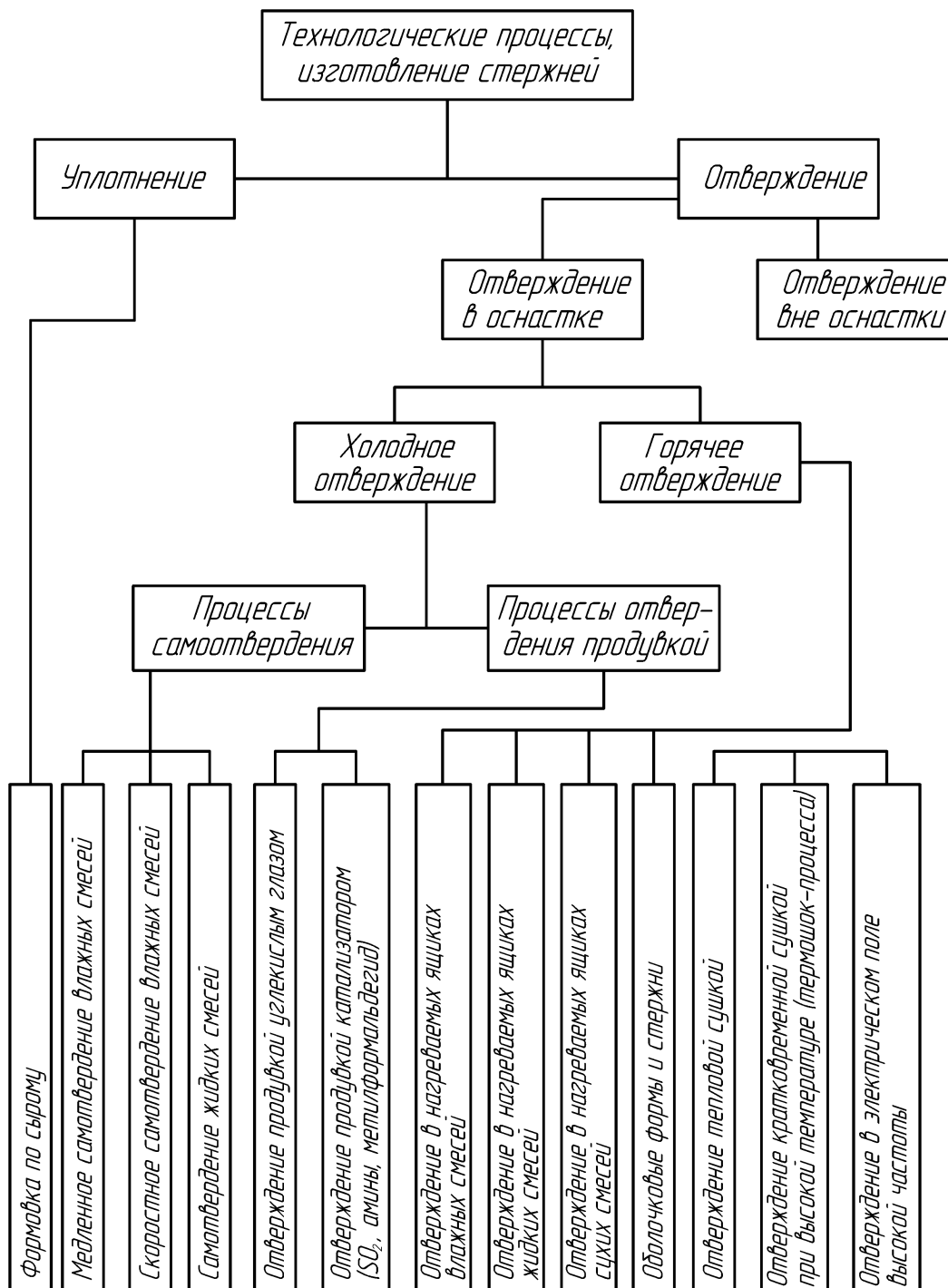


Рис. 15. Классификация технологических процессов изготовления стержней



Метод изготовления стержней пескометной набивкой находит применение при изготовлении средних и крупных стержней в серийном, мелкосерийном и единичном производстве.

Использование пескометов для изготовления стержней увеличивает производительность труда, однако не полностью механизмирует процесс формовки. Операции вытяжки стержней, установки каркаса, уплотнения смеси в углублениях ящика, срезание излишков смеси, накалывание вентиляционных каналов, подача пустых ящиков требуют дополнительной механизации.

Таблица 36

Техническая характеристика автоматических линий для производства стержней

Показатели	Автоматические линии моделей		
	Л9128Б5	Л9128Б7	Л9128Б9
Масса стержня, кг	до 16	до 40	до 100
Размеры стержневого ящика, мм	630×500×300	900×630×320	1000×800×380
Высота сушильной плиты, мм	60	60	60
Расчетная продолжительность цикла работы линий, с	25	30	38
Количество ящиков, обеспечивающих расчетную продолжительность цикла	не менее 5	не менее 5	не менее 5
Минимальное количество ящиков	2	2	2
Высота рольгангов над уровнем пола, мм	600	600	600
Давление в сети сжатого воздуха, МПа	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7
Установленная мощность электродвигателей, кВт	16,3	12,2	18,1
Расход воздуха, нм <sup>3</sup> /цикл	0,7	1,0	1,5
Габаритные размеры линии, мм:			
длина	8460	5700	6460
ширина	4960	4400	4960
высота	3100	2900	3270
Масса линии, кг	15400	18200	21750

Для механизации части вспомогательных операций выпускается специальное оборудование: поворотные столы, поворотно-вытяжные машины, вытяжные станки.

Процесс ЖСС рекомендуется для изготовления стержней в мелкосерийном производстве. Процесс отличается от ХТС тем, что стержневые смеси обладают высокой текучестью. Это позволяет заливать смесь в ящик, где она затвердевает без уплотнения. На рис. 16 показана схема комплексно-механизированной линии, предназначенной для изготовления из ЖСС крупных стержней в единичном, мелкосерийном и серийном производстве.

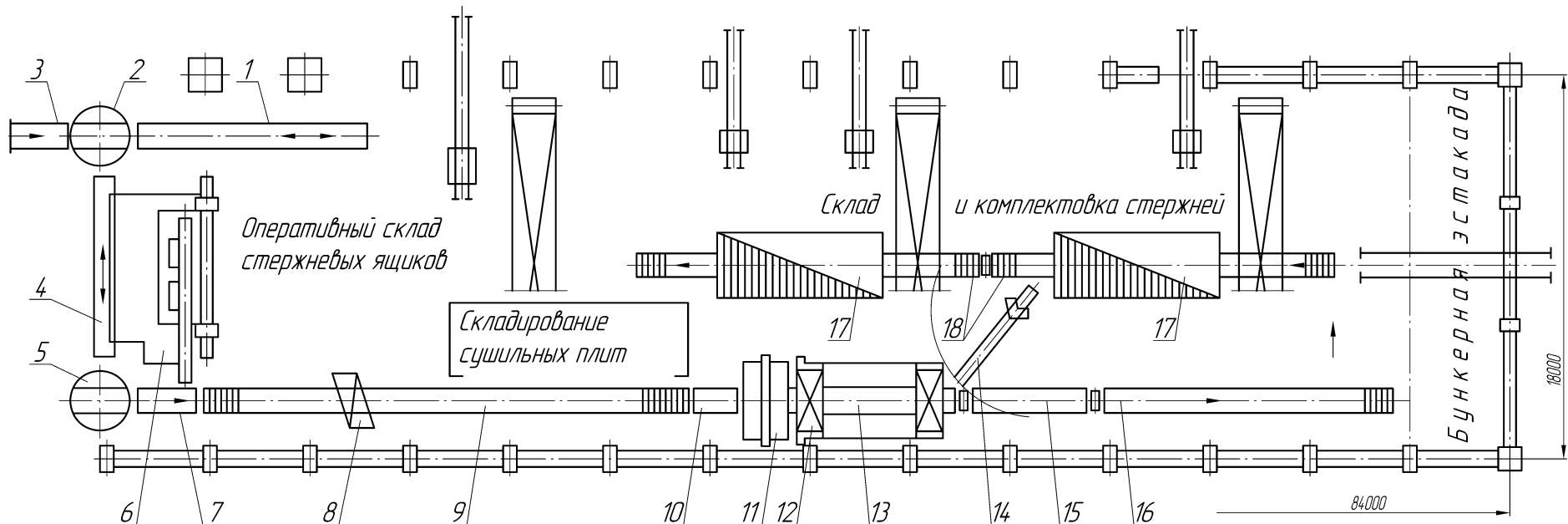


Рис. 16. Комплексно-механизированная линия для изготовления крупных стержней из ЖСС:

1 - ленточный конвейер возврата стержневых ящиков на склад или под заливку; 2 - поворотный круг с реверсивным ленточным транспортером; 3 - ленточный конвейер для транспорта ящиков на заливку; 4- рольганг подачи ящиков под заливку; 5 - поворотный круг с ленточным транспортером; 6 - автоматизированная смесеприготовительная установка; 7- ленточный конвейер двухскоростной; 8 - механизм срезания излишков смеси по ладу ящика; 9 - пластинчатый конвейер твердения стержней; 10 - ленточный двухскоростной конвейер; 11 - кантователь стержневых ящиков; 12 - установка для протяжки стержня; 13 - ленточный конвейер; 14 - механизм для снятия ящиков; 15 - рольганг; 16 - пластинчатый конвейер для отделки и окраски стержней; 17 - конвейерная газовая печь для подсушки краски; 18 - пластинчатый конвейер; 19 - рельсовый путь для подачи на сборку; 20 - мостовой кран

В табл. 37 даны основные характеристики линии по изготовлению стержней пескострельным способом с отверждением продувкой CO<sub>2</sub>.

Таблица 37

Линии изготовления стержней пескострельным способом с отверждением продувкой CO <sub>2</sub>			
Название линии	Модель	Назначение	Краткая механическая характеристика
Автоматизированная стержневая линия	Л16С	Изготовление стержней пескострельным способом с последующим отверждением продувкой CO <sub>2</sub> в условиях серийного производства	Производительность 110 съемов/ч; наибольшая масса стержня 18 кг; размеры стержневого ящика (длина, ширина, высота): 630×500×(300..445) мм; габаритные размеры: 6800×4260×2560 мм, масса:32000 кг
То же	Л40С	То же	Производительность 100 съемов/ч; наибольшая масса стержней 40 кг; размеры стержневого ящика 800×630×(320...495) мм; габаритные размеры 8500×5500×3670 мм; масса 37000 кг
« «	Л100С	« «	Производительность 60 съемов/ч; наибольшая масса стержней 100 кг; габариты стержневого ящика 1000×800×(380..555) мм; габаритные размеры 9350×6020×3375 мм; масса 40000 кг
« «	Л250С	« «	Производительность 30 съемов/ч; наибольшая масса стержней 250 кг; габариты стержневого ящика 1250×1000×(380..555) мм; габаритные размеры 8500×5500×3670 мм; масса 50000 кг

На рис. 17 показан общий вид комплексно-механизированной линии Л40С для изготовления стержней отливок массой до 40 кг из жидкостекольных смесей с продувкой их углекислым газом. На линии механизированы все технологические процессы. Вручную лишь вставляются в ящики отъемные части и каркасы.

Для изготовления мелких, средних и крупных стержней в единичном, мелкосерийном и серийном производстве прогрессивным является метод изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС). Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет катализатора. Для изготовления ХТС преимущественное распространение получили лопастные смесители. Основные характеристики смесителей приведены в табл. 38 [13-14, 16].

Для уплотнения ХТС можно применять вибрационные столы, технические характеристики которых приведены в табл. 39.

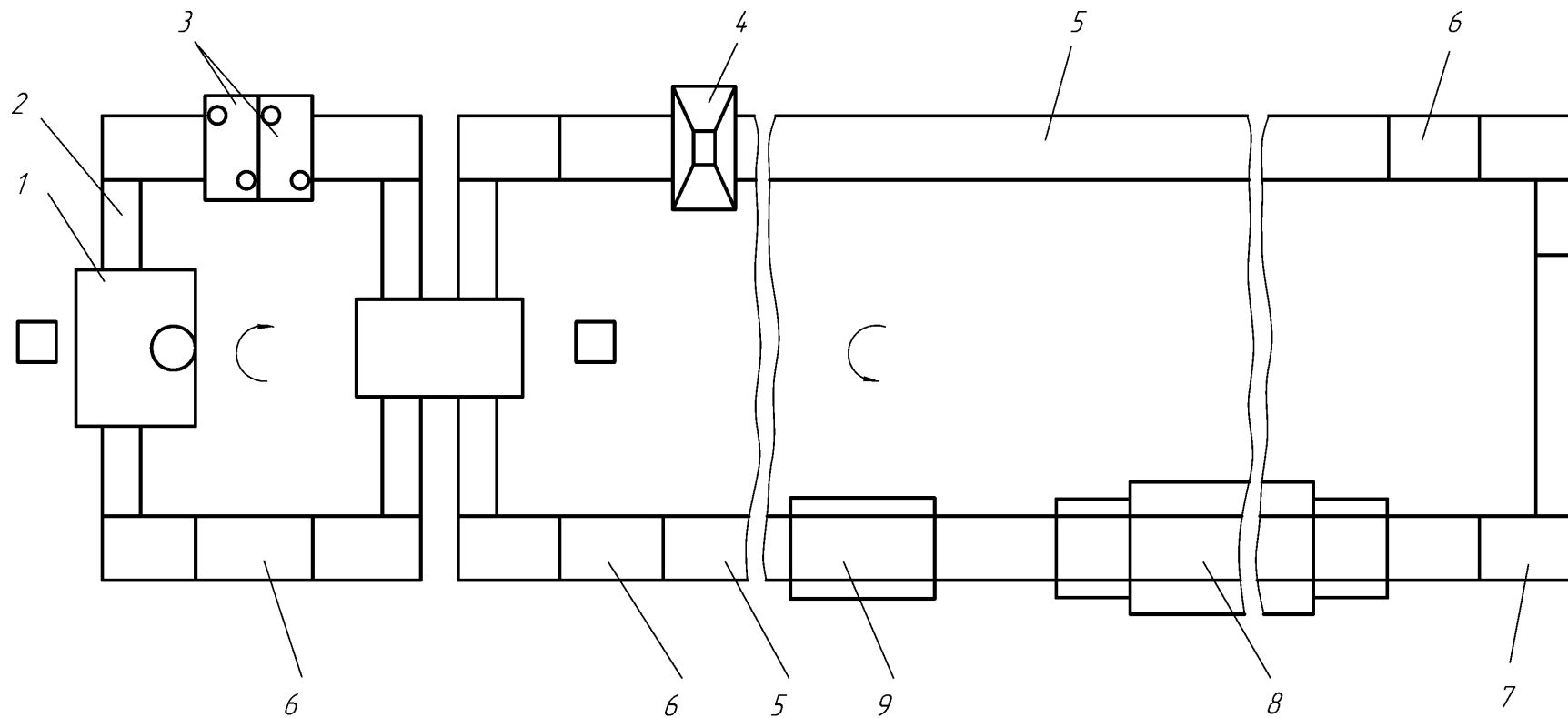


Рис. 17. Схема линии модели Л40С:  
 1 – пескодувная машина; 2 – поворотно-вытяжная машина; 3 – установка для продувки CO<sub>2</sub>;  
 4 – камера очистки сушильных плит; 5 – шаговый конвейер; 6 – рольганг; 7 – подъемный стол;  
 8 – место сушки; 9 – место окраски стержней;

Таблица 38

## Машины для приготовления холоднотвердеющих смесей

Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Основные данные								
			Производительность, т/ч	Высота раздаточного лотка над уровнем пола, мм	Радиус действия, мм	Угол поворота, град.	Частота вращения вала смесителя, об/мин	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина× ширина× высота), мм	Масса, кг	Завод-изготовитель
Смеситель стационарный непрерывного действия: одножелобный, одноплечий	19611	Приготовление холоднотвердеющих смесей	1	1300	1200	190	112	3,45	2765×700×2064	1010	Павлоградский завод литейных машин "Лит-маш"
Одножелобный двухвальный двуплечий	19637		16	1450	1150-2880	240	90	12,0	4400×800×4000	2710	
Одножелобный двухвальный двуплечий	19639		40	1800	1650-2950	240	90	18,0	4400×850×3500	3850	
Двухжелобный двуплечий с «вихревой головкой»	19653		2,5	1381	1150-2250	320	112	4,63	3660×700×3219	2340	
Одножелобный одноплечий	4731		1	1000	1175	180	100	3,6	2310×900×1700	500	
Одножелобный двуплечий	4727		3,5	1513	$\frac{1150}{2350}$	320	103	6,3	3500×1200×3090	2580	
Тоже	4732		15	1450	$\frac{1150}{2630}$	320	95	12,0	4200×1500×3725	2500	
Одножелобный двуплечий двухвальный	ЛПО29		6	1740	$\frac{1200}{2450}$	320	112	3,6	3325×1200×2210	2000	



Таблица 39

## Характеристика вибрационных столов

Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Размеры стола, мм	Наибольшие габаритные размеры ящика, мм	Грузоподъемность, т	Размеры опоки в свету/высота опоки, мм	Продолжительность цикла, мин	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина× ширина× высота), мм	Масса, кг	Оптовая цена, руб	Завод-изготовитель
Стол формовочный вибрационный с неприводным рольгангом	21424 (ЛПОЗО)	Уплотнение холоднотвердеющих смесей. Режим работы рациональный	1600×1250	1250×1000×700	2,0	1200× <u>1000</u> 500	2,0	2,0	1600×1250×675	1850	5500	Павлоградский завод литейных машин "Литмаш"
Стол вибрационный с приводным рольгангом	21432	То же	100×600	800×630	0,6	-	-	-	1700×1230×730	1000	4610	
	21433	« «	1250×740	1000×800	1,25	-	-	-	2050×1530×750	1400	6050	

В массовом и крупносерийном производстве применяется технологический процесс изготовления стержней с отверждением их в горячих ящиках.

Процесс изготовления стержней в горячих ящиках развивается по следующим направлениям: изготовление оболочковых стержней из плакированных смесей на основе термореактивной фенолформальдегидной смолы; изготовление цельных или облегченных стержней из песчано-смоляных смесей на основе жидких термореактивных смол или быстроотвердевающих связующих.

При изготовлении стержней в горячих ящиках формовка осуществляется на пескодувных или пескострельных автоматах. Подача песчаной смеси в пескострельную стержневую машину производится при помощи пневматической системы или загрузочными бункерами, из которых смесь выгружается в бункер машины. Характеристика машин для изготовления стержней по горячим ящикам приведена в табл. 40.

В последнее время большое распространение получило производство оболочковых стержней, имеющих значительные преимущества - улучшение газопроницаемости, низкий расход смеси и высокая точность. Отечественная промышленность выпускает следующие типы машин представленные в табл. 41.

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

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

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

*Расчет требуемого числа стержневого оборудования.* Для определения загрузки основного технологического оборудования стержневого отделения заполняют форму согласно табл. 42.

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

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

Количество стержневых машин для проектирования отделения определяют по формуле:

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



Машины стержневые пескодувные автоматические однопозиционные  
для изготовления стержней в нагреваемой оснастке

№ п/п	Наименование изделия	Модель код ОКП	Основные параметры						
			Наибольшая масса стержня, кг	Габарит стержневого ящика, мм	Расход воздуха/газа, м <sup>3</sup> /ч	Производительность цикла, с	Установленная мощность, кВт	Габарит, мм	Масса, т
1	Машина стержневая пескодувная	<u>4749A172</u> 4124 2127	6	400×320×200	<u>4,2</u> -	22	15	1975×1960×2240	2,2
2		<u>4749A272</u> -	6	400×320×200	<u>4,9</u> 1	22	15	1535×1400×2350	2,1
3		<u>4752A2Г1</u> 4124 2223	12	580×480×180	<u>16,0</u> 4,6	25	2,5	3875×3195×3728	5,2
4		<u>4752A271</u> 41244 2224	12	580×480×240	<u>8,5</u> -	25	58	3875x3195x 3728	5,1
5		<u>4753A1Г1</u> 4124 2218	25	900×350×260	<u>28,5</u> 8,0	29	2,5	4495×3250×3705	6,9
6		<u>4753A171</u> 4124 2319	25	900×350×320	<u>14,5</u> -	29	70	4495×3502×3705	6,8
7		<u>4753A2Г1</u> 4124 2321	25	900×450×260	<u>24,5</u> 7,5	31	2,5	4865×3040×4130	10,0
8		<u>4753A271</u> 4124 2322	25	900×450×290	<u>12,0</u>	31	100	4865×3040×4130	9,45
9		<u>4754A2Г1</u> 4124 2412	50	1080×780×290	<u>37,5</u> 14,0	31	2,5	5270×3310×4060	10,5
10		<u>4757A2Г1</u>	100	1280×780×380	<u>50,0</u> 20,0	33	2,5	6240×3400×4730	14,0
11		<u>4748</u> -	16	700×680×360	<u>24,5</u> -	30	40	4120×3520×2920	6,9
12		<u>4753A1Г3</u> -	25	900×450×260	<u>28,5</u> 8	29	2,5	4475×5200×3705	7,2
13		<u>4747A2Г1</u> -	45	900×680×380	<u>67,5</u> 21,6	34	12,5	5520x5270x 3905	13,0

где  $M_c$  – расчетное количество стержневых машин, шт.;  $V_r$  – количество съемов стержней на годовую программу по массовым группам, закрепленным за данным типом машин, с учетом брака, числа гнезд в ящике или деления стержня на части, шт./год;  $\Phi_d$  – действительный годовой фонд работы машины, ч;  $t$  – потери времени на смену стержневых ящиков за год, ч;  $q$  – расчетная производительность машин, съемов/ч;  $K_n$  – коэффициент неравномерности потребления стержней,  $K_n=1-1,3$  и зависит от серийности производства.

Таблица 41

Машина для изготовления оболочковых стержней  
с отверждением в нагреваемой оснастке

Наименование изделия	Модель код ОКП	Основные параметры						
		Наибольший объем стержня, дм <sup>3</sup>	Размеры оснастки, мм	Расход воздуха газа, м <sup>3</sup> /ч	Производительность цикловая, съемов/ч	Мощность, кВт	Габарит, мм	Масса, т
Машина для изготовления оболочковых стержней	29111А 41242222	4,0	500× 360× 400	<u>25</u> 5	48	1,0	2660× 1390× 2300	2,45
	29113А 41242414	45	760× 500× 500	<u>216</u> 56	60	14,0	4500× 2500× 2710	4,5

Таблица 42

Загрузка стержневого оборудования

№ детали	Деталь	№ стержня	Вид смеси и принятый метод изготовления стержней	Годовая потребность в стержнях, шт	Габаритные размеры стержневых ящиков, мм	Число стержней в ящике	Годовое число съемов с машин	Тип стержневой машины или автомата	Размеры сушильных плит, мм	Число стержней на плите	Число плит на годовую программу	Площадь, м <sup>2</sup>		Продолжительность сушки (подсушки), ч
												плиты	Плит на годовую программу	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Количество стержней на сушильной плите определяют исходя из предварительно подобранных размеров плит в зависимости от принимаемого типоразмера сушильных печей.

Количество автоматических или механизированных линий определяют по формуле:

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

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

Коэффициент загрузки рассчитывают:

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

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

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

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

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

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

Камерные сушила с выкатными тележками применяются для сушки форм и стержней чугунного и стального литья в цехах с серийным, мелкосерийным и единичным характером производства.

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

$$C_{\text{к}} = \frac{S \times t \times K_{\text{н}}}{F_{\text{з}} \times \Phi_{\text{д}} \times n \times K_{\text{зап}}},$$

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

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

Необходимое количество конвейерных сушил рассчитывают по формуле:

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

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

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

Когда произведен расчет потребного количества оборудования для обеспечения программы цеха, можно определить необходимую площадь для его размещения с учетом проходов, проездов, смежных участков и складов, выбрать необходимое крановое хозяйство и рассчитать склады стержней и оснастки.

Стержневые отделения литейного цеха часто размещаются в двухэтажном здании, на втором этаже недалеко от формовочно-заливочно-выбивного отделения. Это обеспечивает небольшое расстояние транспортирования стержней к месту установки; широкое использование непрерывного транспортирования готовых стержней на конвейерах, полное использование объема цеха для организации транспорта стержней, размещение основных транспортных потоков в зоне первого этажа и организацию там складирова-

ния готовых стержней, что снижает длину литейного цеха.

Для размещения стержневых отделений необходимо воспользоваться рекомендованными нормами пролетов зданий чугуно- и сталелитейных цехов в зависимости от вида литья и характера производства (табл. 43).

При получении особо сложных отливок в литейных цехах автомобильных и тракторных заводов площадь стержневого отделения должна составлять 70-90% площади формовочного отделения, но может быть и одинаковой с ним. В литейных цехах транспортного машиностроения площадь стержневого отделения составляет 30-60% площади формовочного отделения, а при производстве отливок массой более 100 кг площади стержневых отделений должны составлять ~70% площади формовочных отделений.

Для механизированных литейных цехов площади стержневого отделения определяют компоновкой оборудования и планировкой рабочих мест, установкой средств транспорта, учетом площадей вспомогательных и складских участков, служебных помещений, а также проездов и проходов.

Обычно при этом в качестве грузоподъемных средств используются кран-балки и электротали. Примерная потребность в производственных площадях для таких участков может быть рассчитана по укрупненным показателям площади участка на одно рабочее место в зависимости от вида производимых стержней: 6 м<sup>2</sup>- для мелких; 8 м<sup>2</sup>- для средних и 12 м<sup>2</sup>-для крупных.

Необходимое число кран-балок и электрических талей (рекомендуемая грузоподъемность 2-5 т), подвесных цепных конвейеров и другого подъемно-транспортного оборудования устанавливают при компоновке отделения в зависимости от производственной обстановки (числа стержневых участков, типов технологического оборудования и др.). Трассу и расположение конвейеров определяют с учетом создания рациональных комплексно-механизированных потоков. В этажных литейных цехах для подачи стержней и оснастки с нижнего этажа на верхний используют специальные лифты. Для подачи крупных (массой >250 кг) стержней на участки сборки форм (из стержневого пролета в формовочный) следует использовать электрифицированные тележки.

При организации труда в стержневых отделениях современных литейных цехов создают кратчайшие производственные потоки – механизированные, комплексно-механизированные и автоматические линии (рис. 18), представляющие собой сочетание основного, вспомогательного технологического и подъемно-транспортного оборудования.

*Участок комплектовки* предназначен для проведения заключительных операций стержневого отделения: зачистки частей стержней в кондукторах на шлифовальных станках; сборки, склеивания или скрепления раздельно изготавливаемых сложных по конфигурации стержней и др. Площадь участка комплектовки устанавливают компоновкой оборудования и инвентаря при учете площадей под проезды и проходы.

Таблица 43

Нормы размеров, пролетов, и грузоподъемности подъемно-транспортных средств  
стержневых отделений фасонного стального и чугунного литья  
для одноэтажных и двухэтажных зданий

Литье	Транспортные средства и их максимальная грузоподъемность, т		Размеры пролета, м								
	Мостовые краны	Однобалочные краны и т.п.	Ширина пролета одноэтажного здания $B$	Ширина пролета двухэтажного здания		Шаг колонн	Высота до уровня пола второго этажа	Высота до головки подкранового рельса		Высота до низа конструкции покрытия	
				основного $B$	первого этажа $B$			в одноэтажном здании $h$ от отметки +0,0	в двухэтажном здании $h$ от отметки пола второго этажа	в одноэтажном здании $h$ от отметки +0,0	в двухэтажном здании $h$ от отметки пола второго этажа
<b>Массовое и крупносерийное производство</b>											
Мелкое (<10 кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	10,8	10,8
Среднее (<50 кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	10,8	10,8
Крупное (<500кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	10,8	10,8
<b>Серийное, мелкосерийное и единичное производство</b>											
Мелкое (<100кг)		3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	9,6	9,6
Среднее (<1000кг)	5	-	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	8,15	8,15	10,8	10,8
Крупное (<5000кг)	5	-	24	24	12	6,12	8,4	8,15	8,15	10,8	10,8
Особо тяжелое (<20000кг)	20/5	-	24,30	-	-	6,12	-	9,65	-	12,0	-

Участок комплектовки стержней должен находиться в сфере действия основного подъемно-транспортного оборудования отделения, его следует дополнять местными транспортными средствами (рольгангами, ленточными конвейерами и др.) для организации поточных методов труда.

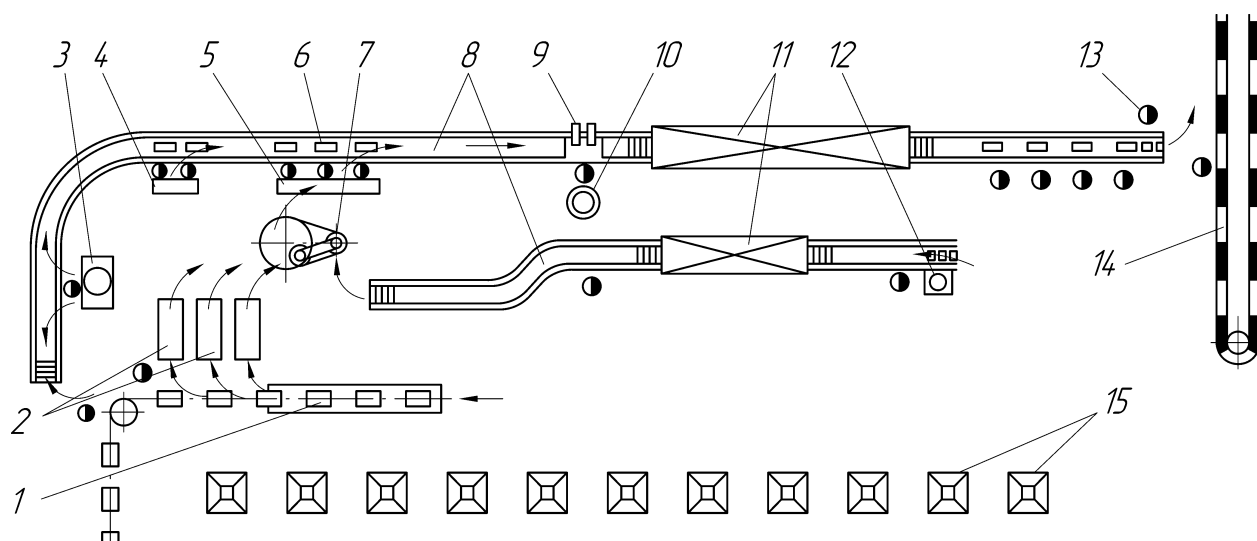


Рис. 18. Механизированная линия производства быстровысыхающих стержней (расположена на втором этаже здания литейного цеха):

- 1 – люк подъема ветви конвейера горизонтального конвейерного сушила, расположенного на первом этаже; 2, 5 – стеллажи; 3, 7 – шлифовальные станки;
- 4 – рабочие места; 6 – стержни; 8 – рольганги; 9 – приспособление для сборки стержней; 10 – печь для приготовления цинкового расплава; 11 – печи для подсушки стержней; 12 – бак для краски; 13 – пост контроля стержней;
- 14 – цепной подвесной конвейер для доставки стержней в формовочное отделение; 15 – бункеры для смеси; 16 – стержневые машины; 17 – люк спуска ветви сушила; 18 – конвейерное четырехходовое сушило

*Каркасный участок* оборудуют станками для правки, резки и гибки проволоки, стеллажами-складами для готовых каркасов. Площадь его принимают по укрупненным показателям в зависимости от мощности цеха: при годовом выпуске 10-20 тыс. т отливок 15-20 м<sup>2</sup>, а при выпуске 20-50 тыс. т 24-120 м<sup>2</sup>. В цехах, изготавливающих крупные отливки, каркасный участок дополняют плацем, на котором методом открытой формовки в почве получают литые стержневые каркасы.

Участок получения СО<sub>2</sub> предусматривают при отсутствии общецеховой установки. Его площадь устанавливают по укрупненным показателям в зависимости от числа установок: 60 м<sup>2</sup> при одной установке и 108 м<sup>2</sup> при двух.

*Складские участки.* В проектируемом стержневом отделении необходимо предусматривать склады стержневой оснастки и стержней, кладовую вспомогательных материалов. Склады стержневой оснастки в условиях массового и крупносерийного производства должны быть оборудованы многоярусными стеллажами, обслуживаемыми механизированными штабелерами. Площадь



промежуточного склада стержневой оснастки устанавливают по нормативам (табл. 44) или по укрупненным показателям, согласно которым ее принимают равной 8-12% площади стержневого отделения. Склады стержней в условиях массового и крупносерийного производства должны быть оборудованы системой подвесных толкающих конвейеров, позволяющих избежать перекладки и поломки стержней. Площадь склада готовых стержней лимитируется необходимым их заделом, который в среднем составляет 8-12 часовую потребность формовочного отделения в стержнях, ее рассчитывают по нормативам, которые можно найти в литературе [1-3, 15, 38]. По укрупненным показателям площадь склада принимают равной 10-15% площади стержневого отделения.

Таблица 44

Нормы для расчета площадей промежуточных складов стержневых ящиков и стержней

Объекты хранения	Способ хранения	Запас хранения в календарных днях при производствах		Грузонапряженность полезной площади складов, т/м <sup>2</sup>	Коэффициент использования полезной площади складов
		серийном и мелкосерийном	крупносерийном и массовом		
Стержневые ящики: крупные	На полу в штабелях	8-10	-	0,3-0,5	0,35-0,45
средние и мелкие	На поддонах в стеллажах	15-20	8-20	1,7-2,0	0,3-0,35
Стержни: крупные	На полу	1,0-3,5	0,5-1,0	0,45-0,75 (0,65-1,0)	0,3-0,4
средние и мелкие	На этажерках и стеллажах	1,5-2,0	0,2-1,0	1,2-1,5 (2,2-2,5)	0,35-0,45
	На подвесных этажерках	0,5-1,0	0,2-1,0	0,35-0,55 (0,45-0,65)	-

Кладовая вспомогательных материалов должна быть предусмотрена в отделениях, где применяют технологию изготовления стержней из химически твердеющих смесей (ХТС, ЖСС), приготовляемых непосредственно на стержневых участках. Кладовая необходима для хранения синтетических смол, катализаторов, растворителей и других подобных материалов. По укрупненным показателям площадь кладовой вспомогательных материалов принимают в зависимости от годового выпуска отливок цехом: 15-20 м<sup>2</sup> при выпуске до 10 тыс. т; 30-40 м<sup>2</sup> при 10-20 тыс. т и 50-60 м<sup>2</sup> при 20-50 тыс. т.

К служебным помещениям относится контора мастеров стержневого отделения, площадь которой принимают равной 15-20 м<sup>2</sup>.

Ритмичная работа стержневого участка по изготовлению и выдаче готовой продукции обеспечивается суточным запасом оснастки и готовых стержней. При расчете площадей участка необходимо предусматривать площади для хранения стержневых ящиков и стержней.

Полезная площадь для хранения стержневых ящиков в течение суток равна:

$$S = \frac{T16\Phi K_1 K_2 K_3}{\Pi}$$

где T16 – суточное количество стержневых ящиков, шт. (16 – время работы участка в сутки, ч);  $\Phi$  – площадь, занимаемая самым большим стержневым ящиком, м<sup>2</sup>; K<sub>1</sub> – коэффициент усреднения размеров ящика; K<sub>2</sub> – коэффициент серийности литья; K<sub>3</sub> – коэффициент повторяемости стержня на форму;  $\Pi$  – этажность хранения стержневых ящиков.

Значения коэффициентов для стержней различного веса в мелкосерийном и индивидуальном производстве приведены в табл. 45.

Таблица 45

Значение коэффициента для расчета площадей хранения стержневых ящиков							
Параметры	Вес стержней						
	до 16	16-40	40-100	100-300	300-700	700-1700	Свыше 1700
$\Phi$	0,3	0,42	0,8	0,63	1,00	1,82	6,25
K <sub>1</sub>	0,6	0,60	0,7	0,70	0,70	0,70	0,70
K <sub>2</sub>	0,7	0,70	0,7	0,70	0,85	0,85	0,85
K <sub>3</sub>	0,9	0,90	0,9	0,90	0,90	0,90	0,90
$\Pi$	5,0	4,00	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00

Общая площадь с учетом проходов рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{общ}} = S \times f,$$

где  $f$  – коэффициент, учитывающий проходы (для стержневых ящиков до 100 дм<sup>3</sup>  $f=2$ , от 100 до 700 дм<sup>3</sup> – 1,5).

Полезная площадь для хранения суточного запаса сухих стержней находится по формуле:

$$S_{\text{ст}} = \frac{T16\Phi K}{\Pi},$$

где T16 – суточное количество стержней, шт;  $\Phi$  – площадь, занимаемая самым большим стержнем, м<sup>2</sup>; K<sub>1</sub> – коэффициент усреднения размеров стержня;  $\Pi$  – этажность хранения стержней.

Значения коэффициентов для стержней различного веса в мелкосерийном и индивидуальном производстве приведены в табл. 46.

Суммарная площадь с учетом проходов:

$$S_{\text{сум}} = S_{\text{ст}} \times f_{\text{ст}},$$

где  $f_{\text{ст}} = 1,4$  – коэффициент, учитывающий проходы [6].

Таблица 46

Значения коэффициентов для расчета площадей хранения сухих стержней							
Параметры	Вес стержней						
	до 16	16-40	40-100	100-300	300-700	700-1700	Свыше 1700
Ф	0,2	0,3	0,35	0,48	0,8	1,56	5,05
К <sub>1</sub>	0,6	0,6	0,70	0,70	0,7	0,70	0,70
П	5,0	4,0	3,00	3,00	2,0	2,0	1,00

Площади складов хранения стержневых ящиков и сухих стержней должны полностью обслуживаться подъемно-транспортным оборудованием.

В стержневом отделении рекомендуется размещать каркасный участок. Он оборудуется верстаками, различными станками для правки проволоки, изготовления жеребеек, резки заготовок каркасов и стеллажами для готовых каркасов. Площадь каркасного отделения принимается по укрупненным данным в зависимости от мощности цеха. При мощности цеха 10-20 тыс. т/год площадь участка равна 15-24 м<sup>2</sup>, при мощности 20-50 тыс. т/год – 24-120 м<sup>2</sup>.

Стержневые отделения следует проектировать с учетом создания направленных кратчайших технологических потоков с расположением однотипного стержневого оборудования на отдельных участках (рис.19, 20).

Рекомендации, которые следует учитывать при компоновке – планировке стержневого отделения.

В целях создания четкой организации труда при эксплуатации проектируемого цеха при достаточном масштабе производства рекомендуется предусматривать для каждого формовочного отделения самостоятельное стержневое отделение.

Для упрощения подачи стержней на сборочные участки при производстве отливок массой более 500 кг стержневые отделения следует располагать параллельно и рядом с формовочными пролетами.

Технологические потоки стержневого отделения должны быть увязаны с технологическими потоками формовочного отделения и литейного цеха в целом.

Чтобы не загораживать и не перегораживать стержневой пролет, необходимо все крупное оборудование (сушила, установки для приготовления и раздачи ЖСС и др.) располагать у стен, между колоннами или в соседних вспомогательных пролетах.

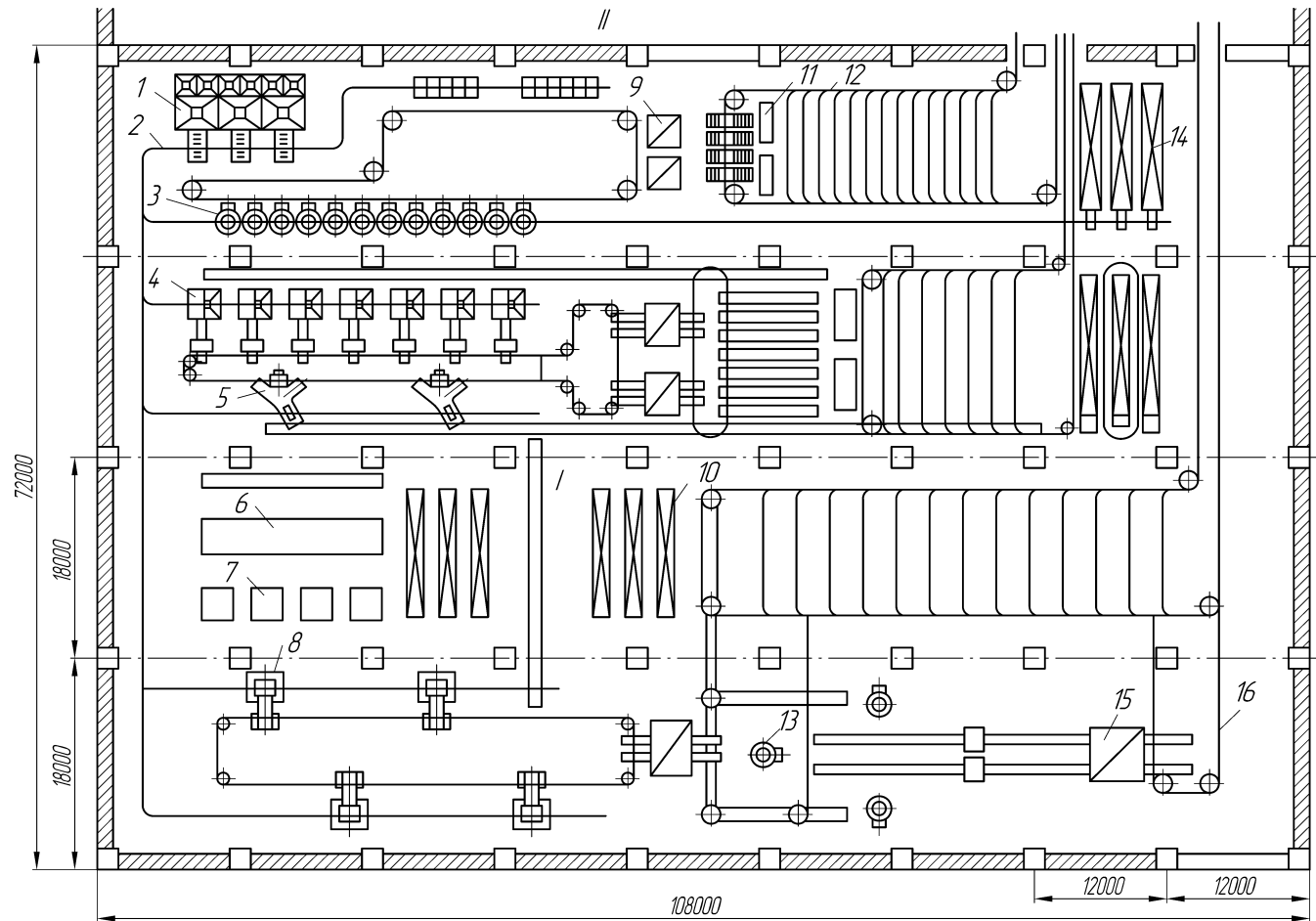


Рис.19. Компонка стержневого отделения в крупносерийном производстве мелких и средних чугуных отливок:

I – стержневое отделение; II – формовочное отделение; 1 – установки приготовления смеси; 2 – подвесной путь раздачи стержневой смеси; 3 – пескострельные машины; 4 – пескодувные машины; 5 – стержневые автоматы; 6 – стеллажи правки арматуры; 7 – пресс для резки проволоки; 8 – стержневые машины для изготовления средних стержней; 9 – вертикальные конвейерные сушила; 10 – стеллажи для хранения стержневых ящиков; 11 – столы контроля; 12 – склад стержней; 13 – шлифовальные зачистные станки; 14 – стеллажи для хранения ящиков; 15 – печь для подсушки окрашенных стержней; 16 – подвесной цепной конвейер для транспортировки стержней в формовочный пролет

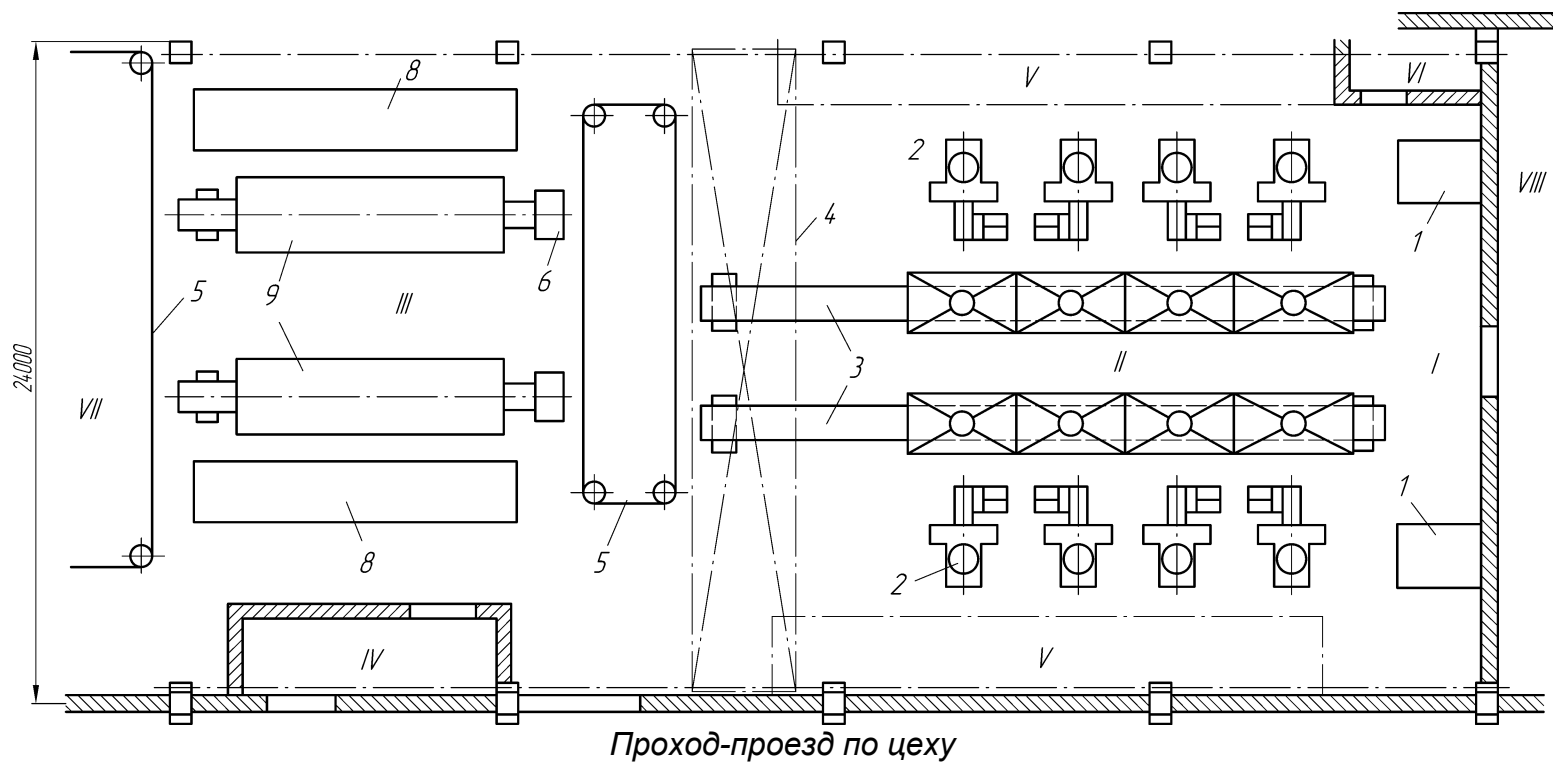


Рис. 20. Компонка стержневого отделения для производства мелких и средних стержней по горячим ящикам:

I – участок приготовления смеси; II – участок изготовления стержней; III – участок комплектки стержней;  
 IV – контора мастеров; V – склады стержневых ящиков; VI – кладовая вспомогательных материалов; VII – формовочное отделение;  
 VIII – смесеприготовительное отделение; 1 – смесеприготовительные установки; 2 – пескодувные машины; 3 – ленточные конвейеры с  
 вытяжными зонтами; 4 – мостовой кран; 5 – подвесные цепные конвейеры; 6 – столы обработки и окраски стержней; 7 – проходные  
 печи для подсушки окрашенных стержней; 8 – стеллажи готовых стержней

При изготовлении стержней желательна каждая стержневой участок снабжать собственной смесеприготовительной установкой. Для ускорения раздачи стержневой смеси целесообразно смесители располагать на отметке площадки бункеров стержневых машин.

Контрольные вопросы.

1. От чего зависит организация работы стержневого отделения и выбор метода изготовления стержней?
2. Перечислите основные участки, входящие в состав современного стержневого отделения?
3. Назовите три группы технологических процессов изготовления стержней, в зависимости от метода их упрочнения?
4. Перечислите вспомогательные участки, входящие в состав современного стержневого отделения?
5. Как определяют требуемое число стержневого оборудования?
6. Как рассчитывается потребное число сушил?
7. Как рассчитывают потребное число мостовых кранов стержневого отделения?
8. Что представляют собой механизированные, комплексно-механизированные и автоматические линии?
9. Что учитывают при проектировании стержневых отделений?
10. Какие помещения стержневого отделения относят к служебным?

## **ЛЕКЦИЯ 8.**

### **ТЕМА: СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

План лекции

1. Выбор формовочной смеси и габаритов опок.
2. Структура смесеприготовительного отделения.
3. Расчет расхода формовочных смесей и смесеприготовительного оборудования.
4. Проектные решения смесеприготовительных отделений.

*Выбор формовочных смесей и габаритов опок.* Наиболее часто используемыми являются песчано-глинистые формовочные смеси. В качестве связующего чаще всего используются каолиновые глины, и на этой базе могут изготавливаться облицовочные, наполнительные и единые смеси как для машинной, так и ручной формовки. Бентонитовые глины применяются при приготовлении единой формовочной смеси автоматических формовочных линий

при заливке «по-сырому».

Жидкостекольные смеси применяются при изготовлении крупных форм и стержней. Для изготовления крупных форм и стержней, особенно при мелкосерийном характере производства, широко используются наливные формовочные смеси. В последние годы находят применение металлофосфатные смеси.

Для изготовления крупных форм из песчано-глинистых смесей большое распространение получила пескометная набивка форм.

Мелкие и средние формы при мелкосерийном и серийном характере производства выгодно изготавливать из холоднотвердеющих смесей (ХТС) со смоляными связующими.

На основе анализа производственной программы необходимо выбрать тип формовочной смеси, а затем приступить к выбору метода уплотнения формы.

Наиболее широко распространенными методами уплотнения литейной формы являются прессовые, встряхивающие, импульсные и комбинированные, а также уплотнение пескометом и применение наливных смесей. Выбор того или иного метода уплотнения должен быть обоснован требованиями к качеству и сложностью отливки, массой ее и габаритами опок, а также возможностями соответствующего оборудования по равномерному уплотнению формы.

Определяющим при этом является выбор габарита опок для изготовления формы. Ориентировочную оценку габаритов опок для отливок средней массы можно выполнить на основании рис. 21.

Если в производственной программе имеются сведения о точных габаритах опок или технологические карты на отливки, то выбор габаритов опок будет более строгим и точным. Выбранные опоки должны соответствовать ГОСТам. Специальные опоки необходимо иметь для приготовления крупных специфических отливок (например, шлаковые чаши, изложницы и др.).

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

Подготовка компонентов смесей должна быть изолирована, поэтому оборудование для сушки песка, размола глины, регенерации отработанных смесей располагают в отдельных помещениях; операции, включая транспортировку, механизмируют или автоматизируют.

Приготовление смесей, их доставка к формовочным машинам, уборка просыпи и отработанной смеси должны быть объединены в одну транспортную автоматизированную систему, оборудованную необходимыми элементами сигнализации и блокировки. Участие рабочих должно быть сведено к наблюдению за работой агрегатов, исправлению неполадок в системе и контролю качества смесей.

Различают централизованные смесеприготовительные отделения, в которых изготавливается несколько типов смесей, и локальные отделения, в которых изготавливается смесь для одной формовочной или стержневой линии. В современных цехах реализуется тенденция децентрализации смесеприготовительных отделений.

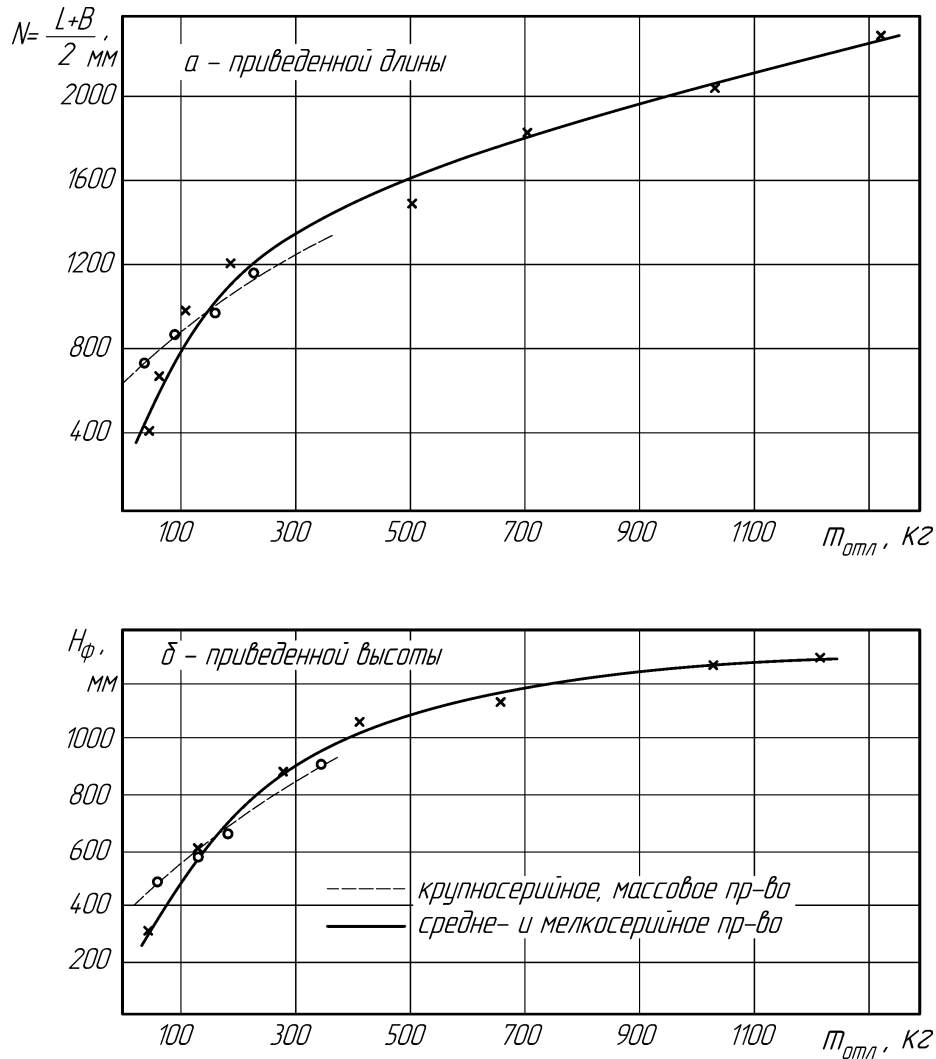


Рис. 21. Зависимость среднего габарита опок от средней массы годных отливок

Расчет оборудования для смесеприготовительных отделений производится на основе баланса формовочных и стержневых смесей для обеспечения годового производства отливок. Потребное количество смесей может быть определено тремя методами: на основании карт или ведомостей технологического процесса изготовления всех отливок или отливок-представителей, применяется при проектировании цехов массового или крупносерийного производства; на основании удельных норм расхода смесей на 1 т годных отливок, применяется при мелкосерийном производстве отливок; на основании статистических данных расхода смесей в различных отраслях машиностроения.



Данные по расходу смесей приведены в табл. 47, 48.

Таблица 47

Расход формовочной и стержневой смеси на 1 т годных отливок				
Масса отливок, кг	Общий расход смесей, м <sup>3</sup> /т	Расход по видам смесей, м <sup>3</sup> /т		
		наполнительная	облицовочная	стержневая
Менее 10	5,5-6,0	4,7-5,2	0,4	0,4
10-50	5,5-4,5	3,8-4,2	0,5	0,5
50-100	4,0-4,5	3,5-3,8	0,5	0,5
100-500	3,8-4,0	3,0-3,2	0,5	0,5
500-1000	3,6-3,8	2,8-3,0	0,5	0,6
1000-5000	3,5-3,7	2,5-2,8	0,6	0,6
5000-10000	3,3-3,5	2,2-2,5	0,6	0,6
10000-25000	3,2-3,3	2,0-2,2	0,6	0,7
Более 25000	3,0-3,2	1,8-2,0	0,6	0,7

Таблица 48

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

При расчете баланса принимают следующие значения плотностей смесей: формовочной и стержневой в разрыхленном состоянии  $1,2 \text{ т/м}^3$ , уплотненной формовочной  $1,6 \text{ т/м}^3$ , уплотненной стержневой  $1,8 \text{ т/м}^3$ . Баланс формовочных и стержневых смесей и расход основных формовочных материалов на годовую программу рассчитывают по табл. 49. Количество смеси на просыпку принимается 10-12 %.

Для приготовления песчано-глинистых и песчано-бentonитовых смесей принимаются бегуны с вертикально и горизонтально расположенными катками периодического и непрерывного действия. Бегуны с вертикальными катками имеют примерный диапазон производительности от 5 до  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$  смеси; производительность бегунов периодического действия с горизонтально расположенными катками (центробежных смесителей) обычно не превышает  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Для обеспечения большей производительности (до  $240 \text{ м}^3/\text{ч}$  и более) применяют бегуны смешивающие, непрерывного действия, сдвоенные с вертикальными катками. Параметры некоторых моделей бегунов представлены в табл. 50, 51. Производительность смесителей зависит от прочности изготавливаемой смеси.

На основе бегунов созданы смесеприготовительные комплексы производительностью до  $400 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В их состав входят бегуны, сита, охладители, аэраторы и т.д. Приготовление формовочной смеси осуществляется автоматически на основе электронной системы управления.

Для приготовления жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) применяют установки периодического действия производительностью до 8 т/ч и установки непрерывного действия производительностью до 30 т/ч.

Для приготовления пластических самотвердеющих смесей (ПСС) предусмотрена установка непрерывного действия производительностью 20 т/ч.

Для приготовления холоднотвердеющих смесей (ХТС) предусмотрены смесители непрерывного действия с производительностью от 1 до 40 т/ч.

Для приготовления плакированных смесей «горячим» способом предусмотрены установки периодического и непрерывного действия производительностью от 1 до 5 т/ч.

Для расчета количества смесителей заполняется ведомость расхода смесей, номенклатуры и количества смесителей (табл. 52).

Площади смесеприготовительных отделений рассчитывают по фактическому расположению технологического оборудования и транспорта.

При проектировании смесеприготовительных отделений различают два подхода.

Первый подход – создание централизованного смесеприготовительного отделения – характерен для цехов единичного, мелкосерийного и серийного производства, которое позволяет использовать имеющиеся мощности оборудования для производства различных смесей и тем самым увеличивать загрузку оборудования.



Таблица 49

## Потребность формовочных и стержневых смесей и свежих материалов на годовую программу

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

Таблица 50

## Смесители литейные чашечные с вертикально вращающимися катками

Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Основные данные						Объем отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Завод изготовитель
			производительность, м <sup>3</sup> /ч	объем замеса, м <sup>3</sup>	продолжительность цикла, мин.	мощность электродвигателей, кВт	габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	масса, кг		
Смеситель литейный чашечный периодического действия	15111	Для измельчения и просеивания сухих материалов	9-1,5*	0,25	2-10	5,0	2000 1865 2895	5050	2000	Волковысский завод литейного оборудования
	15112		15-2,4	0,40	2-10				3000	
Бегуны литейные смешивающие периодического действия с вертикально вращающимися катками	15107М		60-9,5	1,60		110,0	5315 5000 6140	1700	6000	
	15104М		30-4,8	0,80	2-10	45,0	3720 3650 5250	10100 650	6000	
	15114		30-4,8	0,80	2-10				6000	
	15108М		110-18,0	3,00	2-10	160,0	5500 4800 6310	23000	9000	

*Примечание.* Смесители поставляются в комплекте с дозирующими устройствами для отработанной смеси, двух пылевидных компонентов и воды

Таблица 51

## Смесители с горизонтально вращающимися катками для приготовления формовочной и стержневой смеси

Наименование оборудования	Модель	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Объем замеса, м <sup>3</sup>	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса, кг	Оптовая цена, руб. (1990 г.)	Завод изготовитель
Смеситель литейный центробежный периодического действия	15326М	60-12	1,0-0,8	110	4500 3500 2900	12500 1200	20000	Волковысский завод литейного оборудования
	15328	96-18	1,6-0,2	160	6580 4045 3600	14200	25200	
Смеситель литейный чашечный центробежный непрерывного действия (сдвоенный)	15814	160		276	4100 4200 3500	30000	18000	

При этом желательно не смешивать оборотные смеси, поступающие с отдельных формовочных участков, а предусматривать для них отдельные потоки и емкости для накопления. Проектирование такого отделения осуществляется на основании компоновки принятого по расчету технологического оборудования.

Таблица 52

Ведомость расхода смесей и расчета количества смесителей						
Вид смеси	Расход смеси, м <sup>3</sup>			Смесители		
	на программу	в 1 ч	тип	производительность, т/ч	расчетное количество	принятое количество
Формовочные смеси						
Итого						
Стержневые смеси						
Итого						
Всего						

Второй подход – создание отдельной смесеприготовительной установки для каждой высокопроизводительной автоматической литейной линии – применяется при крупносерийном и массовом производстве отливок, что позволяет получать стабильные свойства формовочных смесей и сокращать брак литья. В этом случае лучше использовать автоматизированные системы смесеприготовления и регенерации в соответствии с их производительностью (рис. 22).

Смесеприготовительное отделение в составе литейного цеха может размещаться как в середине цеха, что сокращает путь смеси к формовочным агрегатам и возврат ее после выбивки в технологический поток, так и в торце цеха, что позволяет устраивать в отделении хорошие складские помещения для свежих формовочных материалов и организовывать спокойную работу по их разгрузке. В высокопроизводительных цехах большой производительности смесеприготовительное отделение и регенерация смеси выносятся в отдельно стоящее здание, из которого ведется централизованное снабжение цехов и автоматических литейных линий формовочной смесью по транспортным системам большой протяженности, при этом возле таких отделений устанавливаются силосные емкости для хранения свежего песка. На особо крупных предприятиях устраивают обогатительные фабрики формовочного песка для получения стабильных свойств формовочных смесей.

Компоновка оборудования в смесеприготовительном отделении связана с принятой технологической схемой смесеприготовления и подготовки отработанной смеси. Отделение смесеприготовления отличается большой высотой и поэтому в ряде случаев, при расположении отделения в середине цеха, приходится делать многоэтажные вставки, превышающие среднюю высоту

цеха. Большую проблему представляет подъем смесей на соответствующую высоту, что достигается или использованием элеваторов, или наклонных ветвей ленточных конвейеров большой протяженности из ограниченного угла наклона конвейера.

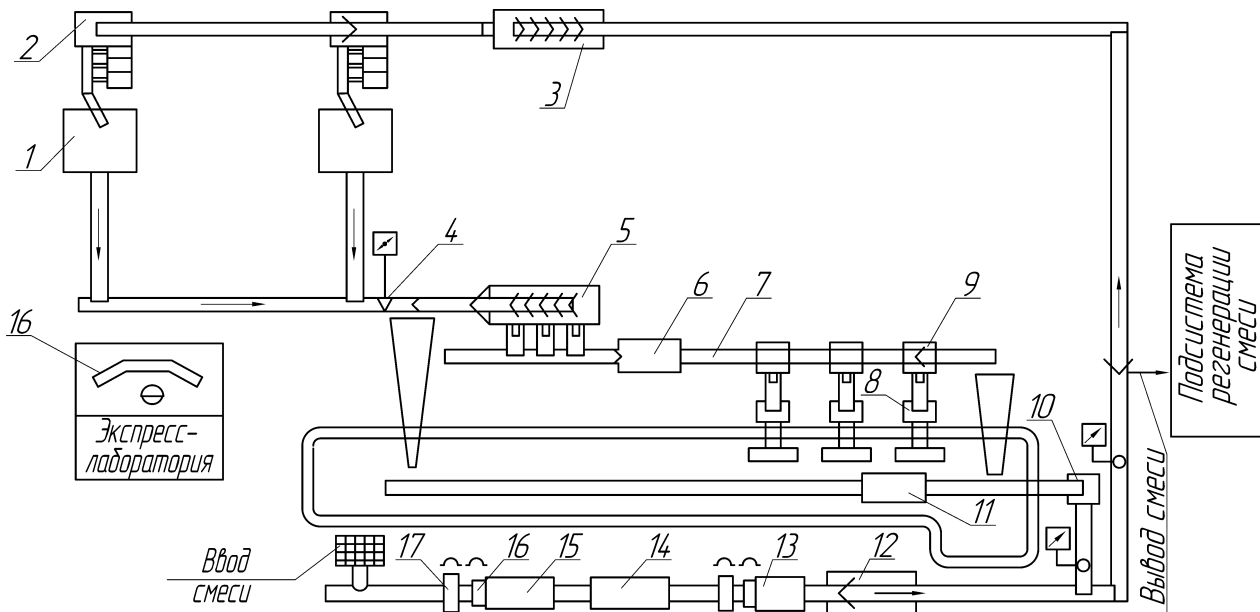


Рис.22. Комплекс технологического оборудования автоматизированных смесеприготовительных систем для приготовления единых формовочных смесей:

1 - смеситель с дозаторами; 2 - расходный бункер; 3 - бункер отработанной смеси; 4 - весоизмеритель ленточный; 5 - бункер-отстойник готовой смеси; 6 - аэратор готовой смеси; 7 - система ленточных конвейеров; 8 - приемный бункер формовочного автомата; 9 – расходный бункер готовой смеси; 10 - бункер непринятой смеси; 11 – аэратор просыпи; 12 - охладитель; 13 - сито тонкой очистки; 14 - аэратор отработанной смеси; 15 - сито грубой очистки; 16 - электромагнитный шкив; 17 – магнитный сепаратор; 18 - комплект технических средств для централизованного управления смесеприготовительным отделением с единым пультом управления.

Рассмотрим в качестве примера схему компоновки и работу смесеприготовительной установки (рис. 23) чугунолитейного цеха ВАЗа. Установка состоит из смесителей 12, блока бункеров для оборотной смеси 5 и сухого песка 6, дисковых питателей 7 и 8, дозирующих емкостей 9, дозаторов воды и суспензии 10. Загрузка бункеров оборотной смесью осуществляется ковшовым элеватором 1, ленточным конвейером 2 и плужковым сбрасывателем 4, а загрузка песком – ленточным конвейером 3. Оборотная смесь и свежий песок при помощи дисковых питателей поступают в дозирующие емкости, представляющие бункеры, установленные на тензодатчиках и снабженные челюстными затворами 11. Доза песка определяется временем работы дискового питателя, а доза оборотной смеси фиксируется весовой системой, которая подает команду на прекращение загрузки и открытие челюстных затворов в емкости 9 по достижении заданного веса. Готовая смесь выгружается из сме-

сителей в промежуточные емкости 13 и далее при помощи питателей выдает-ся на ленточный конвейер 14 транспортной системой.

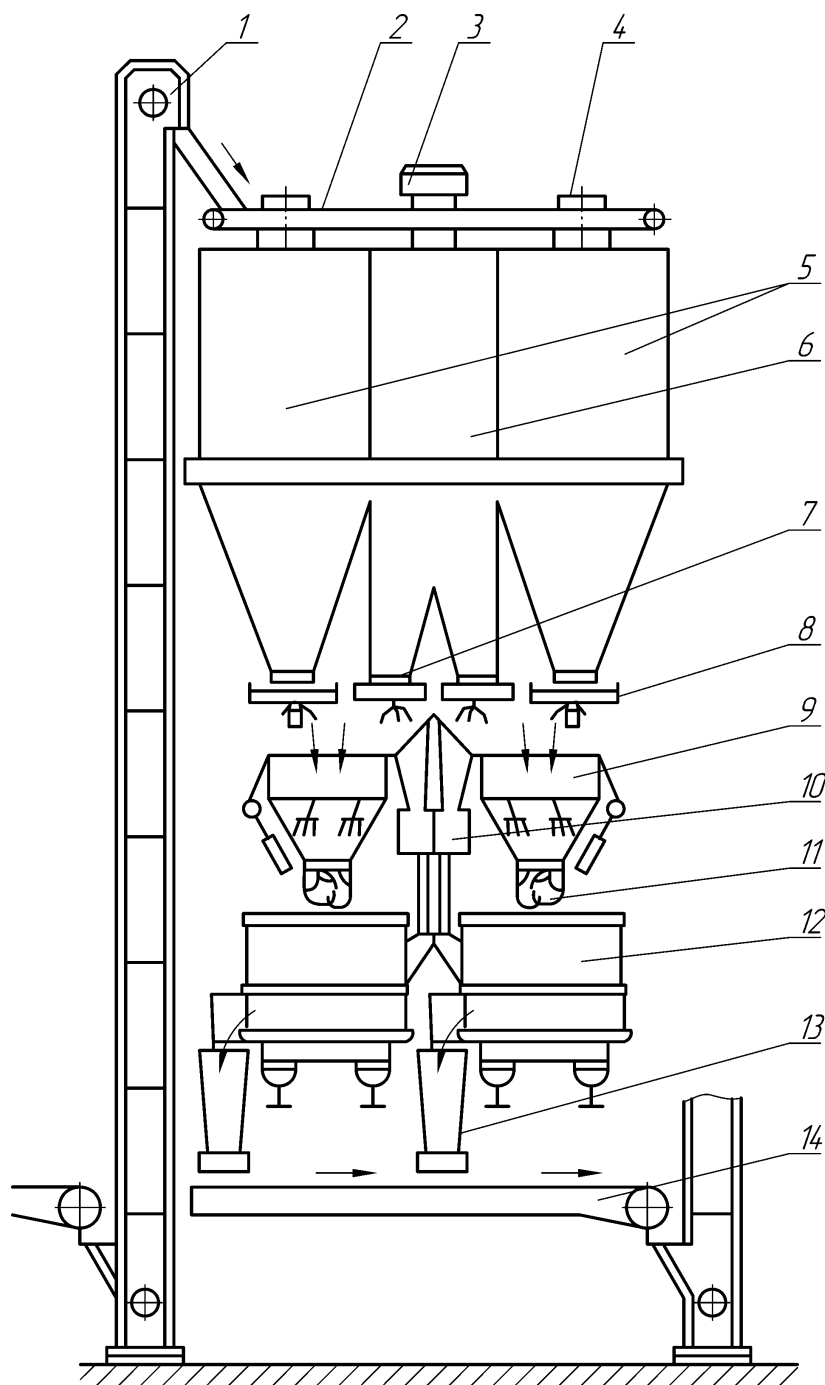


Рис. 23. Схема смесеприготовительной установки чугунолитейного цеха ВАЗа

Смесители обычно снабжаются автоматическими устройствами для контроля и регулирования влажности смеси, а также системой автоматического управления, осуществляющей заданный технологический цикл. Система автоматического управления рабочими циклами перемешивания смеси в



катковых или маятниковых смесителях осуществляется обычно с помощью набора реле времени или же командоаппарата кулачкового типа.

Влажность отработанной формовочной смеси и ее температура непостоянны и в течение смены могут колебаться в пределах до одного процента абсолютной величины, поэтому доза воды на замес также не может быть одинаковой и всякий раз требуется ее корректировка.

Цель автоматизации работы смесеприготовительных установок, включающих смесители и систему дозаторов для компонентов смеси, исключить участие человека в управлении этими устройствами. За человеком остается задача предварительной выработки программы действия. Для осуществления этой программы (в случае использования смесителей циклического действия) необходимо, чтобы рабочие органы элементов установки включались и выключались в определенное время в требуемой последовательности.

Особое внимание должно уделяться точности дозировки компонентов, ибо это в значительной мере определяет качество смеси. Поэтому в последнее время при приготовлении формовочной смеси используются математические модели расчета компонентов смеси с использованием ЭВМ.

При компоновке смесеприготовительных отделений важно учитывать характер производства и степень равномерности потребления смесей в течение рабочего дня.

В мелкосерийном и единичном производстве, где имеет место большая неравномерность в потреблении смесей, рекомендуется в составе линий предусматривать бункеры-отстойники для хранения, выравнивания по влажности и охлаждения смеси. Емкость бункеров должна обеспечивать запас смеси на 2-4 ч работы отделения.

Для подачи сыпучих материалов (сухой песок, сухая молотая глина и т.д.) в бункера над бегунами рекомендуется применять пневмотранспорт. Подготовленная обратная смесь транспортируется с помощью ленточных конвейеров.

Жидкие компоненты смесей (связующие, эмульсии и вода) поступают в бегуны по трубопроводам. Подача типовых формовочных смесей к местам потребления осуществляется ленточными конвейерами, а стержневая смесь – пневмотранспортом или кубелями.

## Контрольные вопросы

1. Что лежит в основе выбора формовочных смесей.
2. Какие участки входят в состав смесеприготовительного отделения.
3. Что включает понятие подготовки исходных материалов.
4. Что лежит в основе подготовки формовочной смеси.
5. Что такое децентрализация смесеприготовительных отделений.
6. На основе чего осуществляется расчет смесеприготовительного оборудования.

7. Назовите методы, позволяющие определить требуемое количество смесей.
8. Для чего необходимо учитывать плотность смесей при расчете баланса формовочных и стержневых смесей.
9. Перечислите оборудование, применяемое для приготовления формовочных и стержневых смесей.
10. Что лежит в основе расчета площадей смесеприготовительных отделений.
11. Определите возможные варианты размещения смесеприготовительных отделений в литейном цехе.
12. Как осуществляется подача смеси к формообразующим агрегатам.
13. Как осуществляется дозирование компонентов смесей.
14. Что такое отработанная формовочная смесь, и какие способы ее подготовки предусматривают в смесеприготовительном отделении.
15. Как осуществляется автоматизация процессов приготовления смесей.

## **ЛЕКЦИЯ 9.**

### **ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРМООБРУБНОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

#### План лекции

1. Объем производства термообрубного отделения, цеха. Схемы технологических процессов. Технологические операции.
2. Состав и оборудование термообрубного отделения. Расчет требуемого числа технологического оборудования. Расчет требуемого числа термических печей.
3. Размещение термообрубных отделений в литейном цехе, их площади, вспомогательные и складские участки. Компонировка оборудования.

Отливки, выбитые из литейных форм, проходят определенный по длительности цикл охлаждения, после чего их передают в термообрубное отделение, где путем проведения ряда операций улучшают их физико-механические свойства и придают им товарный вид. Технологический процесс обработки отливок, характеризуемый числом, последовательностью и особенностями выполнения операций, устанавливают с учетом принятого для производства отливок литейного сплава, их габаритных размеров, массы и конфигурации.

Типовой технологический процесс обработки большей части отливок включает операции: отбивку литниковой системы и элементов питания отливок при их выбивке из формы; охлаждение; очистку и удаление из внутренних полостей стержней; обрубку и зачистку; исправление дефектов; термообработку; промывку, грунтовку и сушку; контроль и передачу отливок на склад.

В зависимости от сплава, из которого изготовлена отливка, термообрубное отделение литейного цеха может занимать в структуре цеха разное поло-

жение. При литье отливок из серого чугуна неотвественного назначения термическое отделение вообще может отсутствовать в составе литейного цеха (например, цех изложниц и поддонов).

При определении числа отливок, подлежащих обработке в термообрубном отделении, за основу принимают годовую программу литейного цеха с учетом брака. При этом дополнительно учитывают также дефектные отливки, подлежащие исправлению на специализированном участке. Число дефектных отливок от годных принимается 15-20 % для мелких, 25-30 % – для средних и 40-60 % – для сложных и крупных отливок [1].

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

В состав термообрубного отделения входят следующие участки: первичной очистки литья, включая выбивку стержней, и первичной очистки отливок; термической обработки отливок; вторичных очистных операций; огневой очистки литья; правки отливок (если отливки подвержены короблению); грунтовок отливок; исправления дефектов; подъемно-транспортного оборудования отливок; промежуточные (межоперационные) склады отливок.

Схема технологических процессов очистки чугуна и стального литья показана на рис. 24. Такая многостадийная схема обработки отливок с рядом промежуточных контролей отливки определяет ряд особенностей в проектировании термообрубных отделений, связанных со следующими обстоятельствами:

- номенклатуру литья цеха в связи с большой разницей в габаритах, массе и сложности геометрических форм трудно объединить в одинаковые технологические потоки;
- оборудование для очистки обладает малой производительностью и имеет маломощный отсос пыли;
- необходимость организации непрерывного цикла термообработки отливок (работа в три смены);
- плохие условия труда при очистке отливок (пыль, тепловыделения, искры и др.);
- необходимость в промежуточных складах при проведении последовательных технологических операций.

Технологический процесс обработки стальных отливок имеет специфические особенности, одной из которых является отрезка прибылей. Учитывая хрупкость серого и ковкого (до отжига) чугуна, питатели и выпоры от мелких чугунных отливок отделяют во время их очистки в галтовочных барабанах, а от более крупных – ударами молотка в процессе выбивки форм. От мелких стальных, бронзовых и латунных отливок литники отрезают на прессах и с помощью эксцентриковых пресс-кусачек, а от алюминиевых и магниевых – ленточными пилами.

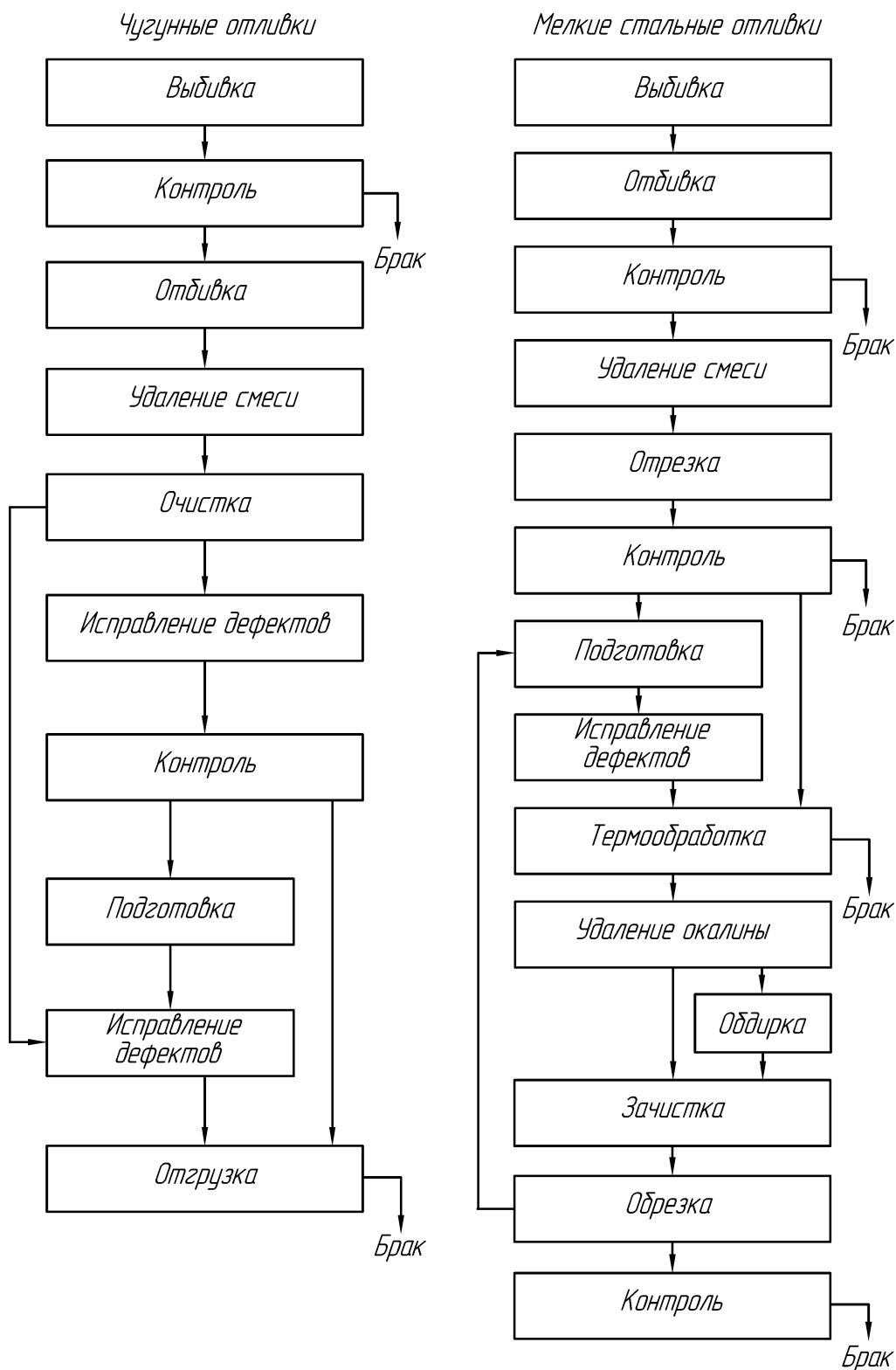


Рис. 24. Схема процесса очистки чугунных и стальных отливок

Питающие бобышки от отливок из серого и ковкого чугуна, а также прибыли от крупных стальных и медных (из латуни и бронзы) отливок отрезают на станках с дисковыми пилами. Особо массивные прибыли от крупных отливок из углеродистой и низколегированной стали отрезают пламенем

газокислородных резаков и специальными установками механизированной резки.

Для очистки чугунных и стальных отливок применяют различные методы: галтовочный, дромобетный, дробеструйный, вибрационный, гидравлический, электрогидравлический, электрохимический и газовый.

Удаление заливов, швов и других неровностей на наружных и внутренних поверхностях средних и крупных отливок из чугуна и стали, а также вырубку дефектов для заварки, технологических ребер в отливках из стали и ковкого чугуна обычно выполняют пневматическими рубильными молотками с зубилами. Так же для обрубки и зачистки крупных и тяжелых чугунных отливок частично используют воздушно-дуговую резку.

Для зачистки питателей, прибылей и других мелких неровностей на наружных поверхностях чугунных и стальных отливок применяют специальные установки, снабженные абразивными корундовыми или карборундовыми кругами. Заусенцы, острые кромки и другие подобные неровности чугунных и стальных отливок удаляют на специальных вибрационных машинах и на точных шлифовальных станках [1-2, 6].

Современные методы позволяют исправлять разнообразные дефекты отливок без ухудшения их качества. Основными методами исправления дефектных отливок являются декоративная заделка мелких поверхностных раковин пастами - мастиками и замазками; пропитывание специальными составами (водным раствором хлористого аммония и др.) для устранения пористости отливок, подвергающихся гидравлическому испытанию; газовая или электрическая заварка. Дефектные отливки исправляют на специализированных участках термообрубных отделений.

Основной целью термообработки является снятие внутренних напряжений и улучшение обрабатываемости отливок при обработке резанием, придание металлу определенной структуры и физико-механических свойств. При проектировании термообрубных отделений чугунолитейных и сталелитейных цехов операции и режимы термообработки назначают с учетом требований к качеству получаемых отливок согласно техническим условиям.

Грунтовку применяют для предохранения отливок от коррозии при их длительном хранении или транспортировке. Окраске подвергают наружные и внутренние поверхности отливок, не подлежащие обработке резанием, специальной густой краской (грунтом). Перед грунтовкой поверхности отливки очищают от песка и пыли в моечных установках.

В табл. 53 приведены нормы охлаждения отливок перед финишными операциями.

Для проектируемого термообрубного отделения оборудование следует выбирать на основе характеристик обрабатываемых отливок (сплава, массы, конфигурации, размеров) с учетом серийности производства.

Таблица 53

Нормы времени охлаждения отливок (ч) после выбивки из форм  
(естественное охлаждение)

Масса отливок, кг	Серый чугун	Ковкий чугун	Углеродистая сталь	Легированная сталь
≤8	1,0-2,5	1-1,2	0,8-1,5	1,2-3
9-20	1,2-3	1,2-1,5	1-2	1,5-4
21-50	1,5-4	1,5-2,2	1,2-3	1,8-5
51-100	2-5	2-3	1,6-3,7	2,4-6
101-250	3-7,5	3-4,5	2,5-6	3,5-8
251-500	5-11	-	4-9	10-14
501-1000	9-18	-	7-14	14-20
1001-2000	15-24	-	12-20	-
2001-5000	24-35	-	18-28	-
5001-10000	32-48	-	24-38	-
10001-20000	40-60	-	32-48	-
>20000	48-72	-	36-60	-

*Примечание.* Нижнее значение интервала времени принимают для отливок, получаемых без стержней.

В качестве вспомогательного оборудования в термообрубных отделениях литейных цехов применяют моечные, обдувочные и сушильные камеры, газовые горны для предварительного нагрева отливок перед заваркой, столы для обработки и окраски отливок и др.

При расчете требуемого числа технологического оборудования термообрубного отделения годовой выпуск отливок (с учетом бракованных и дефектных отливок) распределяют по операциям принятого технологического процесса. В массовом и крупносерийном производстве оборудование распределяют на основании подетальных расчетов, а в серийном, мелкосерийном и единичном - по укрупненным показателям для отдельных групп отливок. При подетальных расчетах отливки, обрабатываемые однотипными операциями, объединяют в группы или распределяют по поточным линиям. Расчетную производительность оборудования принимают по нормативам, рекомендуемым в табл. 54.

При расчете потребного оборудования, обеспечивающего выполнение каждой операции технологического процесса, следует учитывать, что расчетная производительность по целому ряду оборудования, особенно дробеметному очистному, должна быть снижена в 1,5-2 раза из-за задержек, связанных с загрузкой и выгрузкой его.

Расчет числа потребного оборудования ( $N$ ) проводится по уравнению:

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

где  $B$  – годовой объем очистных или других работ, т/год;  $K_n$  – коэффициент неравномерности загрузки оборудования;  $\Phi_d$  – действительный фонд времени работы оборудования;  $P_n$  – нормативная или паспортная производительность оборудования, т/ч (шт./ч) [6].

Таблица 54

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

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

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

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

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

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

Количество однотипных печей периодического действия при этом определится по уравнению:

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

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

Потребное число мостовых кранов термообрубного отделения (их рекомендуемая грузоподъемность в зависимости от массы обрабатываемых отливок устанавливается по нормативам (табл. 55) или из расчета длины участка, обслуживаемого одним краном: обрубного 20-30 м, грунтовочного 25-40 м и термического 25-30 м).

Таблица 55

Нормы ( в крано-часах на 1 т годных отливок), учитываемые при определении числа мостовых кранов термообрубных отделений

Группа отливок по массе, кг	Очистка, обрубка, обслуживание оборудования	Термообработка
50-250	0,8-0,95	0,2-0,3
100-500	0,7-0,85	
100-1000		0,65-0,8
500-1000	0,55-0,8	
1000-2000		
1000-5000	-	-
5000 и более		

Необходимое число кран-балок и электроталей (их рекомендуемая грузоподъемность 1-5 т), подвесных цепных конвейеров и другого подъемно-транспортного оборудования устанавливают при компоновке отделения в зависимости от производственной обстановки (число участков обработки отливок различной массы, типы применяемого технологического оборудования и др.), а их расположение и трассы – с учетом необходимости создания кратчайших технологических потоков.



*Планировочные решения.* В связи с большим количеством пыли, тепла и шума термообрубные отделения обычно выделяются в самостоятельные помещения при большом объеме работ в этом отделении (сталелитейные цехи, цехи ковкого чугуна) или они располагаются в самостоятельном пролете, отгороженном от основных отделений цеха. Участки самого отделения располагаются последовательно друг за другом в соответствии с технологическим потоком. Схема участка очистки с использованием конвейерного транспорта показана на рис. 25. Здесь отливки после выбивной решетки 1 подвешиваются на подвесной конвейер и проходят охлаждающую камеру 2, затем вибро-транспортером попадают на стол отбивки литниковой системы 3. Часть отливок передается на очистной барабан 5, а часть на подвесном конвейере в дробебетную камеру 4.

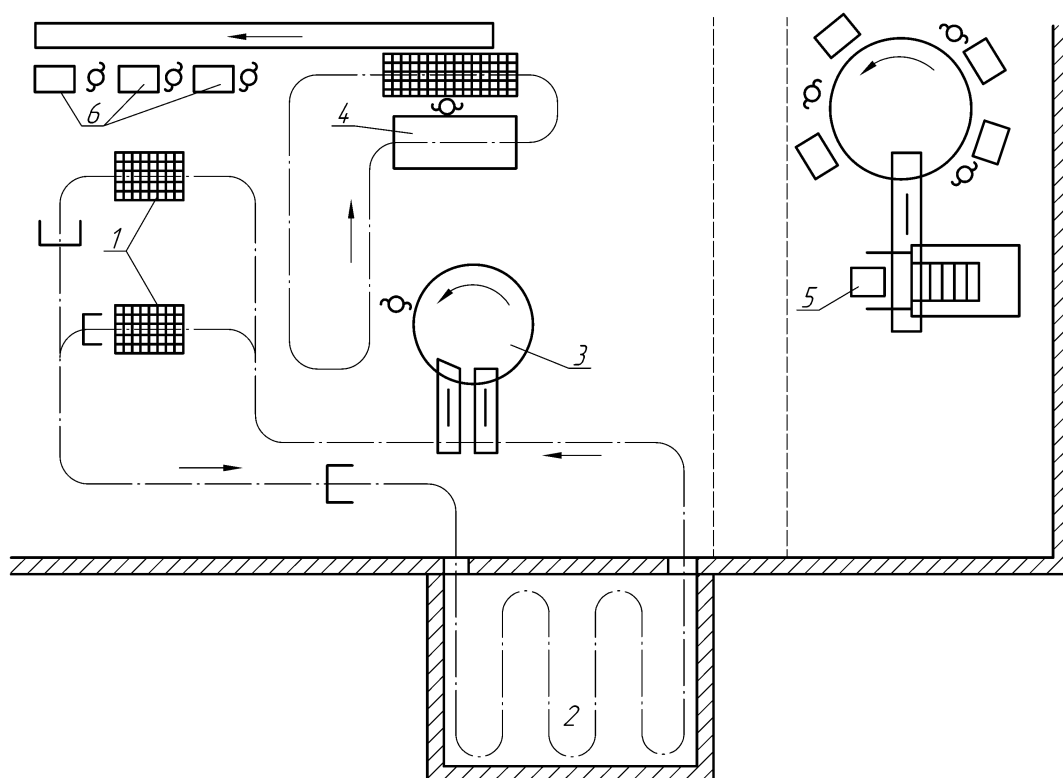


Рис. 25. Схема участка очистки, в котором используется конвейерный транспорт

После этого они подвергаются зачистке на обдирочных станках 6.

При транспортировке межоперационной и на комплекточный склад мелкие отливки передают в унифицированной таре с помощью электро- и автокар. Более крупные отливки передаются мостовыми кранами общего назначения, кран-балками, электроталями, подвесными цепными и толкающими конвейерами, электрифицированными тележками [1].

Площади, занимаемые термообрубными отделениями, зависят от типа цеха, вида и массы литья и колеблются в широких пределах, составляя от 40 до 70 % от площади формовочно-заливочно-выбивного отделения для чугу-

нолитейных цехов и 80-90% того же отделения для сталелитейных цехов. Конкретная площадь термообрубного отделения будет определяться компоновкой технологического оборудования в потоке, числом рабочих мест и установкой соответствующего подъемно-транспортного оборудования, наличием мест контроля отливок по ходу процесса, наличием основного и промежуточных складов, вспомогательных участков и служебных помещений при создании необходимых проходов и проездов.

Компоновки цехов с массовым и крупносерийным характером производства существенно отличаются от других наличием специализированных автоматизированных поточных линий, предназначенных для зачистки определенных отливок. Для обеспечения бесперебойной работы таких линий и нерегулярного поступления отливок необходимо перед линией иметь промежуточный склад, сглаживающий неравномерность поступления отливок. При планировке отделений в цехах с мелкосерийным и серийным характером производства создаются поточные участки для соответствующих формовочно-заливочных участков (мелкого, среднего, крупного и другого литья). В случае невозможности такой организации увеличиваются затраты ручного труда и ухудшаются условия труда.

Пример компоновки термообрубного отделения для чугунолитейного цеха показан на рис. 26.

В двухэтажных литейных цехах производственные участки термообрубного отделения для мелких отливок обычно располагают на втором этаже. Первый этаж отводят под транспортные системы, склады отливок, кладовые, трансформаторные подстанции, вентиляционное оборудование и другие вспомогательные службы.

В литейных цехах массового и крупносерийного производства термообрубные отделения компонуют на принципах разделения процессов обработки групп и отдельных отливок по поточным линиям с использованием наиболее высокопроизводительного оборудования и подъемно-транспортных средств непрерывного действия.

В условиях серийного, мелкосерийного и единичного производства термообрубные отделения компонуют с учетом создания участков для обслуживания соответствующих формовочно-заливочных отделений, предназначенных для обработки определенных групп отливок по массе. При этом предусматривают групповое расположение однотипного технологического оборудования, располагаемого в последовательности выполняемых операций так, чтобы по возможности сократить протяженность межоперационных потоков. Используя подвесные цепные, пластинчатые и ленточные конвейеры, рольганги и перемещаемые по монорельсам электротали, организуют поточные линии обработки отдельных групп отливок.

Чтобы не загромождать и не перегораживать пролет, все крупное оборудование (тупиковые дробебетные камеры, термические печи и др.) располагают у стен или между колоннами.

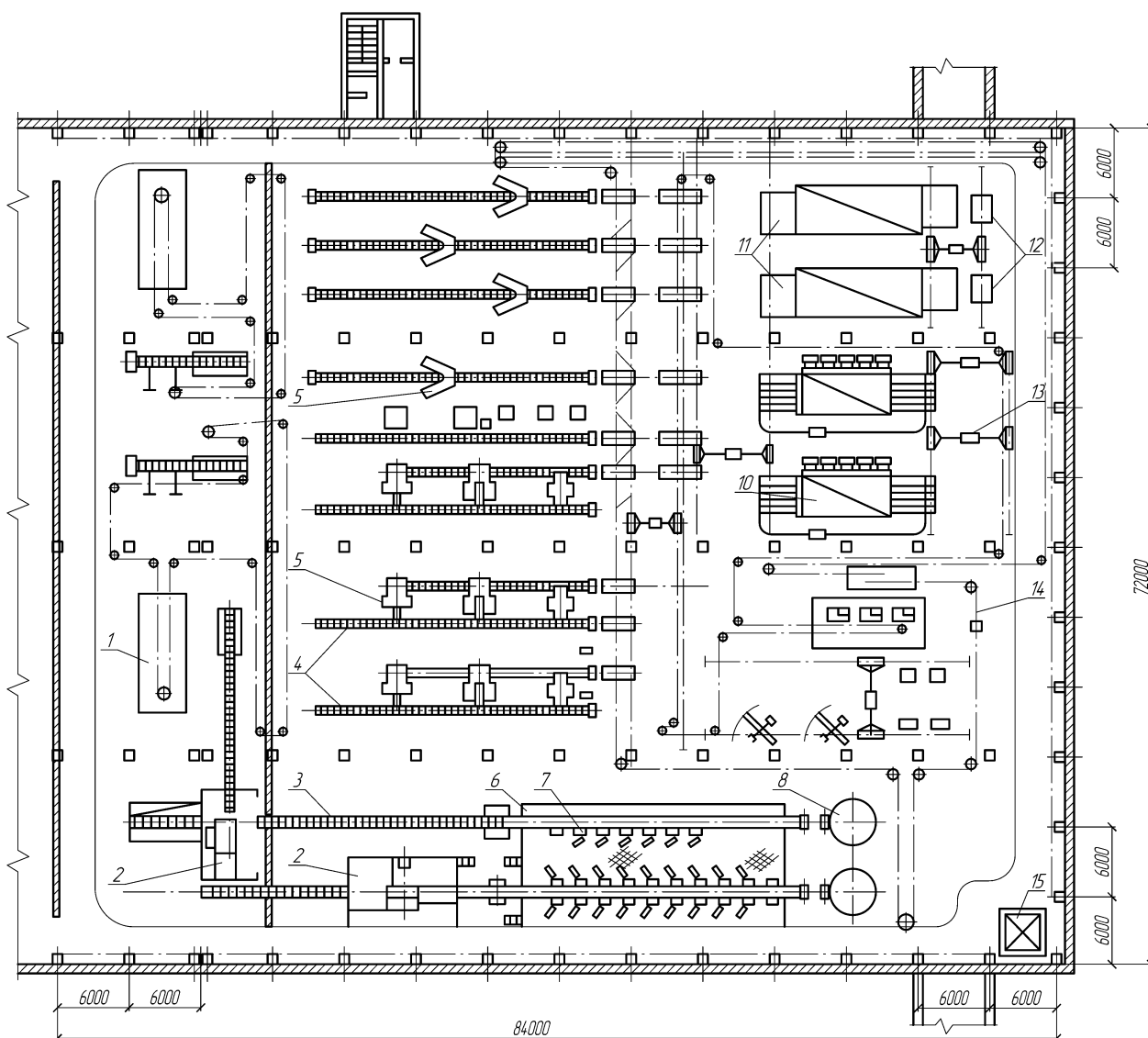


Рис. 26. План отделения термообработки и очистки литейного цеха серого чугуна мощностью 75 тыс. год:

1 – дробеметная камера конвейерная для первой очистки; 2 – дробеметный барабан непрерывного действия; 3 – пластинчатый конвейер; 4 – поточные линии зачистки среднего и крупного литья; 5 – зачистные полуавтоматы; 6 – поточные линии мелкого литья; 7 – зачистные станки; 8 – сортировочный стол; 9 – дробеметная камера конвейерная для вторичной очистки; 10 – термические печи проходные для искусственного старения отливок; 11 – термические печи, 12 – столы для заварки отливок; 13 – кран-балка; 14 – конвейер подвесной толкающего типа; 15 – грузовой лифт

С целью исключения встречных грузопотоков технологические потоки термообручного отделения необходимо согласовывать с технологическими потоками литейного цеха [1].

В термообручном отделении применяют два вида контроля – промежуточный и окончательный. Первый осуществляется в процессе очистки, обрубки и зачистки с целью изъятия из технологического потока бракованных и де-

фектных отливок, а второй – для приемки прошедших эти операции отливок. В зависимости от предъявляемых к отливкам требований окончательный контроль проводится на постах наружного осмотра отливок, на разметочном пункте или стенде гидравлических испытаний, а также в цеховых и заводских лабораториях: металлографической, механических испытаний, рентгеновской, ультразвуковой, и др.

Контрольные вопросы.

1. Что принимается за основу при определении числа отливок, подлежащих обработке в термообрубном отделении?
2. Перечислите участки, входящие в состав термообрубного отделения?
3. Назовите особенности проектирования термообрубных отделений?
4. Какие различные методы применяют для очистки чугунных и стальных отливок?
5. Как рассчитывают число потребного оборудования термообрубного отделения?
6. По какой формуле рассчитывают количество однотипных печей периодического действия?
7. Как рассчитывают производительность термических печей по удельной нагрузке на под печи?
8. Как устанавливают потребное число мостовых кранов термообрубного отделения?
9. От чего зависят площади, занимаемые термообрубным отделением?
10. Какие технологические приемы следует соблюдать при проектировании термообрубного отделения?

## **ЛЕКЦИЯ 10.**

### **ТЕМА: СКЛАДЫ ФОРМОВОЧНЫХ И ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

План лекции

1. Приемка и разгрузка материалов. Шихтовые материалы, определение расхода шихтовых материалов. Учет расхода материалов.
2. Устройство, хранение, оборудование и механизация складов литейного цеха.
3. Расчет и планировка складов формовочных и шихтовых материалов.

*Склады литейного цеха* служат для приемки, разгрузки, складирования всех материалов, необходимых для нормального функционирования цеха. Сюда входят шихтовые и формовочные материалы, топливо, флюсы (известь,

известняк, разжижители шлака и др.), огнеупорные материалы для футеровки плавильных, сушильных печей, а также огнеупорные материалы заливочного припаса. Количество материалов, проходящих через склад, в 2,5-3 раза превышает производительность цеха по годным отливкам.

На складах выполняются пять основных операций: приемка материалов; разгрузка; хранение; подготовка материалов для использования их в цехе (если это требуется); погрузка и транспортировка материалов со склада в цех.

Приемка материалов заключается в проверке его количества и качества. При поступлении материалов по железной дороге вес проверяют на вагонных весах железнодорожной станции. Крупные заводы обычно имеют свои вагонные весы. Если на станции железной дороги и на заводе нет вагонных весов, то вес материалов в вагонах может быть определен обмером или другим способом [24].

На каждую партию поступающих материалов должен быть сертификат, в котором указан вес, марка или сорт, характеристика качества с отметкой ОТК поставщика о годности материала. Сертификат на формовочные пески обычно наклеивают на вагон. На другие материалы сертификаты прилагают к железнодорожным накладным или счетам. На небольших заводах материалы по качеству принимают по сертификату поставщика. На больших заводах, особенно при массовом производстве, когда однородность материала особенно необходима, завод проверяет качество материалов в своих лабораториях. В случае несовпадения заводских анализов или марки материала с сертификатом вызывают представителя поставщика, вместе с которым представитель завода отбирает пробы и проводит повторные испытания.

Согласно ГОСТ 4832-91 количество проб, отбираемых для химического анализа чушкового чугуна, зависит от грузоподъемности вагона, в котором он доставлен: при грузоподъемности вагона до 20 т от каждых 5 т берется одна проба, при большей грузоподъемности – от каждых 10 т. При отборе проб разбивают несколько чушек чугуна и на химический анализ отбирают наиболее отличающиеся друг от друга образцы по характеру излома. Стружку для химического анализа берут путем сверления образцов. В крупных литейных цехах сверлильный станок для взятия стружки следует устанавливать на складе шихтовых материалов.

До получения результатов химического анализа чушковые чугуны после разгрузки укладывают повагонно в штабеля. Поэтому у механизированных складов шихты необходимо предусматривать площадку для хранения в штабелях чушковых чугунов. Эту площадку должен обслуживать мостовой кран с магнитной шайбой, который после проверки качества чушковых чугунов транспортирует их в соответствующие закрома склада.

Чугунный лом обычно сортируют по группам, по мере расходования; лом одних групп используют для плавки, лом других групп откладывают. В случае применения легированного чугуна определяют процентное содержание легирующих элементов. При плавке стали нелегированный и ле-

гированный стальной лом сортируют и принимают по группам.

Потребность в шихтовых и огнеупорных материалах определяется при расчете плавильного отделения цеха. Аналогично потребность в формовочных материалах, добавках устанавливается при расчете формовочного и стержневого отделений. Расход других вспомогательных материалов устанавливается по нормативным данным для каждого вида литья.

Шихтовые материалы (флюсы, топливо, карбюризаторы и т.д.) принимают по соответствующим ГОСТам или техническим условиям [25].

Для расчета емкостей складов и систем механизации необходимо знать количество материалов, потребляемых цехом. Годовой расход материалов определяют, как правило, на основе итоговых данных расчетов количества и компонентов всех смесей и компонентов различных шихт, применяемых в цехе. Эти расчеты выполняют при проектировании смесеприготовительного и плавильного отделений. Для определения расхода материалов, поступающих на склад, к указанным суммарным величинам добавляют потери их на складе и при транспортировке в цех; обычно эти потери принимают в количестве 4-5% годового расхода.

Расход флюсов можно принять по средним данным, приведенным в табл. 56, расход кокса при плавке в вагранках с холодным дутьем можно принять в количестве 14-16%, а при плавке с горячим дутьем 9-11% массы завалки.

Таблица 56

Средние нормы расхода шлакообразующих материалов (флюсов) при плавке черных металлов (% массы металлической завалки)

Материал	Сталь		Ваграночный чугун		
	ОЭ	КЭ	СЧ	МСЧ, ВЧ	КЧ
Железная руда	4	1,8	-	-	-
Марганцевая руда	0,7	1	-	-	-
Известняк	-	-	4,8	5,2	6
Известняк металлургический	6	1	-	-	-
Боксит	0,1	-	-	-	-
Плавленый шпат	0,4	-	0,1	0,1	-
Кварцевый песок	-	5,3	-	-	-

*Примечание.* ОЭ – основная электропечь; КЭ – кислая электропечь; СЧ – серый чугун всех марок; МСЧ – модифицированный серый чугун; ВЧ – высокопрочный чугун; КЧ – ковкий чугун.

В качестве технологического оборудования на складах шихты используют чушколомы, дробилки, копры, аллигаторные ножницы, барабаны непрерывного действия, установки для грохочения и т.д.

На складе шихты следует проводить две-три параллельные железнодорожные ветки с расстоянием между ними 12-20 м. После разгрузки вагона чушковые чугуны укладывают в штабеля, вокруг которых оставляют проходы

шириной не менее 1 м. Штабеля располагают в первую очередь в средней части промежутка между железнодорожными ветками, иначе весь фронт разгрузки будет заполнен и вновь прибывающие вагоны будут разгружаться на штабеля, что приведет к смешиванию различных марок чушковых чугунов.

Переносные рольганги устанавливают так, чтобы при помощи двух-трех секций можно было направить чушковые чугуны непосредственно из вагона к месту укладки штабеля.

Чугунный и стальной лом, а также флюсы хранят навалом. Место их хранения во избежание смешивания ограждают перпендикулярными к железнодорожной ветке перегородками. Чтобы не смешивать литники разных плавок, площадку для хранения литников делят на два-три закрома.

Литники, отходы производства и брак отливок обычно используют на следующий день, и при правильном планировании работы плавильного отделения они скапливаются только в небольших количествах. При проектировании склада запас отходов производства, литников и брака отливок обычно принимается недельный.

Расход шамотных огнеупорных изделий в среднем принимают 40-50 кг на 1 т годных чугуновых или стальных отливок. Дополнительно для сталелитейных цехов принимают еще расход высокоогнеупорных материалов (магнетит, дианас, хромомангезит) в количестве 30-40 кг на 1 т годных отливок [25].

Огнеупорный кирпич хранят в сухом закрытом помещении, так как на открытом месте мокрый и оттаявший кирпич делается рыхлым, непригодным к употреблению.

При приближенных расчетах, а также при невозможности применить достаточно точный способ следует руководствоваться последними отраслевыми нормативами расхода формовочных материалов, в кг на 1 т годных отливок. В этих нормативах учтены потери при хранении и транспортировке материалов, поэтому дополнительного учета потерь не требуется. Отраслевые нормы систематически пересматриваются, и в них отражены последние достижения технологии, освоенные отраслью. Указанные нормы расхода шихтовых материалов даются в процентах к общей массе завалки, поэтому следует сначала определить выход годного литья в процентах от массы завалки, затем завалку и наконец по нормам вычислить расход компонентов.

Качество формовочных песков согласно ГОСТ 2138-91 определяют зерновым составом и содержанием глинистых составляющих. При небольших партиях пески разгружают повагонно и от каждого вагона берут пробу для проведения этих анализов. Качество связующих материалов, в том числе и глины, определяют технологическими пробами (пробными замесами) согласно соответствующим стандартам.

На складе формовочных материалов имеют участки приема песка, глины и угля, хранения формовочных материалов, сушки песка и глины, просевки песка, размола глины и угля, приготовления глинистой и глиноугольной суспензии.

Величину запаса на складах определяют в календарных сутках в зависимости от климатического пояса, в котором размещен литейный цех (табл. 57), и от вида транспорта, доставляющего материалы.

Таблица 57

Основные данные для расчета складов формовочных и шихтовых материалов

Материал	Запас в сутках	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Место хранения	Предельная высота хранения, м
Песок формовочный сухой	45-75	1,5	Закром	10
Глина формовочная:			Силос	30
сырая	60-90	1,8	Закром	10
сухая молотая	30-45	1,5	Силос	20
Маршалит, феррохромовый шлак, бентонит, цемент	20-30	1,0	Площадка	2
Опилки, торфяная крошка	10-20	0,4	Закром	3
Огнеупорные изделия	20-45	1,8	Площадка	2
Чугун чушковый, лом чугунный и стальной	30-45	3,5-2	Закром	4
Отходы своего производства (литники, обрезки, стружка и др.)	3-5	1,8-1,3	»	4
Стружка привозная	10-15	1,0	»	3
Ферросплавы	30-45	3,5-2	Площадка	2
Флюсы (известняк, шлак марте-новский, плавиковый шпат)	30-45	1,7	Закром	4
Кокс литейный, уголь каменный	30-45	0,5	»	4
Цветные металлы и сплавы	20-30	5-1,5	Штабель	2
Огнеупорные порошки, раскислители	30-45	1,7-1,5	Площадка	2

*Примечание.* Запас указан для среднего (III) климатического пояса

Для сушки песка и глины на складе предусматривается участок, оборудованный барабанными сушилами и печами кипящего слоя. Помол угля и глины производится в шаровых, молотковых, вальцовых и других мельницах.

Формовочные пески и глины рекомендуется хранить в закрытом помещении или под навесом. Чтобы не было потерь, и формовочные материалы не загрязнялись, площадка для хранения должна иметь бетонированный или деревянный пол.

Склады формовочных материалов размещают, как правило, в закрытых отапливаемых помещениях (с температурой не ниже +10° С). Хранение шихтовых материалов и огнеупорного кирпича допускается в неотапливаемых помещениях. В малоснежных южных районах возможно хранение чушковых чугунов, стального и чугунного лома на открытых бетонированных площадках.

Для подачи сухого песка в литейные цехи рекомендуется использовать пневмотранспорт или систему ленточных конвейеров; порошкообразных материалов - пневмотранспорт, а шихтовых материалов, кокса и флюсов в спе-



циальных контейнерах – автотранспорт. Такое решение позволяет исключить железнодорожные вводы в шихтовые отделения, сократить их площадь и разрывы между цехами, обеспечивает чистоту и порядок в них, но при этом увеличивается число грузоперевалок в связи с загрузкой контейнеров на складе и требуется четкая организация работы межцехового автотранспорта.

Способы разгрузки зависят от количества и рода поступающих материалов, вида внешнего транспорта, устройства склада и степени его механизации. На крупных заводах работы по разгрузке материалов механизированы для этого используют грейферные краны, магнитные шайбы, ленточные транспортеры, специальные разгрузочные устройства и т.д. [6].

На немеханизированных складах операцию разгрузки следует механизировать, используя железнодорожные краны, автомашины-самосвалы, автопогрузчики, разгрузочные машины и вибрационные плиты, переносные рольганги и передвижные ленточные транспортеры. На механизированных складах при расположении железнодорожной ветки внутри склада для разгрузки открытых вагонов используют мостовой кран, а для крытых – переносные транспортеры и рольганги. Склады крупных литейных цехов имеют специальные механизированные устройства для приема кокса из саморазгружающихся вагонов, его просеивания и транспортировки в закрома склада и к месту потребления.

Хранение материалов в зависимости от вида может осуществляться на открытых площадках (огнеупоры, неразделанный металлический лом), закромах (разделанный металлолом, ферросплавы; типа ферромарганца и ферросилиция низких марок, чушковые чугуны, формовочные пески (сырые), глина (сырая), кокс). Для хранения сухих песков и глины, ферросплавов, постоянно используемых при выплавке, порошковых добавок в формовочную смесь и др., широко распространены бункера.

При расчете потребных площадей складов, а также объемов закромов и бункеров необходимо учитывать, что при перегрузке происходит разрыхление материалов и необходимо применить коэффициент разрыхления, равный примерно 1,1-1,2, и снизить углы естественного откоса материала (угол внутреннего трения) примерно на  $5^\circ$ . При конструировании течек и переносных устройств угол естественного откоса материала необходимо увеличивать на  $10-15^\circ$ . Во избежание потерь материала степень загрузки объема бункера не должна превышать 80 %.

При отсутствии склада материалы разгружают вдоль железнодорожных путей завода и по мере необходимости транспортируют в железнодорожных вагонах, на автомобилях к месту потребления. Помимо непроизводительных затрат на дополнительные переборки и увеличения потерь материалов, при таком способе хранения понижается качество материалов из-за смешивания разных марок и загрязнения их посторонними примесями. Даже при небольших литейных цехах под немеханизированные склады необходимо отводить определенные площадки, примыкающие к плавильным отделениям, для

хранения шихтовых материалов и к формовочным отделениям – для хранения формовочных материалов.

Кокс хранят в закрытом помещении, в двух-трех закромах. Расходуют его поочередно из каждого закрома до конца, отсеивая и равномерно, по месяцам, списывая отходы (мелочь). Наличие нескольких закромов для хранения кокса дает возможность также разделять кокс различного поступления.

При планировке закромов у железнодорожных веток необходимо учитывать длину вагона (около 7,5 м) и фронт разгрузки должен быть не менее 4 м. Поэтому минимальная протяженность закрома вдоль железнодорожной ветки должна быть не менее 4 м. Со стороны железнодорожной ветки закрома должны иметь стенки высотой 0,5-1 м.

Средние и крупные литейные цехи имеют специальные пролеты, в которых располагаются закрытые механизированные склады. Все транспортные операции на таких складах выполняют мостовые краны, снабженные магнитными шайбами и грейферами. Эти краны могут обслужить любую точку склада, кроме метровой зоны вдоль стен склада, но они не применяются для разгрузки крытых вагонов. Кроме мостовых кранов, на складах иногда применяют ленточные и других типов транспортеры. Для лучшего использования площадей крытых складов увеличивают высоту хранения материалов в закромах. Закрома строят обычно из железобетона.

Закрома бывают заглубленные, надземные и открытые (рис. 27). Заглубленные закрома обычно возвышаются над уровнем земли на 1,0-1,2 м (уровень пола товарного вагона). В такие закрома материалы разгружают непосредственно из вагонов сравнительно легко и быстро.

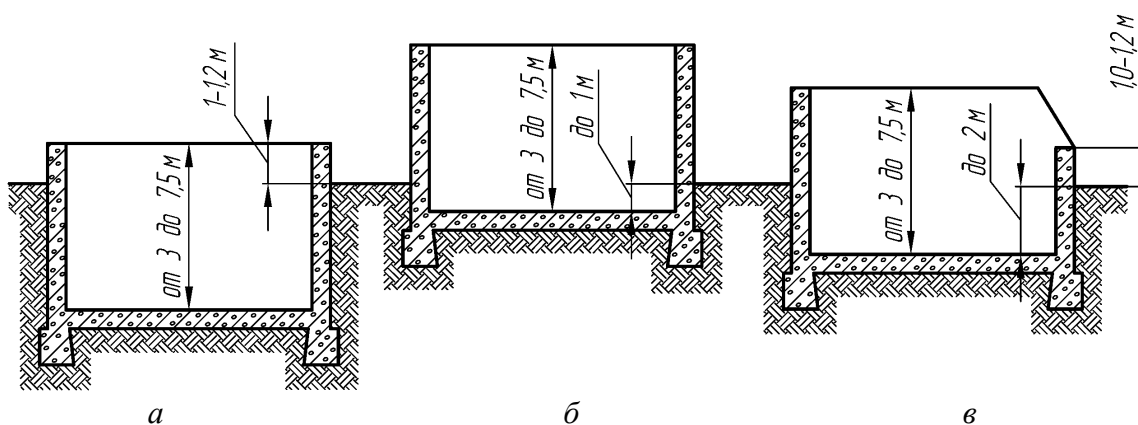


Рис. 27. Типы закромов для хранения материалов:  
а – заглубленный; б – надземный; в – открытый

Однако заглубление закромов требует больших земляных работ, высокий уровень грунтовых вод ограничивает глубину закрома и может служить препятствием к их строительству. Заглубленные закрома располагают в один ряд по одну или обе стороны железнодорожной ветки. Чтобы создать необходимый фронт разгрузочных работ, закрома строят длиной не менее 4 м [25].

Надземные закрома обычно расположены выше уровня земли; иногда их заглубляют, но не более чем на 1 м. При минимальной высоте склада 11 м с учетом габаритов грейфера высота стенок над уровнем земли может быть не более 4 м, что вполне приемлемо для склада шихты. В складах формовочных материалов, высота хранения которых обычно допускается 5-7 м, приходится увеличивать высоту стен или же ограничивать высоту хранения материалов, что требует дополнительного увеличения площади склада. В надземные закрома непосредственная разгрузка с помощью мостового крана возможна только при открытых железнодорожных вагонах. Для разгрузки крытых вагонов между закромами и железнодорожной веткой устраивают специальные разгрузочные ямы. Материалы разгружают в эти ямы, а затем мостовым краном транспортируют в соответствующие закрома. При такой организации разгрузки размеры закрома не зависят от фронта разгрузки и согласовываются с габаритными размерами грейфера и магнитной шайбы. Закрома можно располагать в два-три ряда по каждой стороне железнодорожной ветки, но не более, так как это вызывает затруднения при разгрузке в связи с сильным сокращением фронта разгрузки. Однако площадь, занятая под разгрузочные ямы, не используется для хранения материалов, и часто остатки материалов смешиваются с вновь разгружаемыми материалами, понижая их качество.

Большое распространение получили открытые закрома, стенки которых возвышаются над землей, а заглубление не более 2 м. В отличие от надземных, у открытых закроев переднюю стенку, выходящую к фронту разгрузки, т. е. к железнодорожной ветке, выполняют не более 1,0-1,2 м, заднюю стенку - высокой, а боковые - со скосами. Такое устройство закроев дает возможность выгружать материалы непосредственно из вагонов; емкость закрома уменьшается незначительно, но обеспечиваются большие удобства при эксплуатации; отпадает необходимость в больших земляных работах и разгрузочных ямах.

Закрома механизированных складов шихтовых материалов строят для магнитных материалов, для кокса и флюсов. Для немагнитных материалов, чушковых чугунов (до предварительной проверки химического состава), а также для материалов, расход которых невелик, устраивают площадку, обслуживаемую мостовым краном. На этой площадке чушковые чугуны хранят в штабелях, а после проверки их химического состава мостовым краном при помощи магнитной шайбы транспортируют в соответствующий закрома. Немагнитные ферросплавы и материалы хранят на площадке в штабелях или в ящиках. Транспортируют их в плавильное отделение мостовым краном, автотранспортом в специальных коробах или в грейфере

Способ хранения связующих материалов зависит от их вида. Масла и другие легковоспламеняющиеся связующие хранят в специально оборудованном огнебезопасном общезаводском или цеховом складе. В цеховом складе их можно хранить в количестве не более дневного запаса, обеспечив необходимые противопожарные мероприятия. Водорастворимые связующие, хранят

в заводских или цеховых закрытых и утепленных складах. Жидкое стекло, поступающее в виде силикатной глыбы, хранят в закрытом помещении. Каменные угли, идущие в качестве добавок в формовочные смеси, хранят в штабелях. При хранении угля в больших количествах принимают меры против самовозгорания.

В небольших цехах с малым расходом формовочных материалов материал со склада подают по передаточным тележкам или конвейерам. При большом расходе формовочных материалов устраивают механизированные склады, и формовочные материалы подают мостовым грейферным краном непосредственно в механизированные транспортные устройства.

Лишние материалы, лежащие на складе, увеличивают оборотные средства, что ухудшает экономику предприятия. Но работать без запаса материалов на складе литейные цехи не могут, так как возможны перебои в доставке материалов и, как следствие, неритмичная работа цеха. Поэтому запас материалов должен быть минимальным. Формовочные пески и глины добываются в открытых карьерах, условия труда на которых зимой значительно хуже, чем летом, поэтому заводы-потребители должны летом создавать запасы формовочных песков и глин на зиму. Величина нормального запаса песка и глины зависит от длительности зимнего периода и принимается от трех - до пятимесячной потребности. В зависимости от условий транспортировки и эти сроки могут изменяться, например, при доставке материалов водным путем они несколько увеличиваются. Нормы запаса материалов на складах устанавливаются в соответствии с планом литейного цеха [1-3].

При необходимости хранения больших запасов формовочных песков и глин часть из них размещают не на складе цеха, а на базисных складах, представляющих собой открытые площадки. По мере надобности материалы с этих складов передаются в цеховые склады.

Сырые пески поступают в саморазгружающихся полувагонах в течение всего года. Нормальная величина состава, поступающего на разгрузку, 8-12 вагонов емкостью 60, 90 или 125 т каждый. Для быстрой разгрузки такого состава проектируют высокомеханизированные устройства точечного типа (рис. 28), оснащенные бурорыхлительной машиной 6 для рыхления поступающего в зимнее время смерзшегося песка, виброзащитной плитой 2 для зачистки стенок вагонов, люкоподъемниками 1, пневмоочисткой для очистки от песка ходовой части вагонов, маневровым устройством 8 для передвижения состава в процессе разгрузки и пультом управления 5. Песок из вагонов поступает в подземные бункеры, оснащенные ножевыми рыхлителями 3, затем вибропитателями 4 подается на ленточные конвейеры 7, транспортирующие песок в бункеры отопляемого склада, емкость которого должна позволить разместить в нем весь поступивший песок. Емкость склада сырого песка должна составлять 900-1200 т. Склад представляет собой блок надземных железобетонных или металлических бункеров с затворами и питателями для выдачи песка из них. В отдельных случаях песок разгружают из железнодорож-

ного состава в приемные подземные бункеры, расположенные под железнодорожным путем. Эти бункеры одновременно являются и складом сырого песка. Но для такой разгрузки и хранения сырых песков требуются большие капитальные затраты. После просеивания и сушки песок доставляют конвейерным непрерывным транспортом на склад сухого песка.

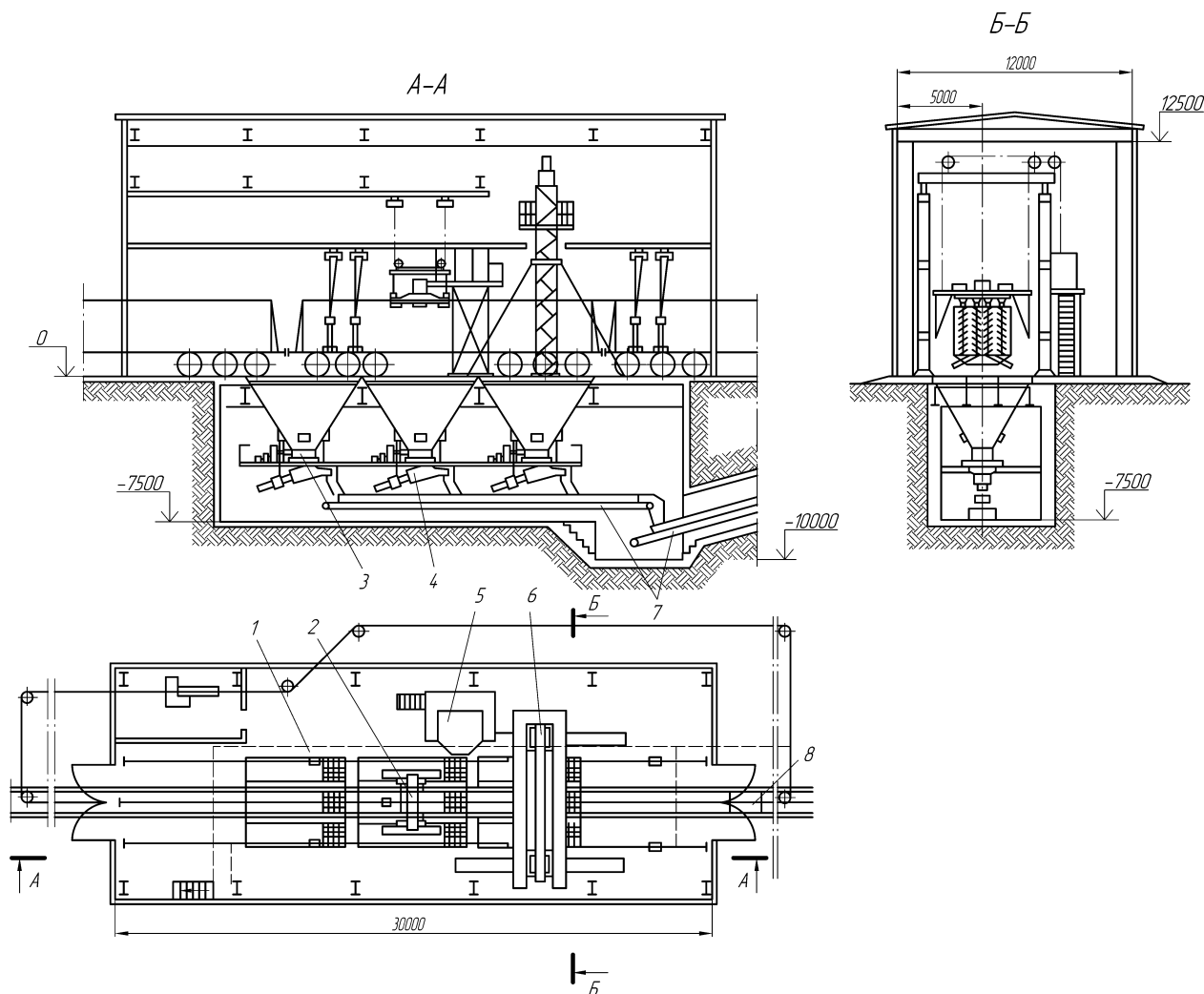


Рис. 28. Разгрузочное устройство для песка

Приемные ямы (рис. 29) в зависимости от количества поступающего песка проектируют для односторонней или двусторонней разгрузки вагонов. Наиболее дешевая односторонняя яма, но в нее песок разгружается самотечком через люки вагона только частично, оставшийся песок выгружают грейфером или вручную. Двусторонняя яма требует большого заглубления и сложных строительных работ, что не исключает возможности зависания песка под эстакадой. Наиболее надежна и удобна двусторонняя яма, показанная на рис. 29, в, но при этом железнодорожный путь размещают ближе к середине пролета и площадь склада используется меньше. Чаще применяют варианты приведенные на рис. 29, б, в.

Сырая формовочная глина поступает на склад в открытых полувагонах

или на платформах, разгружают ее в односторонние приемные ямы или непосредственно в закрома грейфером. На участок подготовки глины также транспортируют грейфером.

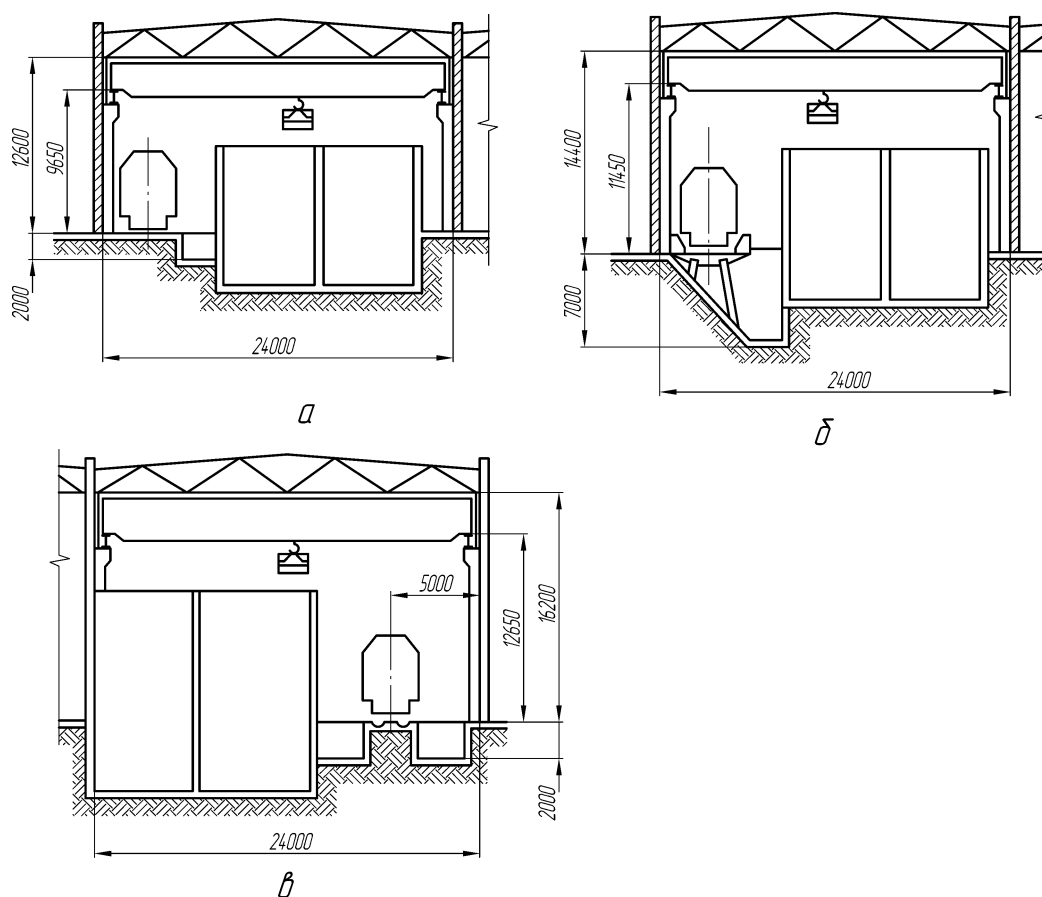


Рис. 29. Разгрузочные ямы для песка:  
*а* – односторонняя; *б* и *в* – двусторонние

Порошкообразные материалы, готовые к применению, поступают железнодорожным и автомобильным транспортом в герметичных контейнерах, установленных на платформах или низкорамных прицепах, или в бумажных пакетах массой 30 кг в закрытых вагонах или автомашинах. Платформы и прицепы с контейнерами разгружают мостовыми электрическими кранами. В этих контейнерах хранят материалы, для чего предусматривают соответствующую площадь. Целесообразно подавать материалы к местам потребления в этих же контейнерах с целью сокращения перегрузок, потерь и пыления.

Для разгрузки материалов, поступающих в бумажных пакетах в закрытых вагонах или автофургонах, необходима разгрузочная площадка (рампа) высотой 1,2 м для работы электропогрузчиков. Хранение материалов в пакетах на поддонах предусматривается на рампе в многоярусных штабелях. Для разгрузки пакетов, поступающих без поддонов, используют передвижные ленточные конвейеры.

Для разгрузки вагонов-цементовозов и автоцементовозов, снабженных

устройствами для пневмовыгрузки, предусматривают герметичные приемные бункеры. В эти бункеры порошкообразные материалы перекачивают пневмонасосом автомашины, а из вагонов-цементовозов – подключением к цеховой сети сжатого воздуха. В связи с тем, что некоторые материалы (бентонит и др.) слеживаются при хранении, конусную часть бункеров выполняют с аэрацией сжатым воздухом.

При расчете необходимой площади под механизированный склад первоначально определяют площадь закровов в свету и размеры площадей для хранения материалов вне закровов, а затем по планировке определяют полную площадь склада. Глубину закровов для шихтовых материалов принимают от 3 до 4 м, а для формовочных материалов от 5 до 7,5 м.

Для машиностроительных заводов с одним литейным цехом склады формовочных и шихтовых материалов проектируют при цехе. В этих случаях для подачи материалов к местам потребления используют внутрицеховой транспорт.

Планировка склада зависит от расположения литейного цеха на генеральном плане завода железнодорожных веток (или другого вида внешнего транспорта), от вида хранимых материалов и типа закровов. Несмотря на большое разнообразие планировок механизированных складов, все существующие планировки можно свести к двум типам. В складах первого типа железнодорожная ветка проходит возле длинной стены склада с наружной или внутренней стороны (рис. 30).

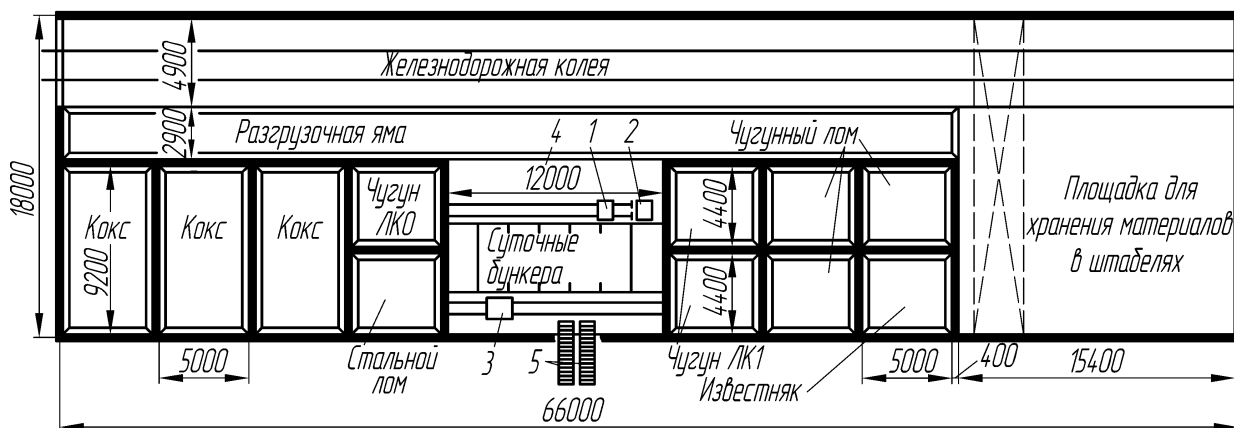


Рис. 30. Схема механизированного склада шихты первого типа с надземными закромами: 1 – чушколом; 2 – дробилка; 3 – весовая тележка; 4 – площадка суточных бункеров; 5 рольганги для бадей

В складах второго типа железнодорожная ветка проходит посередине склада и часто заканчивается тупиком (рис.31). Тип склада выбирают исходя из компоновки основных отделений цеха, склада и направления железнодорожной ветки. Если склад расположен в торце цеха, то первый тип складов выбирают при перпендикулярном направлении железнодорожной ветки к оси цеха, а второй тип склада – при параллельном. При расположении складов

вдоль длинной стороны цеха склады первого типа делают при параллельном направлении ветки к оси цеха, а склады второго типа – при перпендикулярном. Такой выбор типа склада объясняется стремлением избежать перевозки грузов мостовыми кранами через железнодорожную ветку, что небезопасно для рабочих, разгружающих вагоны. У складов первого типа закрома расположены по одну сторону ветки и занимают всю ширину склада, поэтому фронт разгрузки уменьшается, что вызывает применение надземных закров, расположенных в два-три ряда по ширине склада. У складов второго типа железнодорожная колея делит склад по ширине пополам, что обеспечивает большой фронт разгрузки и дает возможность применять заглубленные и открытые закрома [1,25].

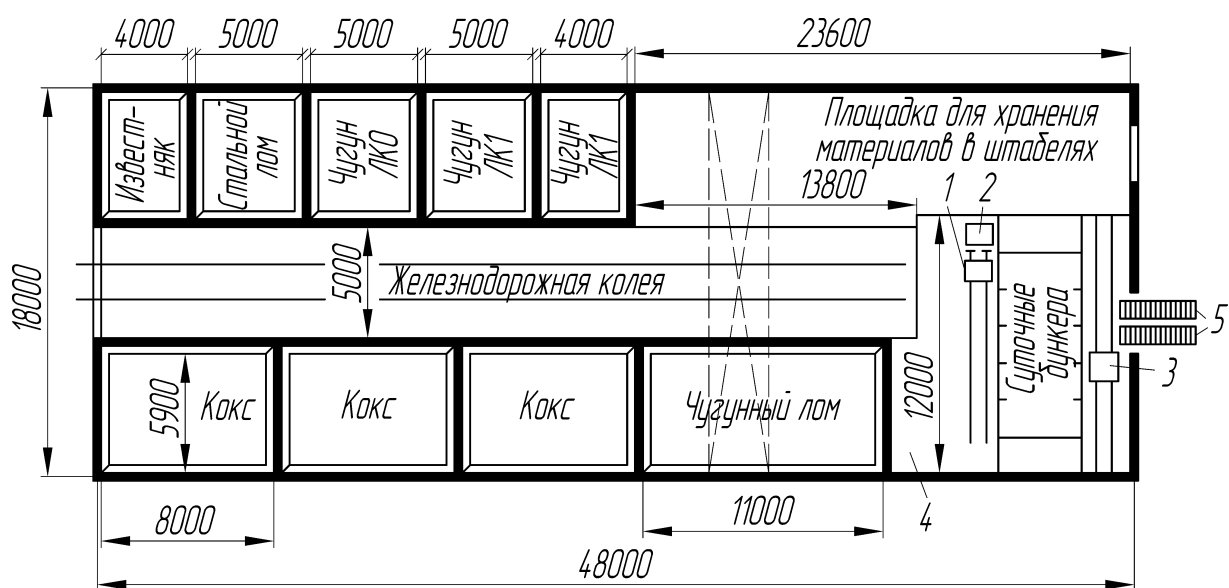


Рис. 31. Схема механизированного склада шихты второго типа, с открытыми закромами:  
1 – чушклом; 2 – дробилка; 3 – весовая тележка; 4 – площадка суточных бункеров; 5 рольганги для бадей

Для каждой марки чушковых чугунов рекомендуется отводить по два закрома, что облегчает ведение плавки и создает условия для получения шихты постоянного состава.

При проектировании складов следует учитывать допустимые железнодорожные габариты и габариты подвижного состава (рис. 32). На высоте станционных платформ допускается сужение габарита с 4900 до 4100 мм, что позволяет при проектировании складов устраивать вдоль закров площадки для облегчения разгрузки.

В условиях Российской Федерации предпочтение следует отдать закрытым складам для исключения попадания на материалы дождя и снега.

Площадь, занимаемую материалом ( $F_m$ ) на месте хранения, можно определить в соответствии с нормами хранения: высотой хранения материала ( $H$ ), определяемой по прочности самого материала, а также стенки бункера или за-



краю, насыпной массы материала ( $\gamma$ ) по уравнению:

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

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

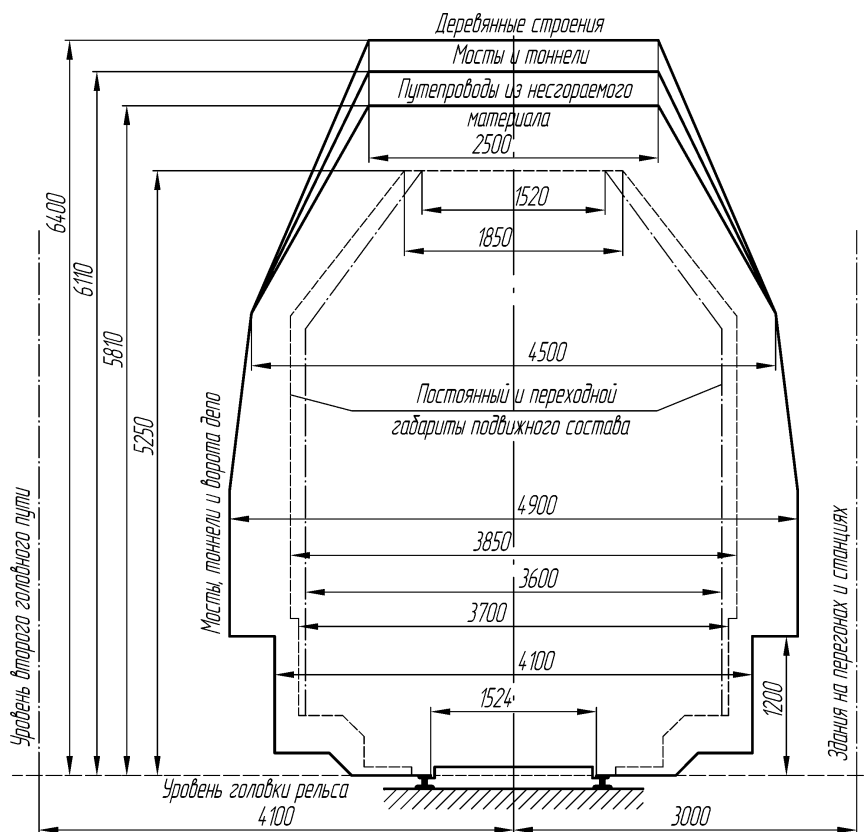


Рис. 32. Железнодорожный габарит

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

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

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

Для удобства функционирования складов и обеспечения достаточного

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

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

Общая площадь склада определяется по формуле:

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

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

Расчет площади закроев складов шихтовых материалов:

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

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

Площади закроев для отдельных компонентов шихты находятся по формуле:

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

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

Для складов формовочных материалов площади закроев определяют по формуле:

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

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

Расчетные площади закроев для соответствующих формовочных материалов находятся:

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

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

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

$$F_{э} = m l n,$$

где  $F_{э}$  – площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки,  $m^2$ ;  $m$  – ширина разгрузки (при эстакадной разгрузке принимается равной 6-8 м);  $l$  – длина эстакады, м;  $n$  – количество эстакад [1].

Для мелких цехов с мелкосерийным и единичным характером производства, где точное определение площади складов весьма затруднено, можно воспользоваться таким укрупненным показателем – на 100 т годных отливок необходимо 200  $m^2$  складов. Для дорогих материалов, используемых при производстве медных, алюминиевых и никелевых отливок необходимо предусматривать запираемые помещения. При расчете площади складов необходимо проверить удельную нагрузку, которую может произвести материал на единицу площади. Она не должна превышать запроектированную для используемого типа здания, особенно это касается помещений для хранения, расположенных на втором этаже цеха.

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

Специализированные склады характерны для литейных заводов или ли-

тейных цехов, находящихся в составе крупных предприятий, где используются аналогичные шихтовые материалы. Завоз материалов на специализированные склады осуществляется железнодорожным транспортом, а со специализированного склада в цех по заявке – автомобильным. При проектировании небольших литейных цехов в регионах, где имеются крупные литейные цехи, можно использовать склады крупных цехов как базовые для небольших.

Контрольные вопросы.

1. Каково назначение складов литейных цехов?
2. Перечислите основные операции, выполняемые на складах формовочных и шихтовых материалов?
3. Перечислите способы хранения материалов?
4. Какие типы закромов вы знаете?
5. Что необходимо учитывать при проектировании складов?
6. Как рассчитывается площадь занимаемая материалом на месте хранения?
7. Как проводится учет расхода материалов?
8. Как рассчитывается общая площадь хранения материалов?
9. Как рассчитывается площадь закромов для отдельных компонентов шихты?
10. Как рассчитывается площадь закромов формовочных материалов?

## **ЛЕКЦИЯ 11.**

### **ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ. Ч. 1.**

План лекции

1. Общие особенности проектирования цехов.
2. Цехи литья под давлением.
3. Цехи литья по выплавляемым моделям.
4. Цехи литья в кокиль.
5. Цехи литья в оболочковые формы.
6. Цехи центробежного литья.

Развитие литейного производства во многом связано с дальнейшим развитием специальных способов литья, увеличением выпуска отливок этими способами, как в общем объеме, так и по номенклатуре. Основное место среди специальных способов литья занимают литье под давлением, в том числе под низким давлением, литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль, литье в оболочковые формы, литье центробежным способом.

Отливки, получаемые специальными способами литья, отличаются достаточно высокой геометрической точностью, чистотой поверхности, меньшими припусками на механическую обработку. Однако, в большинстве случаев себестоимость отливки, полученной специальными способами, выше, чем при литье в песчаные формы. Основными показателями, обеспечивающими экономическую эффективность получения отливок специальными способами, являются экономия металла, уменьшение объема механической обработки, уменьшение числа рабочих, занятых непосредственно в производстве отливок, и за счет получения отливок сложной конфигурации, получение которых другим способом невозможно.

При выборе специального способа изготовления конкретной отливки необходим глубокий анализ с учетом возможности снижения трудозатрат и трудоемкости, автоматизации и уменьшения числа рабочих, занятых в изготовлении отливки и при ее механической обработке, себестоимости отливки.

*Общие особенности проектирования цехов специальных видов литья.*

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

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

В этих цехах отсутствуют процессы формообразования и связанное с ними оборудование, в том числе смесеприготовительное, формовочное, охлаждающие галереи, выбивные решетки и другое. Эти цехи не требуют складов формовочных материалов и участков подготовки отработанной смеси.

Технологические процессы заливки, кристаллизации и затвердевания сплава, удаления отливки из формы проходят на одном и том же месте в сравнительно короткий период времени. Литье в металлические формы позволяет автоматизировать заливку, в том числе с применением роботов.

Современные литейные цехи в ряде случаев сочетают в себе производство отливок различными специальными способами, например, литье под давлением, литье под низким давлением, кокильное литье. Цехи специальных способов литья могут выпускать отливки из различных сплавов одновременно.

Цехи литья в постоянные формы имеют, как правило, более простые грузопотоки, чем цехи литья в песчано-глинистые формы [6, 11, 15].

В отличие от цехов литья в песчано-глинистые формы, цехи литья в по-

стоянные формы строят в большинстве случаев одноэтажными.

*Цехи литья под давлением.* Особенностью цехов литья под давлением является высокий уровень автоматизации всех технологических процессов, в том числе заливки. Сами по себе машины литья под давлением являются высокомеханизированным комплексом, который в настоящее время оснащается целым рядом автоматизированных устройств. К ним относятся различные заливочные устройства (ковшевые, насосы, манипуляторы), манипуляторы съема отливок и установки их в пресс, съемники отливок, устройства смазки и очистки пресс-форм. Подобные автоматизированные комплексы выпускаются отечественной промышленностью и широко внедрены в производство. На основании анализа современного состояния цехов литья под давлением и перспектив их развития, количество применяемых манипуляторов и промышленных роботов в ближайшие 10-15 лет резко возрастет.

При проектировании цехов литья под давлением необходимо сделать анализ организации обрубки пресс-остатков, которую можно проводить в специальном отделении или у каждой машины отдельно. В первом случае уменьшаются затраты на оборудование, так как количество необходимых процессов уменьшается, а во втором случае появляется возможность создания автоматизированного комплекса с применением промышленных роботов. При выборе типа и модели машин литья под давлением учитывается, в первую очередь, масса отливок, площадь проекции отливки по разьему пресс-формы, рациональное количество гнезд в пресс-форме. Проект цеха литья под давлением должен учитывать недостатки этого способа, в частности, должны быть предусмотрены мероприятия по повышению герметичности отливок. Машины с горячей камерой прессования применяют для получения отливок из сплавов с низкой температурой плавления. В цехах массового производства рекомендуется применять для плавки алюминия газовые печи с контролируемой атмосферой емкостью 15-30 м<sup>3</sup>, смазки для пресс-форм рекомендуются водоразбавляемые, автоматизация заливки предпочтительна магнитодинамическими дозаторами. Необходимо учитывать, что каждая машина литья под давлением имеет свою раздаточную печь.

Состав цеха литья автомобильных отливок под давлением примерно следующий: плавильное отделение с шихтовым двором и участком ремонта плавильного оборудования; отделение литья под давлением; участок изготовления стержней со смесеприготовлением; отделение обрубки и термической обработки отливок в составе: участок выбивки стержней; участок обрезки и зачистки отливок; участок дробеметной очистки отливок; участок термообработки; участок пропитки отливок; участок грунтовки отливок; мастерские службы механика и энергетика цеха; мастерские по ремонту пресс-форм, штампов, другой оснастки и приспособлений; диспетчерская служба АСУП; экспресс-лаборатории; лаборатории по испытанию отливок; опытный участок; цеховые и межоперационные склада; подъемно-транспортные системы.

Расчет количества оборудования ведется по приведенным методикам.

*Определение объемов производства.* Исходными данными для проектирования цехов литья под давлением являются производственная программа, чертежи и технические условия на литые детали. На основании исходных данных составляют ведомость объемов производства (табл. 58).

В табл. 59 приведены ориентировочные показатели выхода годного при отливке под давлением алюминиевых деталей.

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

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

Технические характеристики машин для литья под давлением, выпускаемые и планируемые к выпуску, приведены в базе данных.

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

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

Рекомендуемые давления прессования в зависимости от конфигурации отливок из разных сплавов приведены в таблице 60.

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

*Планировочное решение цеха* литья под давлением приведено на рис. 33. Цех литья под давлением сблокирован с цехом кокильного литья. Цех рассчитан на выпуск литья: 10-12 тысяч тонн в год литья в кокиль и 10-11 тысяч тонн в год литья под давлением.

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

В настоящее время разработаны и созданы автоматические линии и комплексы для цехов литья по выплавляемым моделям.

Таблица 58

## Ведомость объемов производства при литье под давлением

На- именова- ние и но- мер де- тали	Количество отливок			Модель маши- ны	Количество		Масса, кг				
	на из- делие	на про- грамму (А)	на про- грамму с учетом брака от- ливок (Б)		гнезд в пресс- форме (В)	запрессо- вок на программу (Г)	одной отлив- ки (Д)	порции сплава в форме	отливок на про- грамму (Е)	жидкого металла на про- грамму (Ж)	металлоза- валки на программу
			$A \times k_{бр}$			$\frac{Б}{В}$		$Д \times В + q_{л}$	$Д \times Б$	$Е + Г \times q_{л}$	$Ж \times k_{п.м}$
Сплав 1											
Сплав 2											
Итого											

*Примечание.*  $k_{бр}$  – коэффициент, учитывающий брак отливок,  $k_{бр} = 1,03 \div 1,05$ ;  $q_{л}$  – масса литников в форме;  $k_{п.м}$  – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т.п., для цветных металлов  $k_{п.м} \approx 1,08$ .



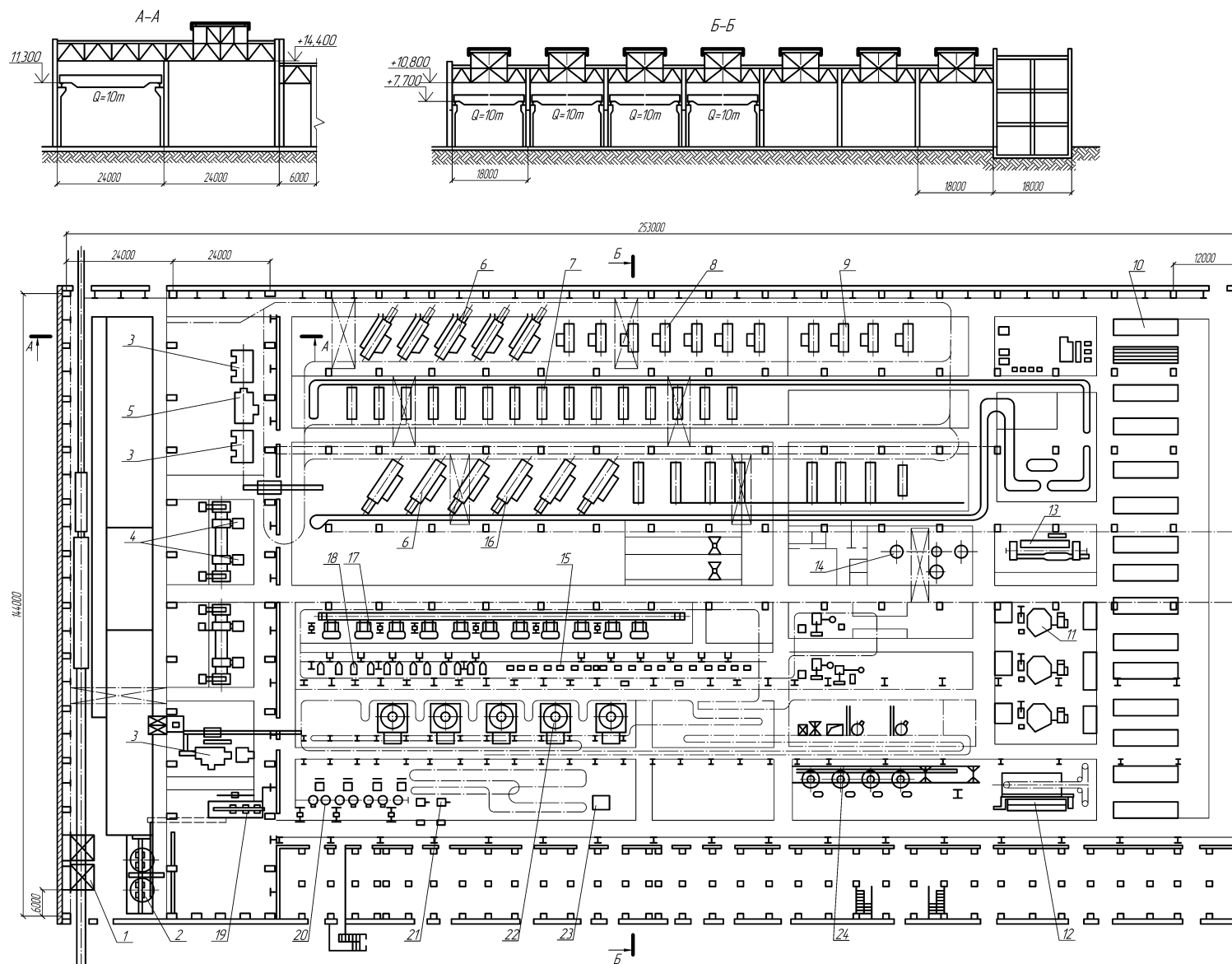


Рис. 33. План расположения оборудования в цехе алюминиевого литья автомобильных деталей в металлических формах мощностью 22—23 тыс. т/год: 1 – приемный бункер для песка; 2 – бункер для песка; 3 – газовая плавильная печь емкостью 27 т; 4 – газовая плавильная печь емкостью 2 т; 5 – печь выдержки расплавленного алюминиевого сплава емкостью 18 т; 6–9 и 16 – машины для литья под давлением; 10 – стеллажи для складирования отливок; 11 – станки для черновой обработки поршней; 12 – установка для неразрушающего контроля мелких отливок; 13 – печь для термообработки отливок; 14 – термическая шахтная печь; 15 – кокильные станки для мелких отливок; 17 – кокильные станки для отливки поршней; 18 – кокильные станки для крупных отливок; 19 – смешеприготовительная система; 20 – однопозиционные стержневые машины; 21 – двухпозиционные стержневые машины; 22 – печь для подсушки окрашенных стержней; 23 – смешеприготовительная система; 24 – пятипозиционная карусельно-кокильная машина

При описании проекта таких цехов необходимо особое внимание уделить особенностям технологии изготовления отливок. При выборе и расчете плавильных агрегатов необходимо выбирать печи относительно небольшой емкости. В проекте должно быть описано и рассчитано вспомогательное оборудование для приготовления модельных составов, оболочек, выщелачивания керамики и т.д.

Таблица 59

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

Таблица 60

Сплав	Рекомендуемые давления прессования, кгс/см <sup>2</sup>					
	Отливки с толщиной стенки до 3 мм			Отливки с толщиной стенки до 6 мм		
	простые	сложные	очень сложные	простые	сложные	очень сложные
Оловянно-свинцовый	300	350	450	450	500	-
Цинковый	450	450	500	550	600	-
Магниевый	500	550	600	700	800	1000
Алюминиевый	350	450	500	600	650	800
Латунь	600	700	800	900	1000	-

Для плавки стали применяют индукционные печи повышенной (или высокой) частоты с теристорными преобразователями тока емкостью 100-250 кг.

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

При проектировании цехов по выплавляемым моделям необходимо учитывать достижения в области разработки новых огнеупорных материалов, материалов для изготовления модельно-керамического блока. Мощность современных цехов в пределах 2-5 тысяч тонн годных отливок в год, крупнейшим подобным цехом является ЦТЛ литейного завода КамАЗа мощностью 7,1 тысяч годных отливок в год.

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

Количество оборудования рассчитывается аналогично расчетам оборудования в других литейных цехах.

*Определение объемов производства.* Для того чтобы приступить к расчету технологического оборудования, необходимо определить, какое количество изделий по переделам технологического процесса (модельных звеньев, блоков, отливок и т.п.) или материала (модельного состава, суспензии) должно быть изготовлено на этом оборудовании.

Обычно это количество на программу определяется:

при серийном производстве – по технологическим картам для характерных деталей, представляющих собой группы идентичных отливок («детали-представители»);

при массовом производстве – по технологическим картам на все детали.

Рекомендуется деление номенклатуры отливок на восемь групп по массе, кг: <0,02; 0,02-0,04; 0,04-0,06; 0,06-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,6; 0,6-1,5 и >1,5. Такое деление оправдано тем, что для каждой группы отливок характерны свои технологические нормативы и показатели. Исходные технологические данные отдельно по каждой группе рассчитывают и заносят в ведомости (табл. 61), которая содержит только исходные технологические данные, и пользоваться ими для расчета числа оборудования нельзя. В этих данных не учтены неизбежные на производстве потери и брак из-за некачественных материалов, ошибок рабочего, неисправности оборудования и других причин. Брак и потери возмещаются увеличением против программы объема производства по переделам технологического процесса. Для определения количества подлежащей изготовлению продукции, на которое рассчитывают оборудование, вводят коэффициенты технологических потерь.

Коэффициент технологических потерь представляет собой отношение

$$k_{т.п} = \frac{B_{п}}{B},$$

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

программе.

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

Примерные коэффициенты технологических потерь приведены в табл. 62.

Определив коэффициенты технологических потерь, можно составить сводную ведомость объемов производства для расчета основного оборудования (табл. 63).

Относительно точно расход суспензии на программу может быть определен по суммарной поверхности модельных блоков. Средний расход суспензии на 1 дм<sup>3</sup> поверхности модели составляет 0,001 дм<sup>3</sup> при нанесении одного слоя покрытия или 16-17 г суспензии с 74 % пылевидного кварца. Расход каждого компонента суспензии можно рассчитать по принятой рецептуре и плотностям составляющих.

В табл. 64 приведены показатели для ориентировочных расчетов объемов производства по укрупненным показателям.

В табл. 65 приведено оборудование для изготовления операций технологического процесса литья по выплавляемым моделям.

*Планировочное решение цеха* литья по выплавляемым моделям приведено на рис. 34. В цехе два производственных процесса. Основное производство обеспечивает выпуск 1800 т крупных и средних серий отливок из конструкционных сталей с максимальной массой 1,5 кг. Этот производственный процесс спроектирован на базе автоматизированного оборудования и высокой степени механизации всех процессов. Второй производственный процесс организован на базе механизированного оборудования и запроектирован как экспериментально-производственное отделение на выпуск 200 т отливок мелких серий из стали различных марок.

В цехе предусмотрены склад формовочных материалов с участками подготовки пылевидного кварца и навески шихты (на заводе имеются базисные склады формовочных и шихтовых материалов), ремонтно-механическая мастерская, инструментальное хозяйство, лаборатория, служба внутрицехового транспорта и др.

*Цехи литья в кокиль.* Цехи литья в кокиль имеют примерно такой же состав как и цехи литья под давлением. В настоящее время освоены и серийно выпускаются различные кокильные машины с автоматизированной заливкой. Стержни применяются как металлические, так и песчаные. Кокили рекомендуется выполнять со сменными вставками, применять окраску кокилей.

Облицованные кокили сочетают кокиль с оболочковой формой и позволяют получать точные сложные отливки достаточно большой массы на автоматических линиях.

Таблица 61

Исходные технологические данные (группа отливок по массе)											
Номер детали	Масса отливки, кг (А)	Программа		Число моделей в звене (В)	Число звеньев в блоке	Число моделей в блоке (Г)	Число модельных звеньев (моделей) на программу	Число блоков на программу (Д)	Масса модельного состава, кг		
		шт. (Б)	кг						на 1 модель (Е)	на 1 блок (Ж)	на программу
							$\frac{Б}{В}$	$\frac{Б}{Г}$	$A \frac{\rho_1}{\rho_2}$	$E \times Г + V_{л} \rho_1$	$Ж \times Д$
Итого											

*Примечание.*  $\rho_1$  – плотность модельного состава;  $\rho_2$  – плотность материала отливки;  $V_{л}$  – объем,  $дм^3$  литниковой системы и модельного стояка (или суммы модельных втулок).

Таблица 62

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

Таблица 63

## Ведомость объемов производства при литье по выплавляемым моделям

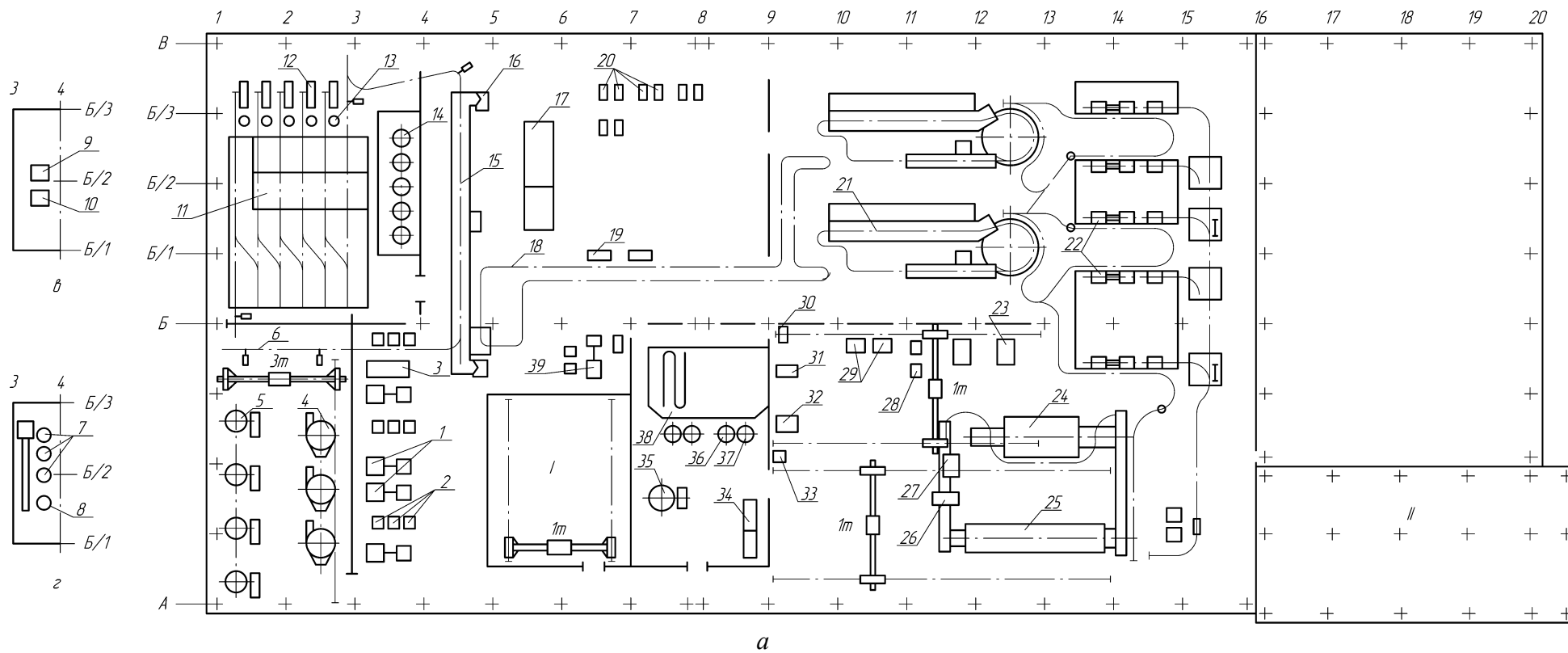
Группа отливок по массе, кг	Номенклатура отливок, шт.	Программа		Число на программу		Масса модельного состава на программу, кг (Д)	Число на программу с учетом потерь		Масса на программу с учетом потерь		Число на программу с учетом потерь			Масса на программу с учетом потерь, кг	
		шт. (А)	кг (Б)	модельных звеньев (моделей) (В)	блоков (Г)		модельных звеньев (моделей)	модельных блоков (Е)	модельного состава	суспензии	обло-лочек	блоков отливок (Ж)	отливок	отливок (И)	металлоза-валки
Из таблицы 63		Из таблицы 63, итог					$B \times k_4 + E n_1$	$\Gamma \times k_4$	$D \times k_4$		$\Gamma \times k_1$	$\Gamma \times k_2$	$A \times k$	$B \times k$	$I + Ж_{\text{дл}} k_{\text{п}}$
Итого															

*Примечание.* 1.  $k$  – коэффициенты технологических потерь;  $n_1$  – число моделей элементов литниковой системы на один блок (чаша, зумпф, кольцо и т.п.);  $q_{\text{л}}$  – масса литников на один блок;  $k_{\text{п.м}}$  – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т.п. для стали  $k_{\text{п.м}} \approx 1,06$ , для цветных сплавов  $k_{\text{п.м}} \approx 1,08$ . 2. Масса суспензии, которую рассчитывают в зависимости от принятого числа слоев покрытия по укрупненным показателям или, если номенклатура отливок невелика, по поверхности отливок.

Таблица 64

## Ориентировочные показатели для стальных отливок средней сложности

Показатели	Группы отливок по массе, кг							
	до 0,02	0,02-0,04	0,04-0,06	0,06-0,10	0,10-0,20	0,20-0,60	0,60-1,50	1,50 и более
Выход годного от залитого металла, %	21	34	40	44	48	53	57	>57
Расход на 1 т годного литья, кг:								
суспензии на один слой покрытия	290	200	170	155	126	103	95	<95
модельного состава (при 10 % потерь)	90	80	70	60	50	45	40	<40
песка	1300	1300	1300	1300	1000	1000	1000	1000
Количество перерабатываемого модельного состава на 1 т годного литья, кг	900	800	700	600	500	450	400	<400
Число отливок (моделей) в блоке длиной 500 мм	100	80	60	40	20	10	6	4



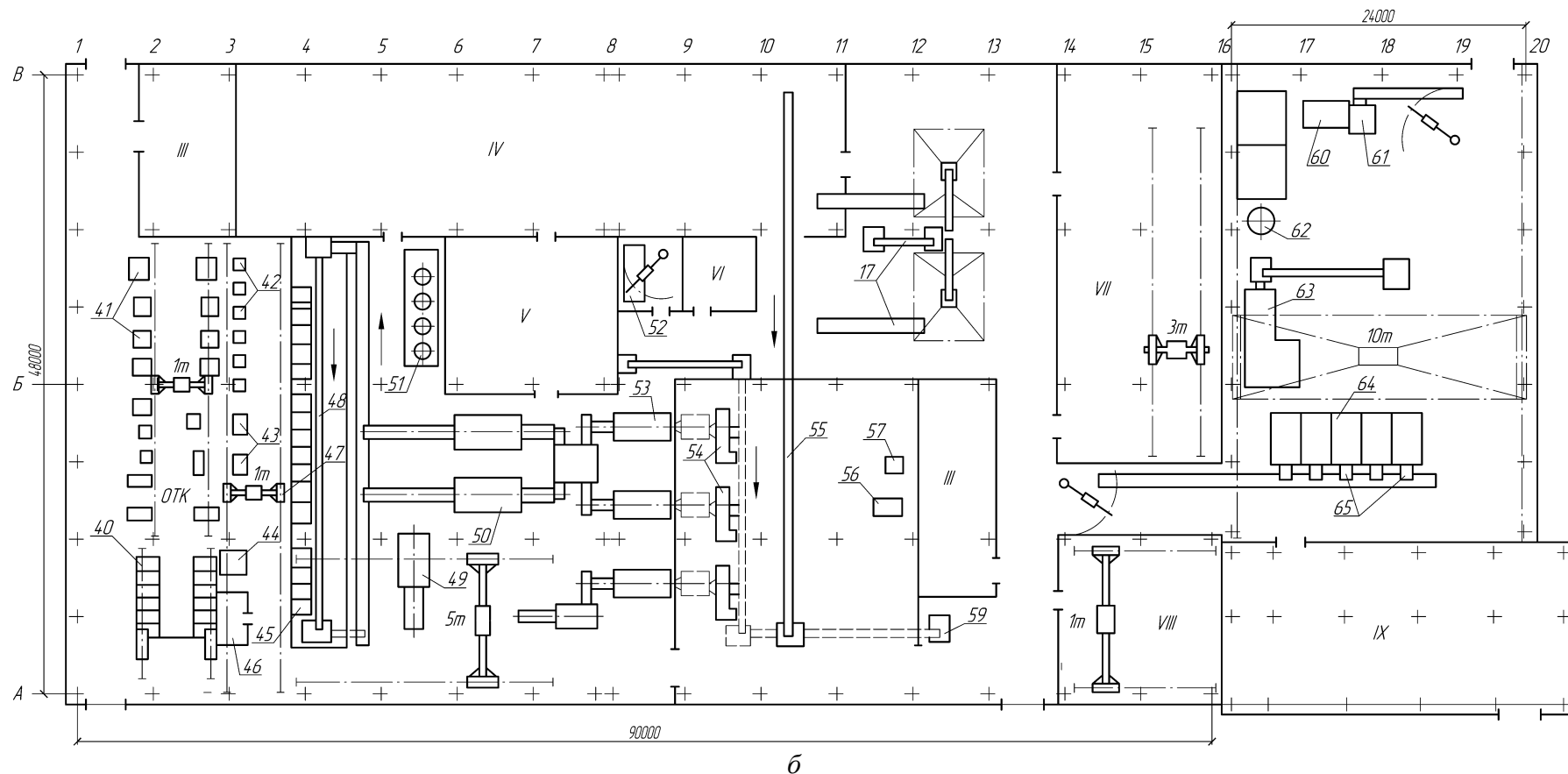


Рис. 34. План расположения оборудования цеха литья по выплавляемым моделям мощностью 2000 т/год:

*a* – второй этаж; *б* – первый этаж; *в* – план на отметке +10,5 м; *г* – план на отметке +13,6 м; I – штампоинструментальное хозяйство; II – контора и цеховая лаборатория; III – трансформаторная подстанция; IV – кондиционеры, насосные и фреоновые станции, проточная вентиляционная система; V – управление вентиляционными системами; VI – кладовая; VII – генераторы плавильных печей; VIII – ремонтно-механическая мастерская; IX – бытовые помещения; 1,2,3 – установки для приготовления пасты; 4 – автомат для изготовления модельных звеньев; 5 – полуавтомат для изготовления моделей; 6 – конвейер для сборки модельных блоков; 7 – напорные баки для жидких составляющих; 8 – баки для суспензии; 9 – автомат для приготовления суспензии; 10 – установка для приготовления суспензии; 11 – воздушно-аммиачная камера для сушки оболочек; 12 – автомат для нанесения оболочки; 13,14 – расходный бак; 15 – ванна для выплавки моделей; 16 – разделитель; 17 – установка для нанесения оболочки; 18,21 – подвесной конвейер; 19 – место сортировки; 20 – стеллаж; 22 – печь индукционная



Цехи кокильного литья рекомендуется проектировать на мощность 20-25 тыс. т/год для производства чугунных отливок массой до 50 кг и 40-80 тыс. т/год массой до 100 кг; 60-80 тыс. т/год для производства стальных отливок массой до 30 кг; 5-6 тыс. т/год для производства алюминиевых отливок массой до 5 кг и 10-12 тыс. т/год массой до 20 кг.

Таблица 65

Оборудование для изготовления отливок ЛВМ

Операция технологического процесса	Оборудование	Тип, модель	Производительность часовая	
			паспортная	расчетная
1	2	3	4	5
Приготовление модельного состава, дм <sup>3</sup>	Установка для приготовления модельного состава	651	60	50
		652	500	400
Приготовление модельного состава, дм <sup>3</sup>	Полуавтоматическая линия	6А50	32-63	25-50
Изготовление моделей, запрессовка	Полуавтоматическая линия	6А50	32-250	25-200
Изготовление модельных звеньев, звено	Автомат изготовления модельных звеньев	653	190-360	150-290
Изготовление моделей, запрессовка	Полуавтомат изготовления моделей	6А54	32-250	25-200
Приготовление огнеупорного покрытия, дм <sup>3</sup>	Установка для приготовления облицовочного состава	661	60	50
Приготовление огнеупорного покрытия, дм <sup>3</sup>	Агрегат приготовления огнеупорного покрытия		125	110
Нанесение огнеупорного покрытия, покрытие	Полуавтомат для нанесения огнеупорного покрытия	6А63	200	160
Нанесение огнеупорного покрытия, блок	Автомат для нанесения огнеупорного покрытия	6А67	200	160
Нанесение огнеупорного покрытия, покрытие	Автомат для нанесения огнеупорного покрытия	6Б67	200	160
Нанесение и сушка огнеупорного покрытия, блок	Линия изготовления керамических форм	64001		
		исп. 01	150	120
		исп. 05	20	160
		исп. 14	120	100
Нанесение и сушка огнеупорного покрытия, блок	Автоматическая линия изготовления керамических блоков	668	25-50	20-40
Нанесение и сушка огнеупорного покрытия, блок	Установка воздушно-аммиачной сушки блоков	6А82	200-400	180-320
Сушка блоков, блок	Установка вакуумно-аммиачной сушки блоков	683	12-24	10-20
Выплавка блоков, блок	Ванна выплавки	671	25-50	20-40
Выплавка блоков, блок	Ванна выплавки	6А71	25-50	20-40
Выплавка блоков, блок	Ванна выплавки	672	200	160

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Формовка блоков, опока	Стол формовочный	673	50	40
Выбивка опок, опока	Установка для выбивки	674	50	40
Обжиг, заливка и охлаждение форм, блок	Агрегат обжига, заливки и охлаждения	675А	до 100	до 80
Формовка, обжиг, заливка, охлаждение и выбивка форм, блок	Линия формовки, обжига, заливки и охлаждения	66001 АВА73ОЛ АВА74ОЛ	до 50 до 25	до 40 до 20
Отделение керамики, блок	Установка для отделения керамики	6А92	100	80
Отделение керамики, отливок, блок	Установка для отделения керамики	6А92	25	20

*Примечание.* 1. Для машин модели 6А50, 653, 6А54 величина производительности выбирается в зависимости от требуемого времени охлаждения модели в пресс-форме в указанных пределах. 2. Для линий модели 668, 6А82, 683, 671 значения производительности принимаются в зависимости от габарита блока (или опоки для модели 673) – 400 мм наименьшее, 250 мм наибольшее.

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

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

Машины для кокильного литья подразделяют на однопозиционные и многопозиционные, с вертикальной или горизонтальной плоскостью разъема кокилей. Особое место занимают машины для литья под низким давлением. Технические характеристики кокильных машин, выпускаемых отечественным станкостроением, приведены в табл. 66.

В цехах с малым выпуском отливок обычно используют однопозиционные машины, а в цехах с большим выпуском рекомендуется применять многопозиционные машины [27].

Производительность кокильных машин находится в зависимости от времени технологического цикла. Для кокильных машин, включая машины для литья под низким давлением, величину цикла (с) можно рассчитать по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{п}} + t_{\text{з}} + t_{\text{ох}} + t_{\text{уд}},$$

Таблица 66

## Техническая характеристика кокильных машин

Показатели	Однопозиционные машины с вертикальным разъемом							
	5922	5912	5913	5944	5924	5915	5926А	5946А
Размер рабочей плоскости плиты для крепления частей кокиля, мм	400×320	400×320	500×400	630×500	630×500	800×630	1250×630	1250×630
Ход подвижной плиты, мм	200	320	400	250	250	500	320	320
Наименьшее расстояние между плитами, мм	400	400	500	500	500	630	800	1000
Усилие раскрытия (закрытия) кокиля, кгс	3500	3500	5000	10000	10000	12500	25000	25000
Время холостого цикла, с	10	7	10	40	15	20	45	65
Емкость печи (по алюминию-евому сплаву), кг	-	-	-	-	-	-	-	-
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	7,5	7,5	13	13	10	13	13
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2915× ×750× ×1465	2230× ×750× ×1500	2520× ×1095× ×1500	3200× ×2650× ×2700	3200× ×1850× ×2400	2600× ×1400× ×1250	3560× ×2350× ×2675	3560× ×2350× ×2955
Масса, кг	3500	2300	2600	7800	4500	4000	9130	10600

## Продолжение таблицы

Показатели	Однопозиционные машины с горизонтальным разъемом	Шестипозиционные машины		Трехпозиционные машины	Установки литья под низким давлением		
	5966А	4535Б	5942	4546Б	83245 (59у44)	83106 (59у66)	4566
Размер рабочей плоскости плиты для крепления частей кокиля, мм	1000×800	400×500	500×400	800×630	800×500	1000×800	1000×1000
Ход подвижной плиты, мм	320	200	200	65	250 (боковой)	500 (верхний)	-
Наименьшее расстояние между плитами, мм	500	-	-	-	630	630	400
Усилие раскрытия (закрытия) кокиля, кгс	18000	5000	8000	12000	12500	20000	35300
Время холостого цикла, с	25	15	22	60	55	45	-
Емкость печи (по алюминиевому сплаву), кг	-	-	-	-	200	200	300
Мощность электродвигателя, кВт	13	15,5	8,6	5,5	57,6 (общая)	70 (общая)	42
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2450× ×2030× ×2300	3200× ×1450	2225× ×1530× ×1750	2050× ×1550× ×950	3000× ×2500× ×3840	2770× ×2100× ×4220	3100× ×2400× ×4750
Масса, кг	6740	6000	4450	3730	14650	15500	14530

где  $t_m$  – машинное время цикла, с;  $t_{п}$  – время на подготовку кокиля, с;  $t_3$  – время на заливку металла, с;  $t_{ox}$  – время охлаждения отливок в кокиле, с;  $t_{уд}$  – время на удаления отливок из кокиля, с.

Время технологического цикла однопозиционных машин является и временем изготовления одной или при многоместном кокиле куста отливок. Производительность однопозиционных машин повышается за счет перекрытия времени технологического цикла по позициям.

Так как во многих случаях время на кристаллизацию отливки составляет 60-70 % времени, затрачиваемого на ее изготовление, и при этом кокильщик простаивает, возможна организация обслуживания одним рабочим двух или даже большего числа однопозиционных кокильных машин.

Число кокильных машин, предназначенных для определенных групп отливок, необходимое для выполнения программы, рассчитывают по общей методике.

*Планировочное решение цеха.* На рис. 35 приведен пример плана расположения оборудования на участке чугунного кокильного литья. Участок оснащен восьмью шестипозиционными карусельными кокильными автоматами 2. Выплавленный в индукционных тигельных печах 1 типа ИЧТ-6 металл подвозится к двум раздаточным стандам 3. От этих стандов чугун забирается разливочными ковшами 4. Для уборки отлитых деталей служит конвейер 5.

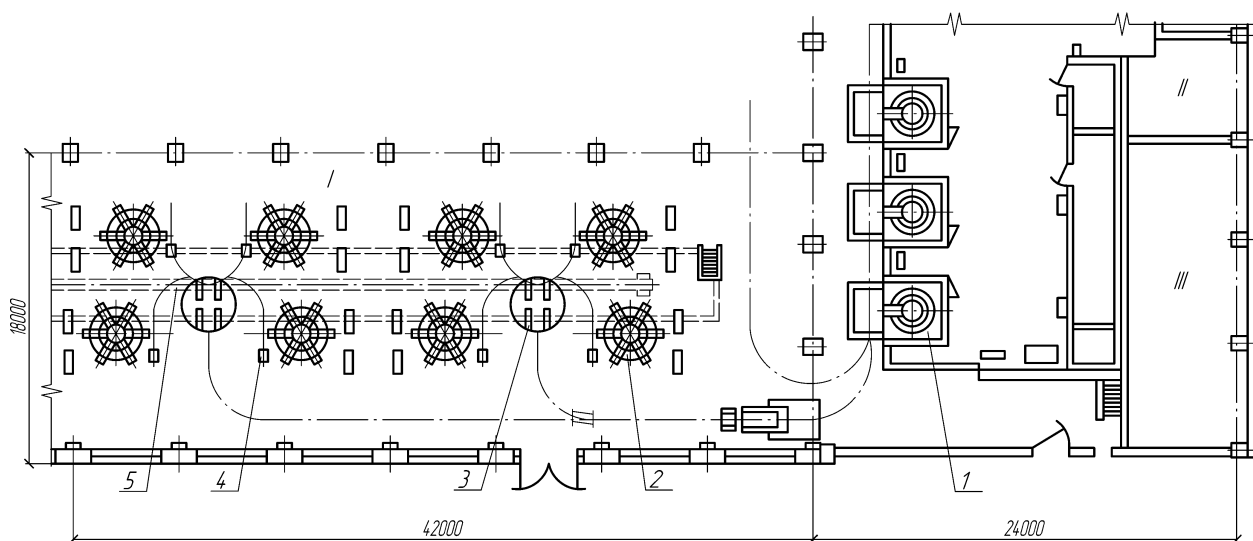


Рис. 35. Участок кокильного литья:

I – кокильный участок; II – насосная; III – трансформаторная для печей ИЧТ 6

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

быть получены различные отливки.

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

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

*Определение объемов производства.* На основании исходных данных составляют ведомости объемов производства (табл. 67).

*Планировочное решение цеха.* На рис. 36 приведена планировка типового цеха чугунного литья в оболочковые формы мощностью 5000-7000 т/год.

Цех предназначен в основном для выпуска отливок массой до 10 кг сериями 50000-5000 шт./год.

В торцевом пролете расположен склад 1 шихтовых и формовочных материалов. В первом пролете размещены отделение 2 приготовления лакированной песчано-смоляной смеси, стержневое отделение 3, ремонтная мастерская 4 и участок 5 грунтовки отливок.

Во втором пролете расположено плавильное отделение 13 с двумя вагранками производительностью 3 т/ч, отделение 11 для изготовления и сборки оболочковых форм и отделение 8 очистки и обрубки отливок. В конце этих двух параллельных пролетов расположен склад 7 готовых отливок.

Учитывая, что цехи литья в оболочковые формы организуют в основном на заводах, имеющих другие литейные цехи и располагающих базисными складами, емкость цехового склада шихты и формовочных материалов рассчитана на десятидневный запас. Лакированная смесь подается к машинам для изготовления оболочковых форм и стержней пневмотранспортом. Стержни от машин на сборку транспортируются подвесным толкающим конвейером 9 с автоматическим адресованием. Заливка форм запроектирована на подвесном конвейере 12 без засыпки с горизонтальным расположением форм на площадках конвейера, покрытых песчаной постелью. Длина конвейера 160 м, шаг подвесок 1,5 м, время охлаждения залитых форм на конвейере 30 мин. Выбивка отливок предусмотрена на выбивной решетке с перфорированной плитой. Отливки, остатки оболочки и песок от постели проваливаются на пластинчатый конвейер, находящийся в туннеле. Охладившиеся отливки поступают на очистку, обрубку, после чего грунтуются. Песок от перегоревшей оболочки и от постели пневмотранспортом подается в бункер 10, из которого используется для подсыпки на площадки конвейера.

*Цехи центробежного литья.* Центробежный способ изготовления отливок получил дальнейшее развитие благодаря производству отливок во вращающихся кокилях. Подобным образом отливают гильзы цилиндров двигателей и другие отливки.

Таблица 67

## Ведомость объемов производства при литье в оболочковые формы

Отливка, № детали	Число отливок			Число форм на программу с учетом потерь (Г)	Число стержней		Размер форм (длина×ширина), мм	Масса, кг										
	на изделие	на программу (А)	на программу с учетом брака отливок (Б)		в форме (В)	на отливку (Д)		на программу с учетом потерь	одной формы (Е)	песчано-смоляной смеси для форм на программу (Ж)	стержней на форму (И)	песчано-смоляной смеси для стержней на программу (К)	песчано-смоляной смеси для форм и стержней на программу с учетом потерь смеси (Л)	регенерируемого песка	одной отливки (М)	отливокотливок на программу с учетом брака	порции металла на форму (Н)	жидкого металла на программу (П)
			$A \times k_{бр}$	$\frac{Б}{В} \times k_о$		$Б \times Д \times$		$Е \times Г$		$И \times Г$	$(Ж + К)$	0,8.		$М \times П$	$Н \times В$	$Г \times П$	$П \times k_{п}$	
					I. Горизонтальная заливка форм без засыпки													
					II. Вертикальная заливка форм без засыпки													
					III. Вертикальная заливка форм с засыпкой													

Итого

*Примечание.*  $k_{бр}$  – коэффициент, учитывающий брак отливок,  $k_{бр} \approx 1,05$ ;  $k_{об}$  – коэффициент, учитывающий потери оболочек,  $k_{об} \approx 1,03$ ;  $k_{ст}$  – коэффициент, учитывающий потери стержней,  $k_{ст} \approx 1,08$ ;  $k_{см}$  – коэффициент, учитывающий потери песчано-смоляной смеси,

$k_{см} \approx 1,06$ ;  $q_{л}$  – масса литников в форме;  $k_{п.м}$  – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т.п., для чугуна  $k_{п.м} \approx 1,05$ , для стали  $k_{п.м} \approx 1,06$ , для цветных сплавов  $k_{п.м} \approx 1,08$ .



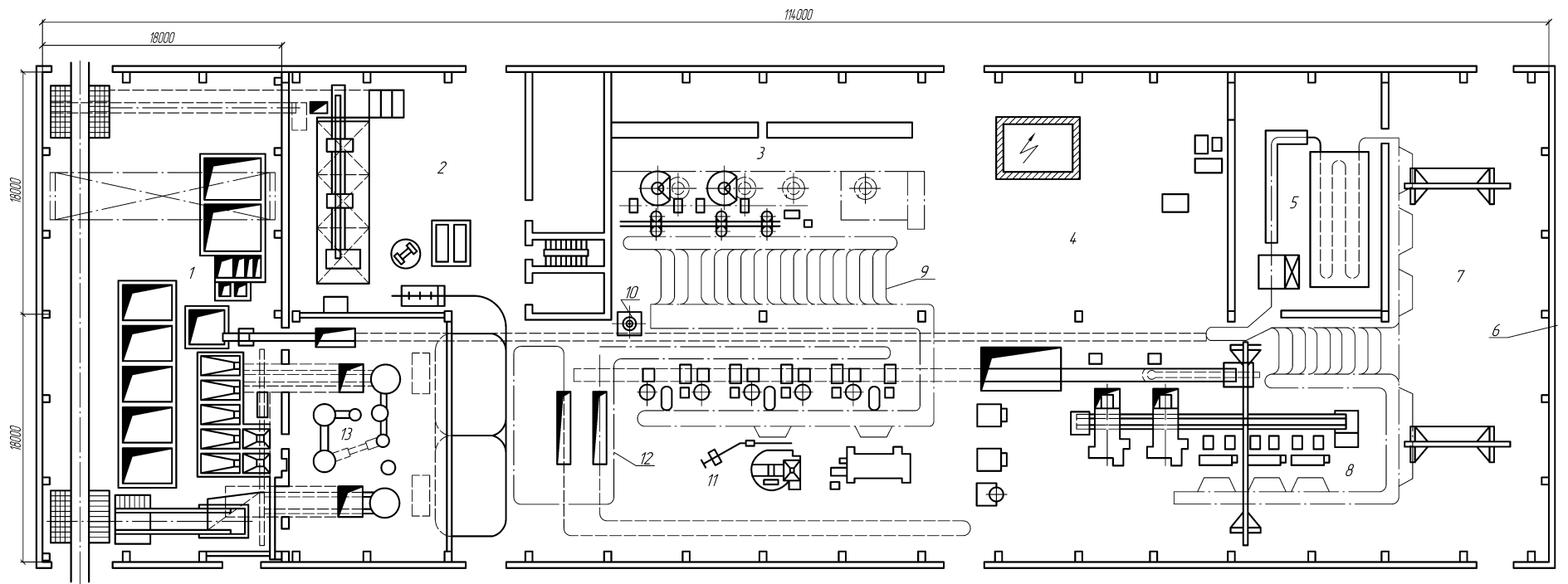


Рис. 36. Цех чугунного литья в оболочковые формы мощностью 5000-7000 т/год

В целом при проектировании цехов специальных способов литья применяются такие же методы расчетов, методики выбора и обоснования принятых решений как и при проектировании цехов литья в песчано-глинистые формы.

Исходными данными для проектирования являются: номенклатура деталей или их представителей (по маркам металла и геометрическим параметрам), программа цеха, ведомость технологического процесса (табл. 68).

Таблица 68

Ведомость технологического процесса изготовления отливок  
(или их представителей) центробежным литьем

Наименование отливок	Количество, шт.		Масса, кг		Тип формы
	на изделие	на программу	одной отливки	на программу	

Состав и расчет оборудования для подготовки изложниц производят исходя из следующих положений:

изложницы теплоизолирующим слоем покрывают на самой центробежной машине;

в мелкосерийном производстве втулок различных типоразмеров, требующем систематической переналадки оснастки центробежной машины, накатка и заливка не могут следовать одна за другой, поэтому целесообразнее накатку форм выполнять на специальной машине, а затем, накопив заготовленные формы, передавать их под заливку на центробежную машину; в этом случае каждая из машин будет работать производительнее;

в тех случаях, когда подготовку изложниц ведут на специальных участках, применяют обычно нестандартное оборудование, расчет которого выполняют по формуле

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

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

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

Для изготовления втулок, обечаек, маслот и аналогичных им деталей с гладкой или с фасонной внешней поверхностью применяют центробежные машины, приведенные в табл. 69.

*Планировочное решение цеха.* Различают три основных вида установок центробежных машин для изготовления втулок, обечаек, маслот гильз и дру-

гих аналогичных отливок с гладкой поверхностью.

Установка на участке 1-3 машин. Такая организация отвечает условиям небольшого объема производства одного или многих типоразмеров отливки.

Таблица 69

Техническая характеристика машин для центробежного литья

Параметры	Модель				
	ЛН-102	ЛН-104	552-2	553-2	554-2
Заготовки:					
наружный диаметр, мм	100-150	200-300	75-200	200-320	320-500
длина наибольшая, мм	4000	5000	320	500	800
масса, кг	96-156	279-490	80	140	700
Производительность, шт./ч	28-30	23-25	14	9	3
Расход воздуха, м <sup>2</sup> /ч	55	45	-	-	-
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	15	35-40	-	-	-
Установленная мощность электродвигателя, кВт	90	122	6	8	-
Габаритные размеры, мм	13700×3230 ×3200	22100×6900 ×4000	2500×1895 ×1400	2500×1895 ×1400	-

В зависимости от условий разлива в цехе металл может подаваться к машинам мерными ковшами или через промежуточные ковши.

Установка группы машин. Этот вариант организации отвечает условиям серийного производства одного или нескольких типоразмеров отливок. Подача металла при этой организации может быть такая же, как и в первом случае. Однако, если вся группа машин производит отливки одного типоразмера, то более рационально выделить заливку в самостоятельную операцию, прикрепив к ней специальных рабочих, переходящих от машины к машине. Такое разделение труда увеличивает производительность труда и облегчает дозировку металла.

Установка машин на карусели. Этот вариант может быть применен лишь при крупносерийном или массовом производстве. Такая организация участка предполагает разделение труда по всем операциям. Производительность труда возрастает еще больше за счет уменьшения потерь времени на смену инструмента и рационального использования времени охлаждения отливок.

При первом и втором вариантах организации участка необходимо, чтобы на участке были установлены резервные машины.

При третьем варианте резервные машины должны быть в запасе, чтобы в случае необходимости они могли быть легко установлены взамен выбывших из строя.

Кольцевой конвейер может быть особенно рекомендован при применении накатных форм в мелкосерийном производстве. Он может нести на себе

8-12 центробежных машин.

Сочетание быстрого вращения изложницы с заливкой в нее жидкого металла требует от проектировщиков особенно внимательного отношения к вопросам техники безопасности.

На рис. 37 приведен пример планировки цеха центробежного литья труб и фасонных отливок в кокиль.

Цех имеет два пролета, примыкающих торцом к складу шихтовых и формовочных материалов. В одном пролете организовано производство труб, в другом – фасонных отливок.

Чугун из вагранок 1 производительностью 15 т/ч выдается в барабанные ковши емкостью 1 т и по замкнутому монорельсу 11 с помощью электроталевых тележек 5 грузоподъемностью 3 т раздается по миксерам 10 с газовым обогревом. Емкость миксеров 2 т. Трубы отливают на многороторных машинах 2. Заливочные устройства передвигают по монорельсам 4 вручную. Трубы после удаления из изложниц с помощью приспособления 3 передаются в подземную галерею на уборочно-охладительный конвейер 6. Фасонные части отливают на четырех автоматизированных кокильных линиях 9. Извлеченные из кокилей отливки через люки поступают в подземную галерею на вибрационный охлаждительно-уборочный конвейер 7. Песчаные стержни изготавливают на вибропрессовых формовочных машинах 8.

Каждая из линий обслуживается пятью такими машинами. Для приготовления стержневой смеси предусмотрены смешивающие бегуны 12. Приготовление облицовок и красок для кокилей и изложниц централизовано. К местам потребления их подают по трубопроводу.

### Контрольные вопросы

1. Общие особенности проектирования цехов специальных способов литья.
2. Какие виды литья относят к специальным.
3. Каковы особенности проектирования цехов специальных способов литья.
4. Какие участки входят в состав цеха литья под давлением.
5. Что является исходными данными для проектирования цехов литья под давлением.
6. Оборудование, применяемое в цехах литья под давлением.
7. Какие статьи включает ведомость объемов производства при литье под давлением.
8. Перечислите характерные технологические процессы и материалы для цеха литья по выплавляемым моделям.
9. Состав литейного цеха литья по выплавляемым моделям.
10. Что такое коэффициент технологических потерь.

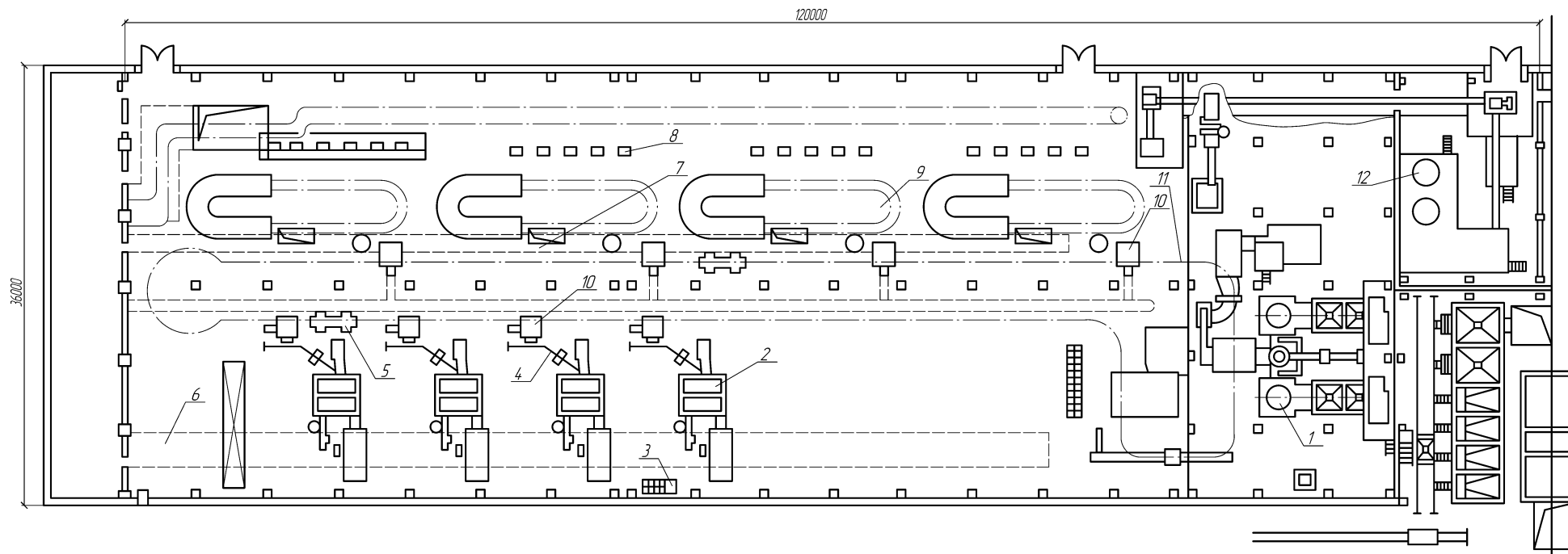


Рис. 37. Цех кокильного литья на выпуск 40000 т/год отливок труб и фасонных частей

11. Оборудование для изготовления операций технологического процесса литья по выплавляемым моделям.
12. Что является исходными данными для проектирования цехов литья в кокиль.
13. Назначение вспомогательных участков в цехе кокильного литья.
14. Технологическое оборудование, применяемое в цехах кокильного литья.
15. Рекомендуемые мощности для проектирования цехов литья в оболочковые формы.
16. Организация регенерации песков в цехах литья в оболочковые формы.
17. Оборудование для цехов оболочкового литья.
18. Какие положения учитывают при составе и расчете оборудования для цехов центробежного литья.
19. Как осуществляется подача металла к центробежным установкам.
20. Как в цехе центробежного литья осуществляется установка машин.

## **ЛЕКЦИЯ 12.**

### **ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ. Ч. 2.**

#### План лекции

1. Состав цеха заготовительного литья.
2. Выбор оборудования плавно-литейного участка.
3. Планировочные решения цехов заготовительного литья.
4. Автоматизация цехов заготовительного литья. Системы защиты окружающей среды.

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

При проектировании литейного цеха, прежде всего, следует установить объем производства по видам заготовок с учетом реальной перспективы его расширения. Мощность литейного производства всегда следует принимать с некоторым запасом по отношению к потребности обрабатывающих цехов, так как она обычно довольно быстро возрастает в связи с необходимостью расширения производства, увеличением производительности оборудования, внедрением новых сплавов и пр. На основе данных о потребности в заготов-

ках для обрабатывающих цехов проводят расчеты для определения штатов, количества оборудования, складских и производственных площадей и т.д. Работу литейного производства планируют, как правило, непрерывной, соответственно этому принимают фонды времени для оборудования, режим рабочего дня и другие нормативные данные [26-27].

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

В большинстве случаев все эти подразделения размещают в одном здании, кроме отделений переработки шлаков, сплавления и размола флюсов и переплава низкосортных отходов, которые из-за выделения большого количества пыли и газов, которые в той или иной степени загрязняют атмосферу производственного помещения, предпочтительно выделять в изолированное помещение со специальными повышенными требованиями к вентиляции. Чаще всего для размещения литейных цехов применяют трехпролетные здания (рис. 38). В первом пролете, имеющем ввод железнодорожных путей, размещают склад шихтовых материалов, откуда их по мере необходимости загружают в мульды и специальными кранами передают на рабочую площадку перед плавильными печами, занимающую средний пролет. При сифонном переливе расплавленного металла из плавильных печей в миксеры уровень площадки приподнят на 2,5-3 м выше уровня пола здания.

Миксеры и литейные машины размещают с таким расчетом, чтобы слитки извлекались в пролете, где расположены печи для гомогенизации и оборудование для механической обработки.

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

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

На выбор оборудования, необходимого для этого процесса, влияют ряд факторов: масштаб производства, энергоресурсы, назначение заготовок и др. При этом необходимо помнить, что главная задача - обеспечение высокого качества металла при минимальных капиталовложениях и низкой себестоимости. Схема планировки производственного участка литейного цеха приве-

дена на рис. 39.

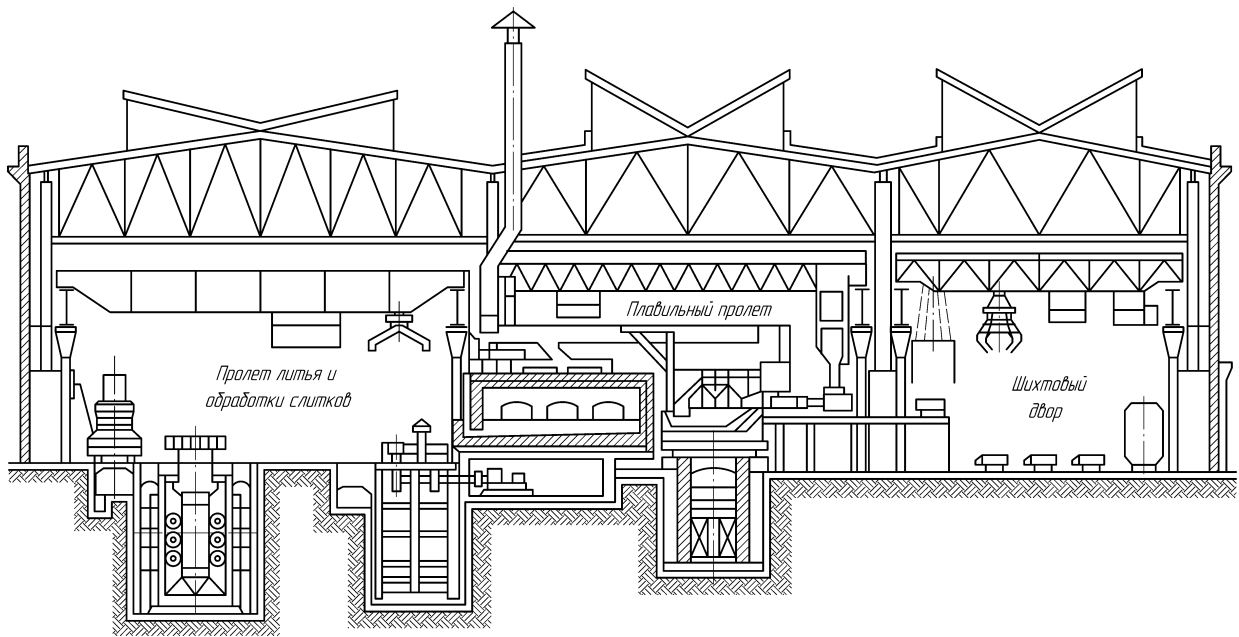


Рис. 38. Поперечный разрез литейного цеха заготовительного литья

Современный плавильно-литейный агрегат состоит из плавильной печи вместимостью до 120 т, миксера соответствующей емкости, установок для дегазации, модифицирования и фильтрации, а также литейной гидравлической машины грузоподъемностью, равной емкости миксера. Загрузка шихтовых материалов может быть осуществлена сверху, или с фронтальной части печи. Расплав в печи перемешивают МГД-перемешивателем, который устанавливается сбоку, или снизу печи [26].

Можно использовать индукционные печи промышленной частоты, основные преимущества которых следующие: выделение тепла в самом металле обеспечивает достаточно высокий коэффициент полезного действия; благодаря действию электромагнитных сил расплав хорошо перемешивается; минимальное отношение площади зеркала ванны к объему металла позволяет уменьшить угар металла.

По расходу электроэнергии наиболее экономичны каналные печи с более высоким к.п.д., чем тигельные. Индукционные тигельные печи применяются главным образом для переплава загрязненных отходов и стружки. К общим недостаткам индукционных печей следует отнести: высокие первоначальные затраты и затруднительность механизации загрузки; необходимость загружать твердую шихту в жидкий металл, в связи с чем из печи можно слить лишь около 3/4 расплавленного металла.

Электрические печи сопротивления при работе на твердой шихте в современных цехах почти не применяются из-за малой вместимости, так как глубина ванны ограничена, низкой производительности и более высокого (на 30-35 %) удельного расхода электроэнергии по сравнению с индукционными



печами.

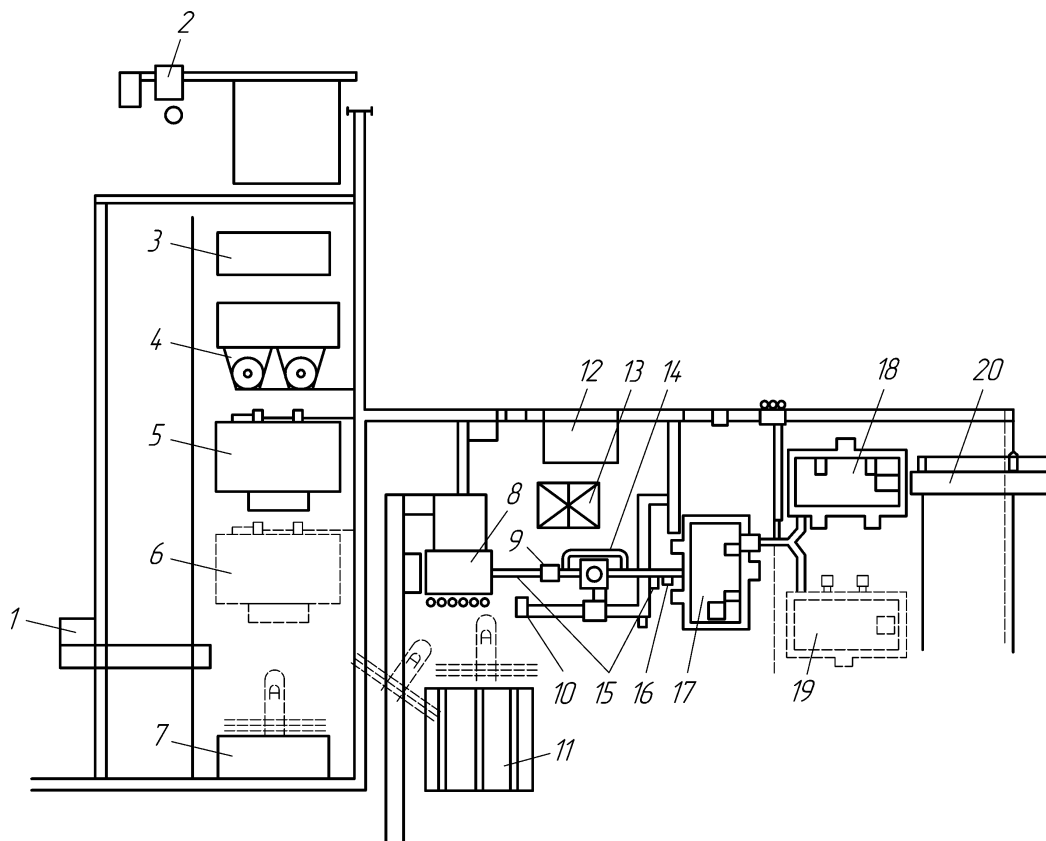


Рис. 39. Схема планировки производственного участка:

1 - мобильная машина загрузки; 2 - резка слитков; 3 - участок выгрузки; 4 - станция охлаждения; 5 - печь гомогенизации; 6 - печь нагрева; 7 - участок загрузки; 8 - литейная машина; 9 - фильтр-бокс; 10 - панель оператора; 11 - устройство для транспортировки; 12 - участок сборки и ремонта кристаллизаторов; 13 - склад кристаллизаторов; 14 - дегазатор; 15 - регулятор уровня расплава; 16 - установка модифицирования; 17 - поворотный миксер; 18 и 19 - поворотная печь; 20 - машины для загрузки шихты

При проектировании необходимо учитывать площади для основного технологического оборудования: электрические отражательные печи (миксера); литейные машины для литья полунепрерывным способом; сифоны для перелива металла; литейные ковши ТУ 48-22-119 и/или вакуум ковши со съемной крышкой ВКА-5-СК; МГД-перемешиватель; камеры фильтрации для пенокерамического фильтра; пилы для распиловки слитков (например «Wagner»); установка подачи лигатурного прутка; механизмы подъема литейной коробки; технологическая оснастка; весы для статического взвешивания ГОСТ 29329-92 (например весы SKALEX-500, SKALEX-1000 фирмы «PIVOTEX», РС-5ш13 и РС-30ц13А или др.)

*Литейные машины* предназначены для фиксации литейной оснастки, формообразования слитков необходимого сечения и длины. На литейных машинах установлены приборы контроля и управления процессом литья. Литейные машины различаются по конструкции, грузоподъемности, типу привода, размерам и конфигурации кристаллизаторов и т.д. Машины могут быть спе-

циализированными и универсальными.

Для отливки слитков у каждого миксера чаще всего устанавливают одну литейную машину. В последнее время к одной литейной машине привязывают две печи. При среднем размере поперечного сечения слитка  $1,0 \text{ м}^2$  и скорости литья  $3,6-4,7 \text{ м/ч}$  такая машина обеспечивает производительность до  $25 \text{ т/ч}$ . Такая же производительность и при литье круглых слитков, но в обоих случаях необходимо применять многокристаллизаторную разливку.

Каждая литейная машина снабжена средствами контроля: температуры металла; скорости литья; длины слитков; давления в системе и расхода охлаждающей воды.

На рис. 40 представлена принципиальная схема автоматизированного литья плоских слитков фирмы «Pechiney». Процесс «АУТОРАК» представляет наиболее совершенную систему автоматизации процесса разливки плоских слитков, поскольку он предусматривает одновременное включение управления раздаточными печами, процессами обработки жидкого металла (дегазацией, фильтрацией, модифицированием), подачей металла в кристаллизаторы, параметрами работы литейной машины, определяемыми характеристиками отливаемого сплава.

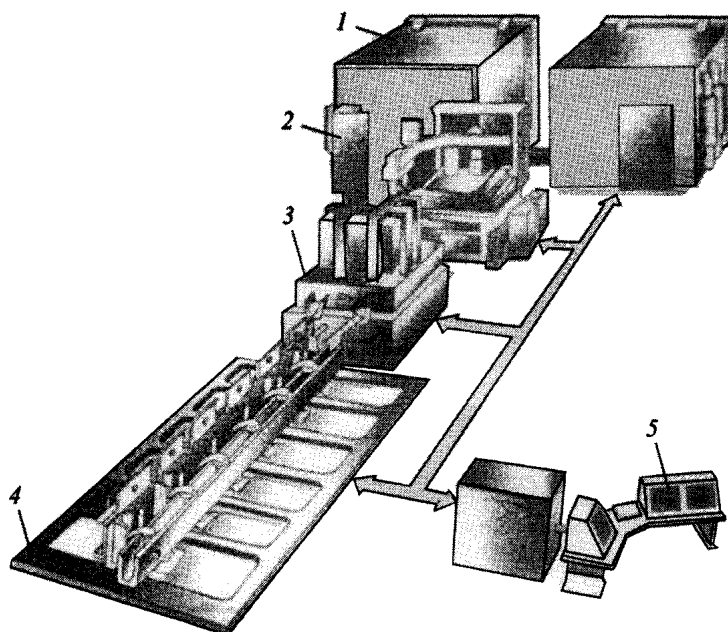


Рис. 40. Принципиальная схема процесса «АУТОРАК»:  
1 – печи, 2 – установка дегазации, 3 – установка фильтрации,  
4 – кристаллизаторы, 5 – пульт управления.

Процесс литья начинается с момента готовности сплава и оборудования к разливке и проводится без какого-либо вмешательства человека.

При модернизации литейных цехов не всегда есть необходимость автоматизации управления всем комплексом оборудования и можно ограничиться

только автоматизацией регулирования уровня жидкого металла в кристаллизаторах и управления литейной машиной.

В этом случае ограниченный набор оборудования включает – систему измерения уровня металла, надежно работающую в условиях задымления атмосферы в кристаллизаторах (неизбежного при начале литья); исполнительный механизм, регулирующий расход металла через разливочный стакан; цепь управления; программируемый логический контроллер.

Следует отметить, что автоматический процесс позволяет: гарантировать безопасность в отношении взрывов, связанных с прорывом жидкого металла при литье; обеспечить сохранение постоянства желаемого уровня качества слитков; создать возможность необходимого контроля для обеспечения качества; облегчить освоение литья новых сплавов; упростить работу операторов при литье слитков.

Для сокращения перевозки отходов механическую обработку круглых слитков, как правило, сосредотачивают в литейных цехах. Механическую обработку слитков проводят на специальных линиях, состоящих из отрезного станка, обдирочного станка, расчетного станка (для полых слитков), разгрузочного устройства и транспортных механизмов. Параметры оборудования выбирают в зависимости от размеров обрабатываемых слитков. Линия резки может работать, как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Так как чистота поверхности слэбов перед прокаткой имеет очень большое значение для обеспечения качества листов и полос, плоские слитки обычно фрезеруют в прокатном цехе. В литейном цехе производят лишь правку и резку на мерные заготовки.

*Термические отделения заготовительных цехов включают в себя современные печи для гомогенизации сплавов и должны обеспечивать – заданный режим гомогенизации по равномерности и скорости нагрева; иметь высокую производительность, поскольку в современном крупном литейном производстве большая часть отливаемых слитков проходит гомогенизацию, а это связано с необходимостью выделения значительных производственных площадей под установку печей; удобство эксплуатации, в первую очередь удобство загрузки и выгрузки тяжелых садов, имеющих в период выгрузки высокую температуру.*

В состав автоматизированного участка для гомогенизации цилиндрических слитков могут входить одна или несколько электрических печей, одинаковые по конструкции и производительности, одна камера охлаждения и погрузо-разгрузочная машина (трансбордер). Схема планировки участка показана на рис. 41.

Наиболее прогрессивным способом термической обработки слитков считается непрерывная гомогенизация, которая особенно необходима для высоколегированных сплавов из-за равномерности нагрева в начальный период и период термической выдержки. На рис. 42 представлена схематически линия непрерывной гомогенизации.

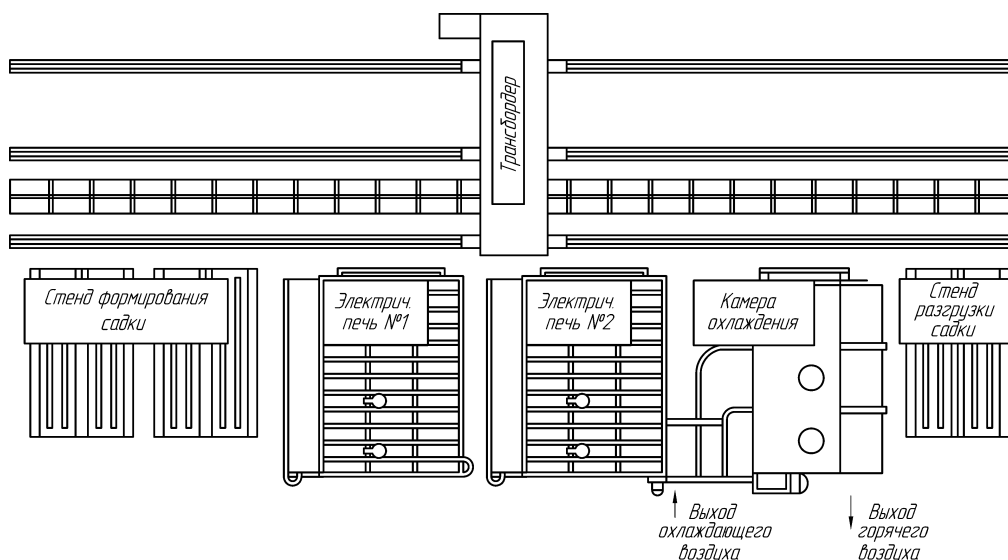


Рис. 41. Схема планировки участка гомогенизации

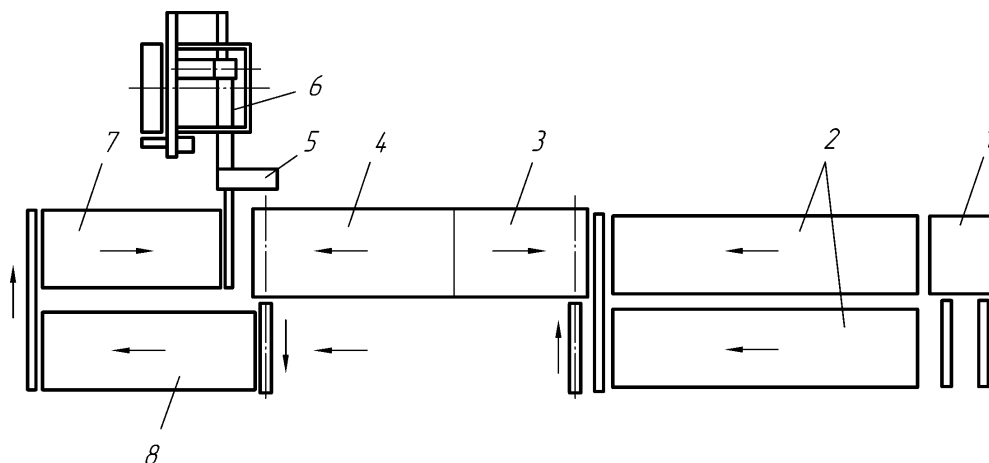


Рис. 42. Схема линии непрерывной гомогенизации:

1 – рольганг приема слитков с ультразвуковым контролем, 2 – загрузочный конвейер для ввода слитков в печь, 3 – печь для нагрева слитков, 4 – печь гомогенизации, 5 – участки резки слитков, 6 – участок упаковки и взвешивания, 7 – приемный стол гомогенизированных слитков, 8 – камера охлаждения

Расчет количества технологического оборудования, парка ковшей, площадей участков и т.д., представлен в работах [1,6].

Движение слитков осуществляется с помощью шагающего транспортера, конструкция которого позволяет не только не искривлять слитки, но даже уменьшать искривление, которое получается при литье непрерывным способом. Другое существенное преимущество таких линий – экономия электроэнергии на 40-50 % по сравнению с печами периодического действия.

При значительных объемах производства для приближения литейных цехов к обрабатывающим и лучшей организации транспортных потоков мо-

жет оказаться целесообразным разделить производство круглых и плоских слитков на два самостоятельных цеха, разместив их в отдельных зданиях.

При проектировании цехов должны соблюдаться правила и нормы техники безопасности и промсанитарии. Во всех случаях при разработке планировки цехов необходимо стремиться к тому, чтобы была обеспечена надежная аэрация. Поэтому периметр цеха должен быть по возможности освобожден от разного рода пристроек.

Контрольные вопросы.

1. Средства контроля технологических параметров и техники безопасности?
2. Обоснование количества кристаллизаторов на литейной машине?
3. Системы автоматизации при непрерывном и полунепрерывном литье?
4. Выбор оборудования для перемешивания расплава в миксере?
5. Расчет потребного количества оборудования заготовительных цехов?
6. Выбор оборудования для резки и механической обработки слитков?
7. Состав термического отделения заготовительного литейного цеха?
8. Схемы размещения оборудования на участке термообработки?
9. Транспортные потоки в цехах заготовительного литья?

### **ЛЕКЦИЯ 13.**

#### **ТЕМА: ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

План лекции

1. Ремонтная служба цеха. Экспресс-лаборатории.
2. Цеховые кладовые. Участок подготовки свежих формовочных материалов и регенерации смесей.

*Вспомогательные отделения.* Нормальное функционирование литейного цеха невозможно без участков, обеспечивающих бесперебойное снабжение цеха формовочными и литейными материалами, красками, осуществляющих текущий ремонт оборудования, непрерывный контроль параметров технологического процесса (лаборатории контроля химического состава металла и свойств формовочных материалов, лабораторий контрольно-измерительных приборов и датчиков).

Вспомогательные службы литейных цехов включают следующие подразделения:

- ремонтную службу цеха, предназначенную для текущего ремонта и обслуживания оборудования, с участком ремонта футеровки ковшей, тиглей и различных печей;
- экспресс-лаборатории для оперативного контроля свойств формовоч-

ных и стержневых смесей и химического состава жидких металлов;

- цеховые кладовые, службы снабжения.

*Ремонтная служба цеха* (служба механика и энергетика). В действующей системе планово-предупредительного ремонта, учитываемой при проектировании литейных цехов, предусмотрено централизованное выполнение службами завода капитального, среднего и малого ремонта механического и электротехнического оборудования, КИПа и автоматики, а также ремонта инструмента и оснастки, при этом применяют метод поузлового ремонта. Цеховая служба обеспечивает только межремонтное обслуживание всего перечисленного оборудования и приборов цеха в течение всего времени (во всех сменах) работы оборудования, в связи с чем функции и состав этой службы значительно упрощаются и сокращаются [1-2, 15, 38].

Проектирование ремонтной службы сводится к определению числа дежурных слесарей, станочников, электриков, прибористов и затем в зависимости от их числа – размеров помещений мастерских и числа простейших станков.

Число рабочих, обслуживающих оборудование, рассчитывают по объему и ремонтной сложности всего комплекса оборудования цеха, выраженных в ремонтных единицах (табл. 70, 71).

Таблица 70

Нормы для расчета категории сложности ремонта оборудования литейных цехов в ремонтных единицах на 1 т годного литья в зависимости от годового выпуска и типа цеха

Выпуск цеха, тыс. т/год	Конвейерные цехи				Крановые цехи	
	Отливки массой < 100 кг		Отливки массой < 2000 кг		Отливки массой > 1000 кг	
	М	Э	М	Э	М	Э
10 – 20	0,2	0,14	0,15	0,1	0,14	0,15
20 – 30	0,19	0,14	0,14	0,1	0,13	0,15
30 – 40	0,18	0,14	0,12	0,09	0,12	0,14
40 – 60	0,16	0,13	0,10	0,09	0,1	0,13

*Примечание.* 1. М – по механической части; Э – по электротехнической части. 2. Для литейных цехов, имеющих в своем составе электрические плавильные и термические печи, применяют повышающий коэффициент по электротехнической части  $k = 1,10-1,15$ .

Для текущего ремонта модельной оснастки предусматривают модельщиков и слесарей из расчета один рабочий на выпуск 6-7 тыс. т/год годного литья в цехах мелкосерийного производства и на 12-15 тыс. т/год в цехах крупносерийного производства.

По числу станочников в одну смену определяют число сверлильных, токарных и универсально-фрезерных станков, а по числу станков и рабочих в наибольшую смену – площадь помещений, занимаемых ремонтной службой: на каждый станок необходимо приблизительно по 10 м<sup>2</sup>, на каждого дежурного слесаря и электрика по 4-5 м<sup>2</sup>. Дополнительно необходима кладовая запча-

стей и электрооборудования и инструментальная кладовая.

Таблица 71

Профессия рабочих	Нормы для расчета межремонтного обслуживания оборудования в ремонтных единицах	
	Технологическое и подъемно-транспортное оборудование	
	М	Э
Дежурные слесари по обслуживанию оборудования	350	
Станочники	1260	-
Смазчики	790	-
Шорники в физических единицах оборудования, имеющего ременные приводы	280	-
Дежурные электрики	-	770

Цеховая служба текущего ремонта оборудования должна иметь разветвленную систему контроля его работы и вызова дежурных слесарей и электриков. В больших цехах эта система является частью системы автоматического управления цехом.

*Экспресс-лаборатории.* Современные смесеприготовительные отделения большой производительности с высокой степенью автоматизации снабжают средствами автоматического непрерывного контроля основных технологических свойств изготавливаемых смесей. Такой контроль выполняют только для формовочных смесей либо косвенно через определение влажности поступающей оборотной смеси с целью ее корректировки, а, следовательно, и формуемости каждого замеса смеси, либо непосредственно путем определения технологических свойств формуемости (пластичности) смеси.

Задача экспресс-лаборатории, обслуживающей автоматизированное отделение, – наблюдение за правильностью работы автоматических контрольных систем и систематическое определение основных физических параметров смесей по пробам, отбираемым через заданные интервалы времени при выходе смеси из бегунов и на рабочих местах. В смесеприготовительных отделениях, не имеющих устройств автоматического контроля, дозирование компонентов корректируется только по анализам проб, которые берутся чаще. Трудоемкость анализа составляет 0,1 или 0,2 ч.

По этим данным и числу анализов определяют количество лаборантов в одну смену и площадь, необходимую для лаборатории, считая по 8-10 м<sup>2</sup> на одного лаборанта, но в целом не менее 15 м<sup>2</sup>. Экспресс-лабораторию формовочных смесей, как правило, размещают на площади смесеприготовительного отделения с удобным выходом на площадку обслуживания бегунов.

Значение металлургических экспресс-лабораторий, систематически контролирующих химический состав выплавленного металла до разлива его в формы. При плавке чугуна из стальных отходов в электропечах необходимо брать три-четыре анализа от каждой плавки по большому числу элементов, чтобы уловить присутствие нежелательных примесей от случайных отхо-

дов. Для этой цели предусматривают сложное автоматическое оборудование – квантометры. Такие лаборатории выполняют по специальным проектам.

Металлургические лаборатории размещают по возможности ближе к рабочей площадке печей. Примерный состав основного оборудования и планировка лаборатории, располагающей спектрографическими и химическими методами исследования на четыре лаборанта, показаны на рис. 43.

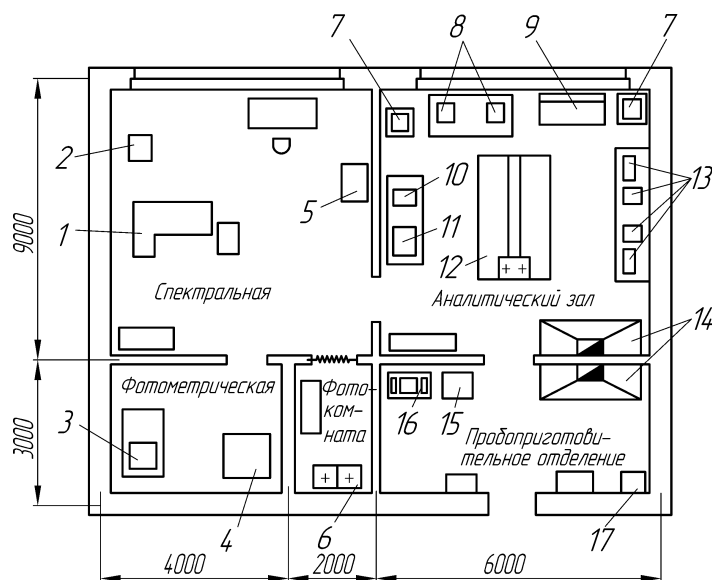


Рис. 43. Металлургическая экспресс-лаборатория:

1 – фотоэлектрический стилометр; 2 – генератор искры; 3 – микрофотометр; 4 – спектропроектор; 5 – твердомер; 6 – стол-мойка; 7 – весы аналитические; 8 – фотокалориметр; 9 – титровальная установка; 10 – печь муфельная; 11 – сушильный шкаф; 12 – стол химический; 13 – приборы для определения содержания углерода и серы; 14 – шкаф вытяжной; 15 – сверлильный станок; 16 – точило; 17 – пробоприемник пневмопочты

Лаборатория формовочных материалов служит для текущего контроля качества формовочных и стержневых смесей путем периодического отбора и анализа проб. Площадь, необходимая для лаборатории контроля свойств формовочных смесей, колеблется от 15 до 60 м<sup>2</sup>. Эта лаборатория должна располагаться близко к смесеприготовительному отделению.

*Цеховые кладовые.* Хранение наиболее дорогих материалов, инструмента осуществляется в цеховых кладовых. Площади кладовых меняются в зависимости от принятого технологического процесса, выпуска цеха и серийности производства. Размеры кладовых зависят от выпуска литейных цехов и составляют для цеха с выпуском до 10 тыс. т. – 18 м<sup>2</sup>, 10-25 тыс. т – 30-48 м<sup>2</sup>, более 25 тыс. т – 72-90 м<sup>2</sup> [6].

Цеховые кладовые, так же как и конторы мастеров, размещают в первом этаже бытовых и на площадях основных отделений в местах, удобных для посещения, но непригодных для производственных операций (площади, не обслуживаемые кранами, между колоннами здания, под площадками и пр.).



*Участок регенерации смесей.* Основное назначение этого участка сводится к подготовке свежих формовочных материалов (песка, глины, добавок) для приготовления формовочных смесей.

Получение качественных смесей связано с предварительной подготовкой исходных материалов. Для обеспечения качественного дозирования материалов необходимо их сначала подготовить - просушить, просеять песок; помолоть и просеять глину и уголь; осуществить регенерацию отработанной смеси. Потребность в свежих материалах зависит от степени обновления формовочной смеси и условий работы цеха, применяемой формовочной смеси и степени ее регенерации. При использовании обычных песочно-глинистых формовочных смесей в зависимости от вида литья расход свежих материалов можно принимать в соответствии с данными табл. 72.

Таблица 72

Материал	Удельный расход свежих материалов				
	Удельный расход материалов, т/т отливок при литье сплавов				
	Чугун серый	Углеродистая сталь	Ковкий чугун	Медные сплавы	Алюминиевые сплавы
Кварцевые пески	0,60	0,70	0,40	0,35	0,70
Глинистые пески	0,13	-	0,13	0,60	1,20
Огнеупорная глина	0,05	0,15	0,05	-	-
Молотый уголь	0,01	0,08	0,012	0,05	0,10
Органические добавки	0,01	0,08	0,012	0,05	0,10
Итого	0,80	0,90	0,60	1,00	2,00

При применении конкретной формовочной смеси и с учетом вывоза отработанных смесей в отвалы при сложности или не возможности регенерации смеси, что имеет место при использовании ЖСС, удельный расход свежих материалов может существенно увеличиться и поэтому требуется специальный анализ вопроса о расходе свежих материалов.

Сушка песка производится в сушилах, чаще всего барабанных горизонтальных противоточных, а также в печах с кипящим слоем. Возможна сушка песка в потоке при использовании пневмотранспорта и применении для перемещения песка горячих газов.

При переработке комовой глины в порошок производят резку кома, сушку и помол. Помол глины и угля производят в мельницах шаровых, молотковых и других. Иногда глину приготавливают в виде суспензии и тогда используют специальные машины. При этом не требуется сушка и размол глин, но необходимо постоянное барботирование суспензии с целью предотвращения выпадения осадка.

Самое серьезное внимание в литейном цехе необходимо уделять вопро-

сам подготовки отработанных формовочных смесей, что, в основном, относится к подготовке песчано-глинистых формовочных смесей и регенерации песков с целью выделения из смеси песков, пригодных к повторному использованию, т.е. очищенных от пленок связующих материалов и имеющих определенный зерновой состав.

Планировка участка подготовки регенерации и складирования формовочных материалов приведена на рис. 44.

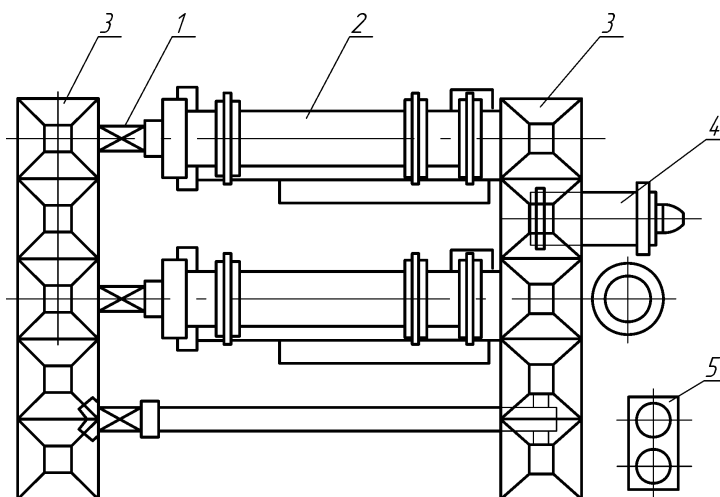


Рис. 44. Расположение оборудования в отделении подготовки свежих материалов:  
1 – элеватор, 2 – сушильные печи, 3 бункер, 4 – шаровая мельница, 5 - глинорезка

При выборе количества оборудования для регенерации песков учитываются объемы формовочной смеси, подвергаемой регенерации, а также фонды времени работы оборудования и часовая производительность каждого, вида оборудования. Обычно отделение регенерации песка выделяется в обособленные помещения, которые располагаются или в отдельном здании, или изолированно от других участков, чтобы снизить загрязненность в цехе [1].

В производственных отделениях цеха необходимо предусмотреть помещения по 15-20 м<sup>2</sup> для размещения мастеров соответствующих отделений.  
Контрольные вопросы.

1. Какие службы и отделения включают в себя вспомогательные службы литейных цехов?
2. К чему сводится проектирование ремонтной службы?
3. Какие задачи ставятся перед экспресс-лабораторией?
4. Какие площади закладываются на один обрабатывающий станок при проектировании ремонтной службы?
5. Какие площади закладываются на каждого дежурного слесаря и электрика ремонтной службы?
6. Где предпочтительно размещать металлургические лаборатории?
7. Какова площадь, необходимая для лаборатории контроля свойств формовочных смесей?

8. От чего зависят размеры кладовых?
9. Где обычно располагают участок подготовки свежих материалов?
10. Каковы площади занимаемые службой мастеров отделений литейного цеха?

## **ЛЕКЦИЯ 14.**

### **ТЕМА: АСУП ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

План лекции

1. АСУП литейного цеха. Особенности АСУП.
2. АСУП современных действующих литейных заводов и цехов.
3. Подсистемы АСУП.
4. Задачи АСУП.

*Особенности АСУП литейного цеха.* Непременным условием успешного функционирования современного предприятия (цеха) является автоматизация управления.

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

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

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

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

Как правило, АСУП включает следующие подсистемы управления: тех-

нической подготовкой производства; технико-экономическим планированием; основным производством (оперативное управление); материально-техническим снабжением; качеством отливок; сбытом; кадрами; модельной оснасткой.

В табл. 73 приведен пример определения функций и задач АСУ.

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

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

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

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

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

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

*Примером эффективного использования ЭВМ в литейном производстве может служить американский завод Форда во Флет-Роке, который уже много лет использует АСУ ТП.*

С помощью АСУ на этом заводе решаются следующие задачи: регистрация, выхода рабочих на работу; контроль работы приточно-вытяжной вентиляции; анализ контроля дефектов отливок и причин их вызвавших; контроль и управление плавкой металла, включая регистрацию поступающих материалов, контроль качества металла, контроль и управление выдачей металла на формовочные линии, контроль и управление расходом электроэнергии, расчет добавок, управление профилем мощности; при производстве ЧШГ ЭВМ контролируют металлографические характеристики.

*На литейном заводе КамАЗа* внедрена трехуровневая система управления производством. На втором и третьем уровне система построена на базе универсальных цифровых машин и комплекса периферийных устройств, предназначенных для оперативного сбора информации на цеховом уровне. Система может информировать показаниями дисплеев и печатным способом о состоянии производства в реальном масштабе времени: выполнение сменного задания, простои оборудования, состояние складов и незавершенного производства, наличие жидкого металла, стержней и дефицитных материалов.

Собранная информация по каналам связи передается в ЗЦ объединения. На основании оперативных данных формируются отчеты за сутки и нарастающим итогом с начала месяца.

*Специфической задачей автоматизации* процесса индукционной плавки является необходимость контроля состояния тигля и изоляции индуктора.

Ступени напряжения печного трансформатора обычно переключают по временной программе с коррекцией по температуре металла в тигле.

Для независимого регулирования тока индуктора в некоторых разновидностях индукционных плавильных печей имеются переключатели числа рабочих витков индуктора.

Оптимальное регулирование коэффициента мощности индукционных плавильных установок достигается компенсацией реактивной мощности индуктора путем параллельного подключения к нему емкостей  $C_1 - C_5$  из состава конденсаторной батареи 6 (рис. 48). Соотношение емкостей:

$$C_1/C_2 = C_2/C_3 = C_3/C_4 = C_4/C_5 = 2$$

Поэтому при использовании всего пяти конденсаторов обеспечиваются 32 ступени изменения компенсирующей емкости. Вводом соответствующего значения емкости, изменяющегося по ходу плавления шихты, достигают оптимальных условий работы печи при

$$\cos \varphi = 0,98 \div 1,0.$$



паспортизацией.

*Примером работы АСУП* является автоматизированная система управления и контроля технологическими процессами литейно-плавильных агрегатов в цехе литья слитков из алюминиевых сплавов.

Таблица 74

Характеристика средств контроля процесса индукционной плавки	
Контролируемый параметр	Технические средства контроля
Напряжение на индукторе	Вольтметр, трансформатор напряжения, нормирующий преобразователь E825/1 или E825/2
Ток индуктора	Амперметр, трансформатор тока, нормирующий преобразователь E824
Активная мощность трехфазного тока	Ваттметр, нормирующий преобразователь E829
Коэффициент мощности печной плавильной установки	Фазометр
Состояние футеровки тигля и изоляции индуктора	Специальная схема на рис. 48
Температура охлаждаемой воды на выходе из индуктора	Термобатарея, электронный потенциометр
Температура металла в тигле	Термопара погруженная в комплекте с электронным потенциометром или пирометр спектрального отношения (например, «Спектопир-10»)
Соотношение между массами «болота» и шихты	Сельсин
Химический состав металла и шлака по ходу плавки	Квантометры в экспресс-лаборатории цеха с транспортировкой проб пневмо-почтой

Информация о состоянии технологического процесса обрабатывается, архивируется и передается в общезаводскую сеть, для предоставления ее пользователям автоматизированных рабочих мест в наглядной форме.

Функции АСУП: контроль температуры жидкого металла в каждом миксере; контроль температуры воздушных зон в каждом миксере; контроль состояния нагревательных элементов миксеров; контроль положения форкамер; контроль расхода воды на литейных машинах; контроль температуры охлаждающей воды в коллекторе; контроль давления охлаждающей воды в коллекторе; контроль скорости литья на литейных машинах; контроль длины слитка на литейных машинах; управление температурным режимом каждого миксера по температуре жидкого металла; управление температурным режимом каждого миксера по температуре воздушной зоны; управление расходом охлаждающей воды на литейных машинах в ручном и автоматическом режимах; управление скоростью литья на литейных машинах в ручном и автоматическом режимах; ручное управление перемещением платформы, дренажной и аварийной электроздвижками воды, насосом кессона, масло станцией;



управление подачей воды из кессона при аварийных отключениях охлаждающей воды в ручном и автоматическом режимах [1].

Технические характеристики системы приведены в табл. 75.

Таблица 75

Технические характеристики АСУТП	
Измерение температуры:	
-воздушной зоны миксера, °С	0...1200
-расплава металла в миксере, °С	400...900
-охлаждающей воды в коллекторе, °С	0...50
Измерение давления воды в коллекторе, кгс/см <sup>3</sup>	0...10
Измерение тока нагревательных элементов миксера, А	0...400
Измерение расхода воды на литейной машине, м <sup>3</sup> /ч	0...400
Измерение скорости литья, мм/м	0...121
Измерение длины слитка, м	0...10

Структура АСУТП ЛО – иерархическая, двухуровневая.

Верхний уровень выполнен на базе серверной станции SUN (главный компьютер). Обмен информацией о технологическом процессе между главным компьютером и контроллерами шкафов управления литейными каскадами (контроллерами нижнего уровня) осуществляется через общезаводскую сеть Ethernet.

Нижний уровень состоит из локальной автоматизированной системы управления литейным каскадом.

АСУТП литейного каскада состоит из: шкафа управления литейным каскадом (ШУЛК); пульта управления литейными машинами №1; пульта управления литейными машинами №2.

Контроллеры нижнего уровня, с аппаратурой управления литейными каскадами, установлены в помещениях ПСУ соответствующих каскадов ЛО-3, в герметичных металлических шкафах. Контроллеры ШУЛК подключены к общезаводской сети Ethernet.

Структурная схема АСУТП ЛО представлена на рис. 46.

АСУТП ЛО построена как двухуровневая распределенная автоматизированная информационно-управляющая система.

Система осуществляет управление в ручном или автоматическом режиме оборудованием литейного отделения, производит сбор информации о состоянии технологического оборудования и значениях технологических параметров, а также осуществляет диагностику контроллеров и представляет всю необходимую информацию пользователям АРМ в удобной для восприятия форме, её архивирование и вывод на печать.

В основу работы контроллеров нижнего уровня АСУТП литейного отделения положен принцип выработки управляющих воздействий на исполнительные механизмы литейных машин и миксеров (соответствующего литейного каскада) путем математической обработки информации о ходе про-

цесса литья, логической обработки сигналов о положении органов управления и состоянии исполнительных механизмов.

Вся информация о состоянии соответствующего литейного каскада от контроллеров нижнего уровня по общезаводской сети Ethernet передается на верхний уровень управления.

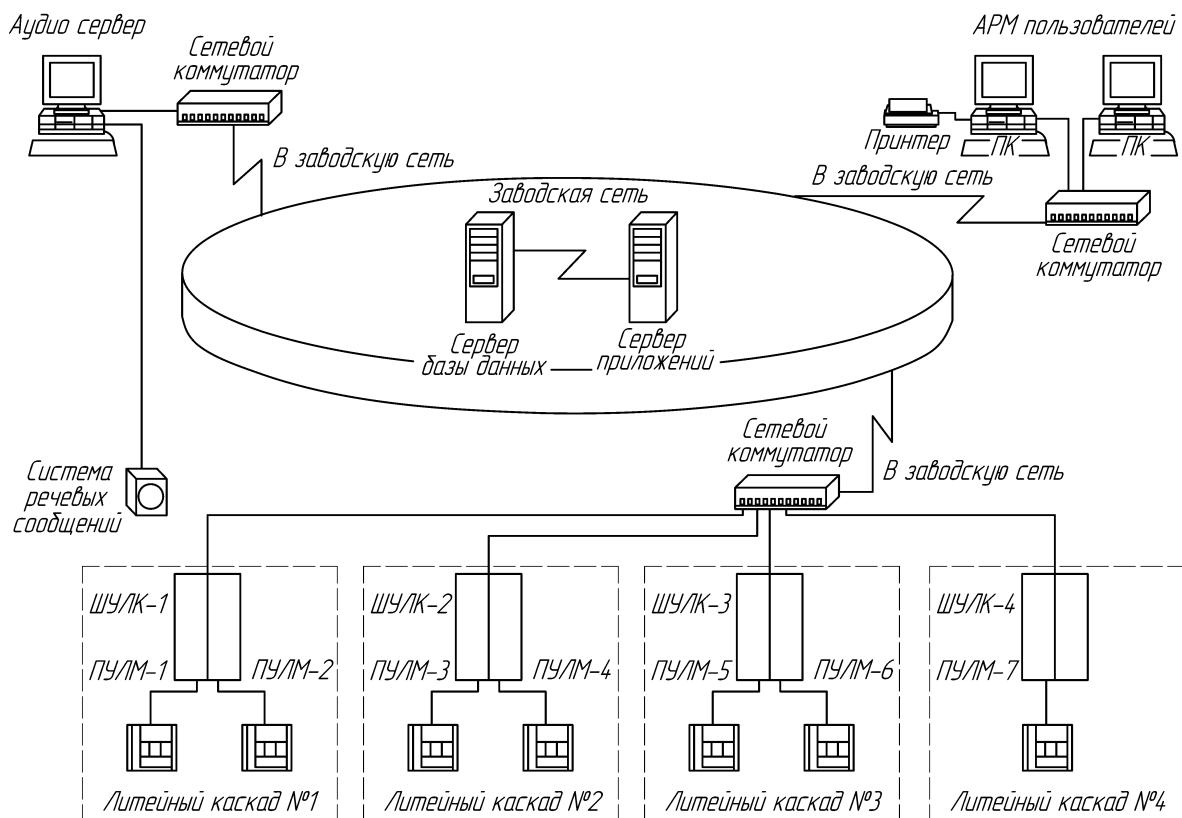


Рис. 46. Структурная схема АСУТП ЛО

Контрольные вопросы.

1. Цели и задачи автоматической системы управления литейных цехов и заводов?
2. Особенности АСУП литейных цехов?
3. Современные действующие АСУП?
4. Подготовительные мероприятия для АСУП?
5. Цели системы автоматизированного проектирования литейной технологии?
6. Задачи системы автоматизированного проектирования литейной технологии?
7. Подсистемы АСУП?
8. Задачи и функции управления подсистемы АСУП?
9. АСУП на литейном заводе КамАЗа?
10. АСУП цеха заготовительного литья?

### **МОДУЛЬ 3.**

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ, САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

### **ЛЕКЦИЯ 15.**

## **ТЕМА: ЭНЕРГЕТИКА, ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, ОТОПЛЕНИЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

### План лекции

1. Основные виды потребляемой энергии литейного цеха. Расход электроэнергии. Расход пара.
2. Воды литейных цехов. Расчет расхода воды. Канализация и отопление.
3. Охрана труда в литейных цехах.

До начала проектирования необходимо оформить разрешение и технические условия на присоединение объекта к сетям энергоснабжающей организации, согласовать применение электропечей и других электронагревательных устройств мощностью более 50 кВт.

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

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

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

*Расход электроэнергии* может быть установлен по расходам на технологический процесс (плавка, нагрев, сушка), а также по установленной мощности токоприемников технологического и транспортного оборудования, при этом нужно учитывать, что не все токоприемники работают одновременно и зачастую не на полную мощность. Это учитывается коэффициентом спроса, который для электропечей и крупных потребителей составляет 0,45-0,5, а для другого оборудования литейного цеха 0,35-0,45 [1-2, 6].

Расход электроэнергии за год определяется по уравнению:

$$W = K_c \Phi_{\text{уст}} e K_d \tau_3 \tau_4 ,$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса;  $\Sigma P_{\text{уст}}$  – суммарная установленная мощность;  $\Phi_d$  – годовой фонд рабочего времени работы оборудования, ч;  $K_3$  – коэффициент загрузки оборудования по времени (0,75...0,8).

Годовой расход электроэнергии на освещение определяется по нормам расхода на 1 м<sup>2</sup> рабочей площади. Для литейных цехов укрупненный расход электроэнергии на освещение можно принять 16-18 Вт на 1 м<sup>2</sup> площади в час, а длительность освещения в год для условий широт 40...60 градусов принимается 2100 ч.

Кроме установления потребности цеха в электроэнергии важным является электроснабжение цеха, особенно при использовании мощных электрических печей, к которым осуществляется глубокий ввод электроэнергии линиями высокого напряжения. Распределение электроэнергии осуществляется через главные подстанции к комплектным цеховым трансформаторным и преобразовательным подстанциям. Питание цеховых подстанций ведется комплектным распределительным устройством от заводской магистральной сети напряжением 6,10, реже 35 кВ.

Электрические внутрицеховые сети ведутся скрытым (кабельным) или открытыми способами (в защитных коробах). При разработке схемы электроснабжения необходимо учитывать реактивные нагрузки (особенно при применении индукционных печей) и предусматривать установку статических конденсаторов и других компенсирующих устройств. Эти вопросы решаются специализированными проектными организациями.

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

В случае отсутствия естественного освещения (цех имеет закрытую конструкцию здания) длительность освещения должна быть увеличена в зависимости от числа рабочих смен. Сумма всех расходов электроэнергии: на технологию, работу токоприемников и освещение, составит годовое потребление электроэнергии цехом.

Расход сжатого воздуха цехом будет определяться количеством воздухоприемников, связанных с технологическим процессом и потребляемой мощностью каждого воздухоприемника, и протяженностью сетей сжатого

воздуха. Воздух в литейном цехе расходуется на обеспечение работы встряхивающих формовочных машин, пневмотрамбовок и зубил, пневмоподъемников, пневмошлифмашин, распылителей красок, перемешивание суспензий и других потребителей (обдувка оборудования, выдувка форм). Сети сжатого воздуха имеют высокие утечки и неплотности, что приводит к увеличению потребности в сжатом воздухе примерно в 1,5 раза. Средние укрупненные показатели расхода сжатого воздуха принимаются следующими: для чугунолитейных цехов серого чугуна 1000-1800 м<sup>3</sup>/т, для сталелитейных цехов 1400-1800 м<sup>3</sup>/т литья.

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

Годовая потребность пара на отопление и вентиляцию определяется:

$$Q_n = \frac{Q_m \times \Phi_{от} \times V_з}{i \times 100},$$

где  $Q_m$  – усредненный расход тепла на 1 м<sup>3</sup> здания, кДж;  $\Phi_{от}$  – длительность отопительного сезона, ч;  $V_з$  – объем отапливаемого здания, м<sup>3</sup>;  $i$  – теплота испарения, кДж/кг.

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

Расход топлива для производства (кокса и природного газа) определяется на основании тепловых балансов печей или нагревательных установок, и эти цифры указываются в технологической характеристике соответствующего оборудования. Умножая расход топлива на количество потребителей, получаем общую потребность в топливе, с учетом загрузки печей и нагревательных устройств. Значительными потребителями топлива в литейном цехе являются горелочные устройства для сушки и подогрева ковшей, а также поверхностной подсушки форм. В зимнее время часть топлива может расходоваться для местного подогрева на рабочих местах. Усредненные нормы расхода топлива по некоторым технологическим операциям приведены в табл. 76.

Таблица 76

Нормы расхода топлива на технологию	
Вид технологической операции	Расход топлива
Ваграночная плавка на холодном дутье	Кокса 110-160 кг на т переплавляемого металла
То же горячем дутье	То же 90-130 кг
Сушка песка	Природный газ 25-40 МДж на т сухого продукта
Сушка глины	То же 50-80 МДж
Подсушка стержней	10-15 МДж
Сушка и подогрев ковшей	То же 5-20 МДж на 1 т жидкого металла

Кроме вышеперечисленных энергоносителей, в литейном цехе для тех-

нологических нужд используется кислород (как правило, баллонный) и ацетилен для обрезки прибылей, литников и исправления дефектов. Усредненные показатели по их расходу представлены в табл. 77.

Таблица 77

Цехи	Назначение энергоносителя	Расход на 1 т годных отливок, м <sup>3</sup>	
		Кислород	Ацетилен
Серого чугуна	Заварка дефектов	0,6-0,8	0,5-0,6
Ковкого чугуна	То же	0,4-0,5	0,3-0,4
Сталелитейные	Резка прибылей и заварка дефектов	3-4	1,5-2

Вода в литейных цехах используется на производственные и бытовые нужды. При этом в цехе имеется несколько систем водоснабжения: хозяйственно-противопожарная; производственная, оборотная и повторного водопользования. Вода в литейном цехе расходуется, как на технологические нужды, связанные с охлаждением электропечей и формовочных смесей, на поддержание нормальных условий труда, на бытовые нужды и др.

Схема оборотного водоснабжения с системой регенерации отработанной формовочной смеси приведена на рис. 47.

Расчет расхода воды ведется по конкретным потребителям с учетом максимального и среднего расхода, качества воды для конкретного потребителя (в ряде случаев требуется химически очищенная вода), системы оборотного водоснабжения и потерь воды на испарение. Обычно применяется вода, давлением 0,2-0,3 МПа, если необходимо повысить давление воды, то используются местные повысительные насосные станции. Расход воды на производство литья будет зависеть от принятой технологической схемы и может колебаться в весьма широких пределах от 6 до 14 м<sup>3</sup>/т литья в год свежей воды и, 100-140 м<sup>3</sup>/т литья при использовании оборотного водоснабжения.

Расход питьевой воды значительно ниже и связан, в основном, с расходом на бытовые цели (от 2 до 2,5 м<sup>3</sup>/т). Средний расход промышленной воды колеблется в широких пределах в зависимости от технологической схемы процесса (табл. 78).

На производственные нужды литейного цеха преимущественно используется производственная вода, которую могут применять также для противопожарных целей. После использования воды для промышленных нужд она становится, сточной и может быть сброшена в сливную канализацию. Для исключения перерывов в водоснабжении особенно охлаждения нагревательных печей, в цехах или на заводе устанавливаются водонапорные баки [15].

Производство литья связано с большим количеством выделения тепла, пылевидных газовых выбросов и запахов. Количество и преимущественное выделение тех или иных выбросов определяется принятыми технологическими процессами в проектируемом цехе и видом используемого сплава. Так, применение вагранки в качестве основного плавильного агрегата приводит к

повышенным выбросам монооксида углерода в атмосферу и загрязнению им прилегающей территории. Использование в качестве связующих материалов синтетических смол ведет к выделению в атмосферу формальдегида, фенола, карбомида и других вредных веществ в зависимости от типа применяемой смолы и связано с распространением неприятных запахов и раздражением слизистой оболочки.

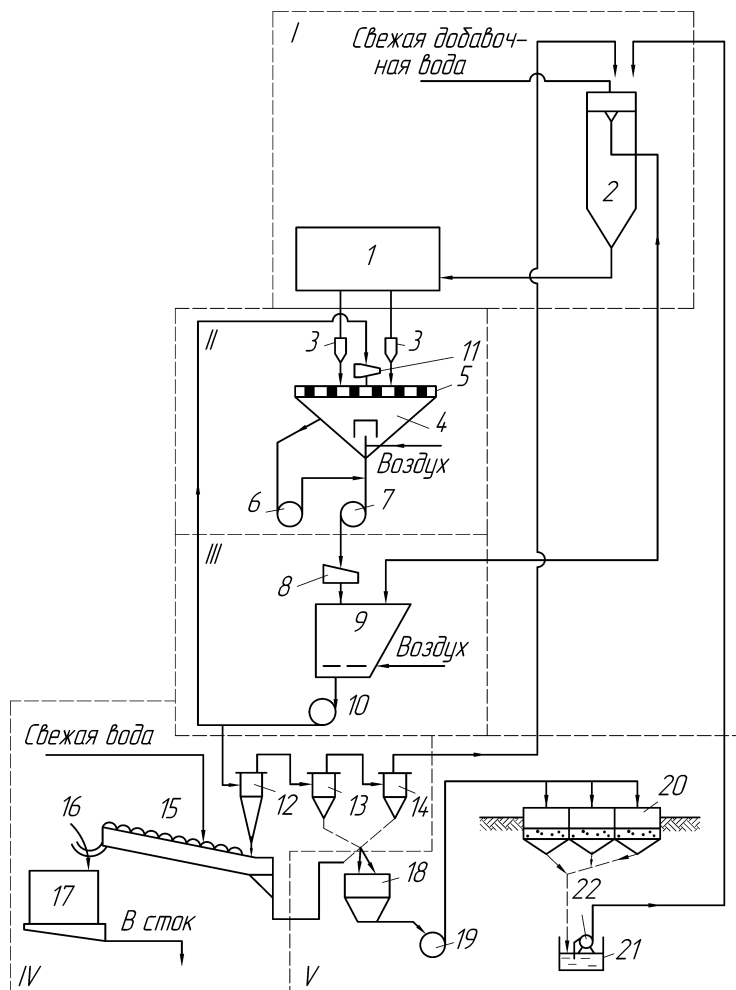


Рис. 47. Схема оборотного водоснабжения литейного производства с регенерацией отработанной смеси

Таблица 78

Расход воды на технологические нужды

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

Технологический процесс с применением песчано-глинистых смесей связан с выделением пыли на всех стадиях производства и требует организации хорошей вентиляции рабочих мест и локализации выбросов пыли. Общая схема источников пылеобразования показана на рис. 48.

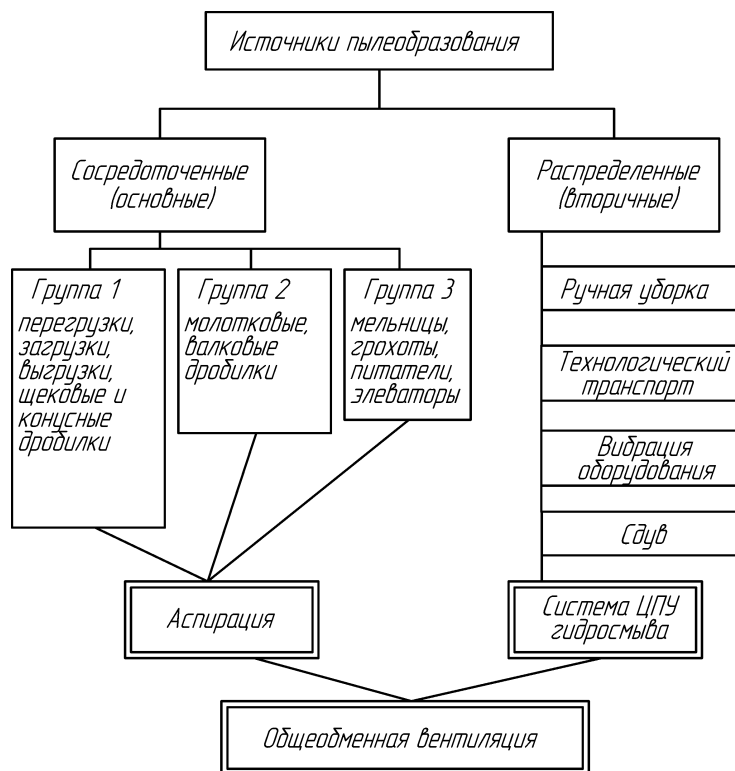


Рис. 48. Схема источников пылеобразования и средств обеспыливания:

- источники  образования;
- системы обеспыливания

При проектировании литейного цеха необходимо выполнить ряд технических решений как по снижению и локализации выбросов, так и применению средств удаления и очистки выбросов, вентилированию, кондиционированию и отоплению рабочих помещений. В значительной мере это может быть осуществлено за счет рациональных объемно-планировочных решений (наиболее загрязненный воздух не должен поступать в зоны, где занято большое количество людей, а уходить за пределы цеха), выбора рациональной конструкции здания цеха, обеспечивающей хорошую вентиляцию всего здания и требуемый объем для каждого работающего, создания развитой системы искусственной вентиляции рабочих мест и рабочих зон.

В связи с тем, что литейные цеха находятся в зонах с достаточно низкими наружными температурами, в зимний период для обеспечения нормальных условий труда необходимо обеспечивать отопление помещений длительное время – в зависимости от климатических условий от 120 до 220 дней в году для южных и северных районов соответственно. Требования к отопле-



нию, вентиляции и кондиционированию помещений устанавливают СНиП.

Система отопления должна обеспечивать поддержание температуры в цехе в определенных пределах и должна компенсировать тепловые потери через стены, потолки и различные проёмы (двери, ворота, окна и др.). Поэтому для снижения теплопотерь проемы оборудуются воздушными завесами, тамбурами и уплотнениями. В литейных цехах чаще всего используют систему воздушного отопления, совмещенную с приточной вентиляцией с подогревом приточного воздуха в калориферах.

Системы отопления с нагревательными приборами применяют во всех административно-бытовых помещениях, лабораториях, столовых и небольших производственных помещениях. В качестве теплоносителя при этом используют воду или в складах и производственных помещениях перегретый пар высокого давления.

Вентиляция, является одной из наиболее радикальных мер по созданию нормальных санитарно-гигиенических условий в цехе, наряду с созданием технологических, конструктивных и строительных мероприятий по снижению вредных выделений, нейтрализации их и наименьшему проникновению в рабочее помещение. Она может быть естественной и механической. Естественная вентиляция (аэрация) осуществляется открытием створок в световых фонарях, окнах, через которые удаляется и поступает воздух, за счет разности температур, направления и скорости ветра.

Для того чтобы выбрать необходимые пылеулавливающие и газоочистные аппараты для каждого участка выделения вредностей, можно воспользоваться табл. 79.

Таблица 79

Участки и виды вредных источников выделений литейного цеха, способы их очистки и тип применяемого аппарата

Участки и источники выделения вредных веществ	Вид компонентов, подлежащих улавливанию	Способ очистки и тип применяемого аппарата
1	2	3
1 Склады шихтовых и формовочных материалов. Укрытия мест выгрузки конвейеров, элеваторов. Аспирируемые точки бункеров и силосов, питатели, дозаторы пневмотранспорт	Пыль песка, кокса, цемента, угля, глины и др.	Одиночные и групповые циклоны средней и высокой эффективности
2. Плавильные отделения, открытые вагранки производительностью до 25 т/ч Закрытые вагранки производительностью до 10т/ч .	Пыль шихтовых материалов, оксиды железа, монооксид углерода, углеводороды Пыль шихтовых материалов, оксиды железа, углеводороды	Мокрые искрогасители с системой дожигания СО в шахте вагранки, скрубберы Вентури. Двухступенчатая очистка в осадительной камере и эжекторном скруббере. В обоих случаях дожигание СО



1	2	3
<p>3. Смесеприготовительное отделение.</p> <p>Дробилки щековые, валковые, молотковые.</p> <p>Сита вибрационные, механические, барабанные.</p> <p>Грохоты. Мельницы молотковые и шаровые производительностью до 75 кг/ч.</p> <p>Смесители периодического действия (бегуны)</p>	<p>Пыль глины, известняка, отработанной смеси</p> <p>Пыль формовочной смеси, песка, глины.</p>	<p>Одиночные групповые циклоны, одиночная очистка в циклонах и газопромывателях с рециркуляцией жидкости, циклоны, рукавные фильтры. Циклоны средней и высокой эффективности, низконапорные газопромыватели</p>
<p>4. Отделение выбивки формы и стержней и очистки отливок. Решетки инерционные и эксцентриковые грузоподъемностью до 25 т</p> <p>Столы очистные дробебетные производительностью до 1 т/ч.</p> <p>Барабаны очистные дробебетные, камеры очистные дробебетные.</p> <p>Станки обдирочно-шлифовальные</p>	<p>Пыль отработанной смеси, пар, окалина.</p> <p>Пыль отработанной смеси, абразивная пыль, металлические частицы</p> <p>Пыль отработанной смеси, абразивная пыль, металлические частицы</p>	<p>Двухступенчатая очистка в циклонах и низконапорных газопромывателях, рукавных фильтрах.</p> <p>Циклоны, рукавные фильтры, низконапорные газопромыватели.</p> <p>Двухступенчатая очистка в циклонах и низконапорных газопромывателях, циклоны и рукавные фильтры</p>

В плавильном отделении необходимо производить воздушное душирование рабочих мест с целью снижения тепловыделений, обеспечение рабочих мест питьевыми фонтанами, а также создавать установки с газированной подсоленной водой из расчета 4-5 л воды на одного работающего в смену. В местах наибольшего выделения тепла необходимо устраивать местные отсосы.

В формовочно-заливочно-выбивном отделении для улучшения условий труда необходимо разрабатывать систему мероприятий по локализации выделений тепла, приточную вентиляцию в месте заливки металла, устройство охлаждающих кожухов для форм на конвейере или для крупных форм, местные отсосы на участке формовки или изготовления стержней из ХТС, а также укрытия стержневых машин герметичным кожухом. Все просыпи должны иметь механизированную уборку. Наибольшее количество профзаболеваний имеют рабочие термообрубного отделения, поэтому охране труда в этом отделении следует уделить особое внимание. Это достигается за счет механизации и автоматизации работы, изоляции наиболее пылящего и шумного оборудования, создания специальных кабин для проведения обрубочных и сварочных работ и т.д.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите основные виды энергии литейных цехов?
2. Что необходимо включить в проект энергетической части цеха?
3. Как рассчитывается расход электроэнергии за год?
4. Какими способами ведутся электрические внутрицеховые сети? 3. Как рассчитывается расход пара литейных цехов?
5. Назовите системы водоснабжения цеха?
6. Чем регламентируются требования к отоплению, вентиляции и кондиционированию помещений литейных цехов?
7. Каковы нормы расхода воды на 1 человека в плавильном отделении на одну смену?
8. Перечислите участки выделения вредных веществ?
9. Рабочие какого отделения литейного цеха имеют наибольшее количество профзаболеваний?
10. Перечислите источники выделения вредных веществ литейных цехов?
11. Что устанавливают в цехах для исключения перерывов в водоснабжении?
12. На какие производственные нужды осуществляется расход воды в литейном цехе?
13. За счет чего можно снизить количество профзаболеваний рабочих литейных цехов?
14. Что должна обеспечивать система отопления цехов?
15. Как рассчитывается общая потребность в топливе?

## **ЛЕКЦИЯ 16.**

### **ТЕМА: СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА**

План лекции

1. Требования к площади строительства цеха.
2. Классификация и типизация зданий.
3. Элементы строительного проектирования.

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

Площадка строительства должна соответствовать следующим требованиям:

оптимальному размещению в промышленном районе населенного пунк-

та, утвержденного соответствующим документом;

наличие необходимого водо- и энергоснабжения;

наличие мест сбора сточных вод и мест вывоза отходов производства;

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

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

исключению использования колхозных, совхозных и других обрабатываемых земель лесного фонда, мест залегания полезных ископаемых, заповедников, охранных зон курортов, активного карста, охранных зон водоснабжения, охранных зон памятников культуры и истории, в зеленых зонах населенных пунктов, в зонах, геологическое строение, а также нынешнее или перспективное состояние которых могут угрожать строительству или эксплуатации предприятия; наличие и удобному расположению площадки для жилищного, бытового и культурного строительства [1-2, 6, 15].

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

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

Задание на строительное проектирование выдается на основании технического проекта цеха или проектных решений.

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

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

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

Плавильное отделение с шихтовых двором размещаются в поперечных (относительно оси здания) пролетах, в таких же пролетах могут быть размещены также склады формовочных материалов и годных отливок, отделения грунтовки отливок и другие.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Этажи должны быть связаны лифтом и лестницами. Размещение связей между этажами проектируется таким образом, чтобы они располагались на небольшом расстоянии и находились в местах наиболее удобных и необходимых. Оборудование должно быть размещено удобно с точки зрения эксплуатации связи с другими технологическими процессами. Расстояние между еди-

нищами оборудования, а также между оборудованием, стенами и колоннами определяется нормами проектирования.

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

Здание литейного цеха должно обеспечить: выполнение принятых технологических процессов в оптимальных условиях; рациональное размещение основного и вспомогательного оборудования; рациональные грузопотоки; необходимые условия труда и технику безопасности; экономическую целесообразность строительства.

При строительном проектировании литейных цехов следует учитывать, что литейные цехи значительно больше, чем другие оснащены транспортными системами, системами вентиляции, кроме того, литейные цехи имеют огне- и взрывоопасные участки, участки повышенного шума [1].

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

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

*Объемно-планировочные и конструктивные решения промышленных зданий.*

*Одноэтажные здания.* Наиболее распространены одноэтажные здания каркасного типа. Конструкциями, несущими нагрузку в них, являются колонны и балки или фермы, соединенные между собой с образованием каркаса. На колоннах крепят ограждающие стены, а на балках и фермах – покрытие.

Рассмотрим схему каркасного, двухпролетного одноэтажного здания с мостовыми кранами и светоаэрационным фонарем (рис. 49).

Основные элементы такого здания – фундаменты, колонны, стены, фермы покрытия, ограждающие элементы покрытия, светоаэрационный фонарь, подкрановые балки, мостовые краны, полы и окна. Фундаменты передают нагрузки от несущих элементов здания на основание – естественный или искусственно-укрепленный грунт. Колонны поддерживают горизонтальные элементы здания и стены, а фермы – плиты покрытия и водонепроницаемую кровлю. Светоаэрационный фонарь обеспечивает естественную вентиляцию и естественное освещение пространства внутри здания. На подкрановых балках устраивают пути мостовых кранов. Мостовые краны перемещают тяжелые грузы по длине, ширине и высоте здания. Полы обеспечивают условия нормальной эксплуатации оборудования, передвижение транспорта и работающих. Окна создают естественное освещение внутри помещения, стены огра-

ждают здание, а также делят его по длине и ширине на части.

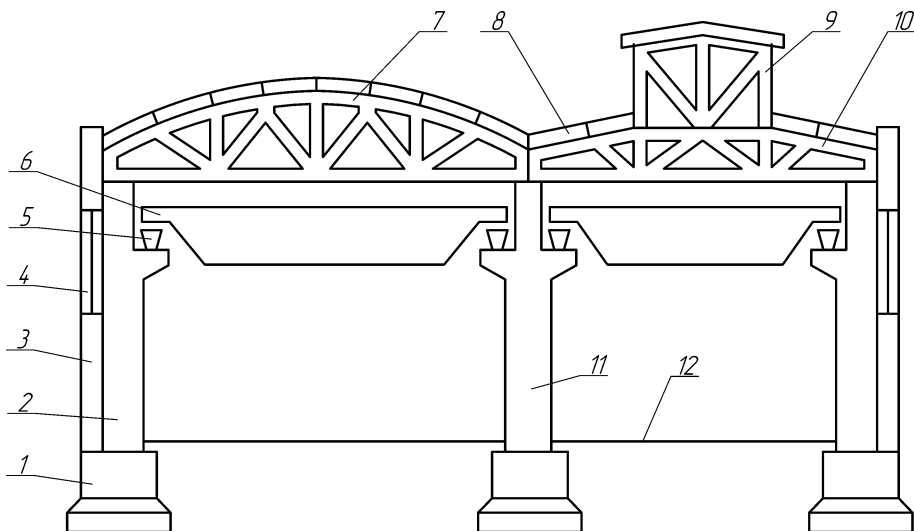


Рис. 49. Схема одноэтажного здания:

- 1 – фундамент; 2 – крайняя колонна; 3 – стена; 4 – окно; 5 – подкрановая балка; 6 – мостовой кран; 7,10 – фермы покрытия; 8 – ограждающие элементы покрытия; 9 – светоаэрационный фонарь; 11 – средняя колонна; 12 – пол

В практике проектирования приводят схематичный план здания. Этот план представляет сетку из разбивочных осей. Оси, пересекающие пролеты (проходящие по ширине здания), называют поперечными, а оси, идущие вдоль здания – продольными. В местах пересечения этих взаимно-перпендикулярных осей (для наиболее распространенных прямоугольных зданий) располагают колонны. Продольные оси обозначают заглавными русскими буквами, а поперечные – цифрами, помещенными в кружочки (рис. 50).

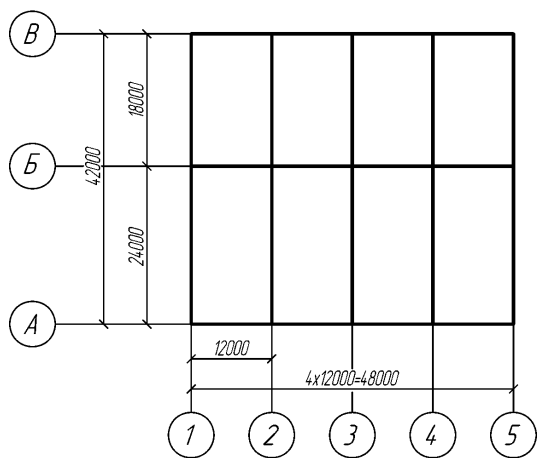


Рис. 50. Схематичный план одноэтажного здания

Расстояние между поперечными осями называют шагом колонн. Он равен 12 м. Размеры пролета и шага колонн строго регламентированы. Пролеты назначают кратными 6000 мм (12, 18, 24, 30 и т.д.), шаг колонн принимают равным 6 или 12 м. Высоту одноэтажного здания измеряют от пола до низа несущих конструкций покрытия (низа ферм или балки).

Установлен следующий ряд высот: 3,6; 4,2; 4,8 м (модуль 600 мм); 6,0;



7,2; 8,4; 9,6; 10,8 (модуль 1200 мм); 12,6; 14,4; 16,2; 18 м и более (модуль 1800 м).

*Многоэтажные здания.* В многоэтажных зданиях междуэтажные перекрытия и опоры несут большие нагрузки от оборудования и людей, поэтому расстояние между колоннами ограничивают 6-12 м. Наиболее распространены здания с пролетами 6 и 9 м и шагом колонн 6 м (рис. 51).

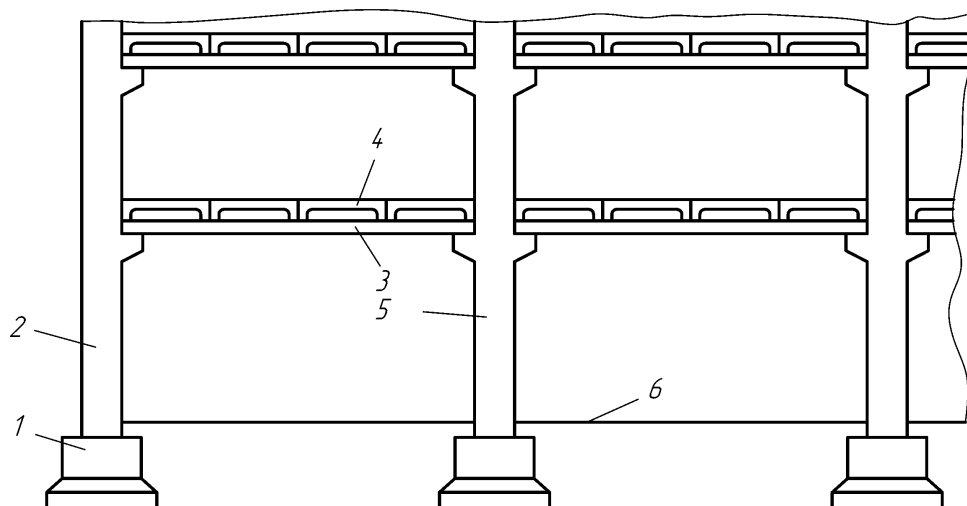


Рис. 51. Схема многоэтажного здания: 1 – фундамент; 2 – крайняя колонна; 3 – ригель; 4 – ребристая плита перекрытия; 5 – средняя колонна; 6 – пол

Высота этажа измеряется от пола до пола, включая междуэтажное перекрытие. Она кратна 1200 мм и равна 3,6; 4,8; 6 м и более. Междуэтажные перекрытия выполняют из типовых ребристых плит, укладываемых на поперечные балки – ригели. Ригели крепят к колоннам. Покрытие многоэтажного здания по конструкции совпадает с покрытием одноэтажного.

Проектирование промышленных зданий, как правило, производят на основе унифицированных габаритных схем, что позволяет ускорить разработку проектов и последующее строительство.

Унифицированные габаритные схемы устанавливают строго определенные размеры пролета, шага колонн и высоты здания, а также комбинации этих размеров для одно- и многопролетных зданий с мостовыми кранами и без кранов. Примеры таких зданий представлены в табл. 80. Проектирование зданий на основе унифицированных габаритных схем позволяет компоновать их каркас и ограждающие конструкции целиком из типовых элементов. При этом обеспечивается широкая взаимозаменяемость конструкций, например, несущих элементы могут быть как железобетонными, так и стальными. Каждый типовой конструктивный элемент может быть применен для любой габаритной схемы при соблюдении соответствующих размеров.

Таблица 80

Габаритные схемы одноэтажных зданий

Пролет, м	Высота здания, м	Грузоподъемность крана, т	Шаг колонн, м	
			крайних	средних
18	12,6	10; 20; 30	6; 12	12
	14,4	10; 20; 30	6; 12	12
24	12,6	10; 20; 30	6; 12	12
	14,4	10; 20; 30	6; 12	12
	16,2	30; 50	6; 12	12
	18,0	30; 50	6; 12	12
30	12,6	10; 20; 30	6; 12	12
	14,4	20; 30	6; 12	12
	16,2	30; 50	6; 12	12
	18,0	30; 50	6; 12	12

*Основания и фундаменты.* Основание – слой грунта, воспринимающий нагрузки от здания. Основание называют естественным, если грунт используют в природном состоянии без мероприятий по изменению его свойств. Если такие мероприятия применяют, то оно становится искусственным. Распространены следующие естественные основания: песок, глина, обломочный, скальный и вечномерзлый грунты. Песок считают хорошим, малосжимаемым основанием. Высокой несущей способностью обладают скальный и обломочный грунты (залегающие у поверхности земли горные породы или обломки горных пород, булыжник, гравий). Сухая глина малосжимаема, а влажную относят к ненадежным основаниям. Последняя при замерзании расширяется, создавая неравномерность несущей способности. Если неравномерность возникает по площади одного здания, то она приводит к опасным деформациям и возможности разрушения здания. Вечномерзлый грунт в природном состоянии обладает высокой несущей способностью, однако при оттаивании она может снизиться до нуля.

Если грунт, способный нести нагрузку от здания, залегает на небольшой глубине (до 5 м), то устраивают песчаные подушки. При этом пласт слабого грунта заменяют уплотненным песком. Используют также сваи, которые погружают в грунт и связывают сверху плитой.

Фундаменты бывают ленточные, столбчатые, свайные и сплошные. Ленточные фундаменты устраивают под несущие стены. Они являются продолжением стен по всему периметру здания под землей. Столбчатые выполняют в виде системы отдельно стоящих опор для колонн, сплошные – в виде большой плиты под всей площадью здания. Свайные фундаменты состоят из отдельных свай, погруженных в грунт и связанных плитой-ростверком.

Ленточные фундаменты (рис. 52) составляют из двух бетонных блоков – стеновых и блоков-подушек. Стеновые блоки делают без арматуры, сплошными или с пустотами. Блок-подушки используют для увеличения площади подошвы фундамента. Они армированы сварными сетками.

Столбчатые фундаменты (рис. 53) в плане имеют квадратную или прямо-

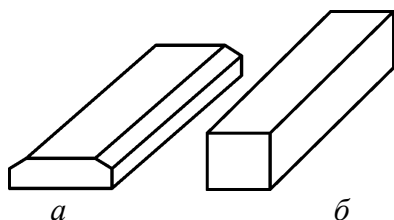


Рис. 52. Ленточный фундамент:  
а – блок-подушка; б – стеновой блок

Высота фундамента 1200-3000 мм, глубина стакана 800-1250 мм. Фундамент армирован сварными сетками.

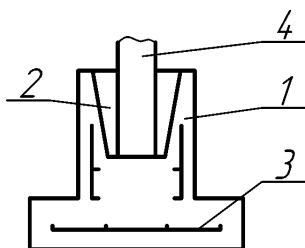


Рис. 53. Столбчатый фундамент:  
1 – подколонник; 2 – стакан;  
3 – арматура; 4 – колонна

Распространены сваи сечением от 200×200 до 400×400 мм, длиной от 5 до 20 м. Применяют также полые сваи диаметром 600-1200 мм.

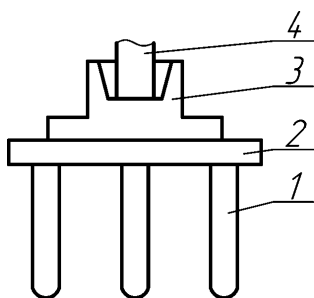


Рис. 54. Свайный фундамент:  
1 – свая; 2 – подколонник;  
3 – ростверк; 4 – колонна

Фундаменты под колонны принимают столбчатыми или свайными, в большинстве случаев монолитными. Свайные фундаменты используют в районах вечномерзлых грунтов и при слабых грунтах.

*Колонны.* Колонны служат для поддержания покрытий, перекрытий,

угольную форму. Наиболее распространены столбчатые фундаменты стаканного типа. Они имеют в верхней части – подколоннике – гнездо (стакан), куда устанавливают колонну. После введения колонны оставшийся объем стакана заполняют бетоном.

Столбчатый фундамент под стальные колонны отличается от обычного отсутствием стакана и наличием в подколоннике анкерных болтов, заложенных в него при изготовлении. Колонну прикрепляют с помощью болтов и гаек.

Основными элементами свайного фундамента (рис. 54) являются погруженные в грунт сваи, верх которых связан железобетонной плитой-ростверком. Сваи погружают в грунт механическим забиванием, вибрированием или набиванием бетона в заранее подготовленную скважину. В последнем случае их называют набивными.

Сваи размещают рядами или в шахматном порядке на расстоянии между осями от трех до пяти их диаметров (размеров). Такие фундаменты имеют преимущества перед обычными из-за сокращения объема земляной работ, отсутствия необходимости в водоотливе.

На практике фундаменты редко закладывают на глубину меньше 1 м за исключением скальных оснований. Глубину заложения фундаментов внутренних стен и колонн отапливаемых зданий принимают независимо от глубины промерзания, поскольку грунт промерзает только по периметру такого здания.

стен и мостовых кранов. Они бывают железобетонные и металлические. По месторасположению в здании различают средние и крайние колонны. Колонны – унифицированные элементы заводского изготовления с определенными размерами и формой. Их специально выпускают для одноэтажных и многоэтажных зданий, для зданий с мостовыми кранами и без кранов.

Колонны для одноэтажных зданий высоты до 9,6 м без мостовых кранов (рис. 55, *а*) представляют железобетонные опоры прямоугольного сечения размерами 400×400 или 500×500 (600) мм, длиной 3600-9600 мм. Средние колонны имеют вверху двухсторонние консоли для установки несущих конструкций покрытия. Колонны снабжены металлическими закладными деталями, прикрепленными внутри к арматуре. Это выступающие на поверхность пластины или уголки, предназначенные для присоединения с помощью сварки стен и конструкций покрытия.

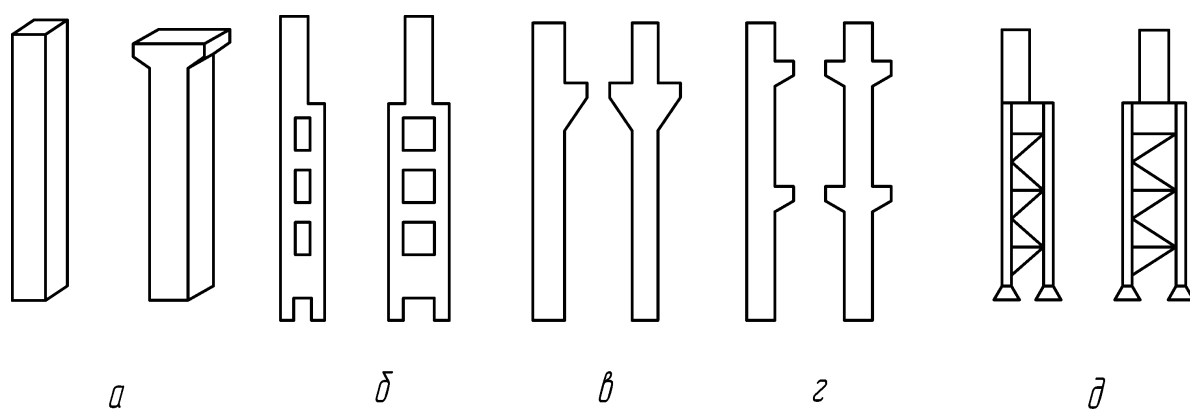


Рис. 55. Колонны:

- а* – для низких одноэтажных зданий без мостовых кранов;
- б* – двухветвевые; *в* – для одноэтажных зданий с мостовыми кранами;
- г* – для многоэтажных зданий (все железобетонные); *д* – металлические

Для одноэтажных высоких зданий применяют двухветвевые железобетонные колонны (рис. 55, *б*). Их также устанавливают в зданиях с мостовыми кранами. Нижняя часть этих колонн состоит из двух ветвей, соединенных перемычками, верхняя – сплошная.

В низких зданиях с мостовыми кранами используют колонны прямоугольного сечения с консолями (рис. 55, *в*). На консоли с помощью закладных металлических деталей крепят подкрановые балки. Сечение колонн 400×600 или 500×600 мм.

Для многоэтажных зданий применяют подобные колонны с двумя консолями (рис. 55, *г*). Если здание имеет более двух этажей, колонны скрепляют одна с другой с помощью сварки. Для административно-бытовых корпусов предусмотрены колонны меньшего сечения 300×300 мм.

Металлические колонны (рис. 55, *д*) используют в зданиях большой высоты, с большими пролетами, оборудованных мостовыми кранами повышенной грузоподъемности, с двухъярусным расположением кранов, с горячими

участками, возводимых на вечномёрзлых грунтах или в отдаленных точках. Они имеют двухступенчатую конструкцию. Верхняя часть их сплошная, двутаврового сечения, нижняя – решетчатая, двухветвевая швеллерного или двутаврового сечения. Две ветви соединены решеткой из уголков. Низ колонн заканчивается башмаками с отверстиями или вырезами для крепления к анкерным болтам фундамента.

Колонны выбирают стальные или железобетонные. Стальные применяют в зданиях, высотой более 18 м, при двухъярусном расположении мостовых кранов, с мостовыми кранами, грузоподъемностью более 75 т, в зданиях с пролетами более 24 м или с шагом колонн более 12 м, в пиromеталлургических цехах, в многоэтажных зданиях с тяжелым оборудованием, в зданиях, возводимых на вечномёрзлых грунтах или в труднодоступных районах. В остальных случаях используют железобетонные колонны.

*Стены.* Наружные стены – ограждающие конструкции, защищающие производственное помещение от атмосферных воздействий. В зависимости от характера работы они бывают несущие, если воспринимают нагрузки от покрытия, перекрытия, собственного веса и передают их на фундаменты; ненесущие, когда несут нагрузку лишь от собственного веса в пределах одной-двух панелей и передают ее на колонны; самонесущие, испытывающие нагрузку от собственного веса, но не воспринимающие нагрузок от покрытий и перекрытий (последние передаются на колонны каркаса).

В связи с индустриализацией строительства наиболее распространены стены из крупных бетонных блоков и стеновых панелей. Применяют также стены из асбоцементных листов и профилированных металлических конструкций [2].

Крупные стеновые блоки изготавливают из легких бетонов. Они имеют толщину 300-500 мм, высоту 600 и 1200 мм, длину 1000, 1500 и 2000 мм. Блоки укладывают в стены на цементном растворе.

Стеновые панели – это железобетонные плиты длиной, равной шагу колонн (6 или 12 м), и шириной 1,2 или 1,8 м. Широкое распространение получили следующие виды панелей: однослойные из легких бетонов (керамзитобетонные) толщиной 200-300 мм; однослойные из особо легких бетонов толщиной 200-300 мм; трехслойные, состоящие из двух слоев железобетона с минераловатным утеплителем между ними, толщиной 280-300 мм; однослойные ребристые для неотапливаемых зданий толщиной 30 мм и высотой ребер 120 мм; однослойные плоские для неотапливаемых зданий толщиной 70 мм.

Панели имеют простую конструкцию (рис. 56). Внутри они армированы сварными сетками и каркасами. Для крепления к колоннам в панелях предусмотрены закладные металлические детали. Низ панели обычно устанавливают на опорный столик – уголок, приваренный к закладной детали колонны, а верх скрепляют с колонной с помощью уголков или соединением закладных деталей стержнями с помощью сварки. Горизонтальные швы между панелями заполняют эластичной прокладкой из синтетического материала и цементно-

песчаным раствором, вертикальные швы – только раствором.

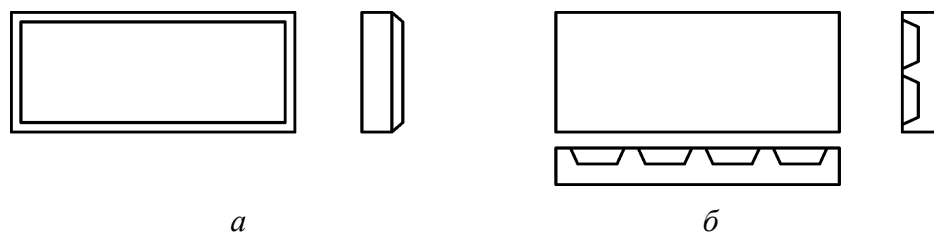


Рис. 56. Стеновые панели:  
а – плоская; б – ребристая

*Покрытия.* Покрытия или крыша здания состоит из двух частей: несущей и ограждающей. Верхняя, ограждающая часть защищает помещения от атмосферных осадков, температурных воздействий, а нижняя, несущая поддерживает ограждающую и передает нагрузки на фундамент (колонны). Покрытие бывает плоское (горизонтальное) и скатное (с уклоном). Основными несущими элементами покрытия являются: стропильные железобетонные балки и фермы; стропильные металлические фермы; подстропильные железобетонные балки и фермы; подстропильные металлические фермы.

Стропильные балки (рис. 57, а, б) изготавливают из предварительно напряженного железобетона. Они имеют сплошное двутавровое сечение. Их применяют для покрытия зданий с небольшими пролетами (до 18 м).

Стропильные железобетонные фермы (рис. 57, в, г, д) удобны тем, что через межферменное пространство пропускают трубопроводы и другие коммуникации или там устраивают дополнительный технический этаж. Их применяют для покрытия зданий с пролетами до 30 м.

Стропильные металлические фермы (рис. 57, е, ж) применяют для зданий с большими пролетами (до 36 м) или выполненных в металлическом каркасе. Фермы имеют решетчатую конструкцию. Решетку делают из сдвоенных уголков с зазором с помощью сварки.

Подстропильные конструкции служат для поддержания промежуточных стропильных ферм и балок, которые располагаются не над колоннами (рис. 57, з). Их применяют в том случае, когда шаг колонн здания равен 12 м, а плиты покрытия имеют длину 6 м. Подстропильные балки или фермы устанавливают вдоль здания в направлении шага колонн. Их длина 12 м.

Стропильные и подстропильные конструкции крепят к колоннам с помощью сварки закладных металлических элементов или резьбовым соединением (для стальных конструкций).

Ограждающая часть покрытия состоит из нескольких слоев: настила, пароизоляции, утеплителя, выравнивающего слоя и кровли.

Пароизоляцию устраивают по плитам покрытия. Она служит для предотвращения доступа паров внутреннего воздуха в слой утеплителя. При небольшой влажности ее выполняют в виде смазки битумной мастикой плит настила, при большой влажности настил покрывают одним-двумя слоями рубе-

роида.

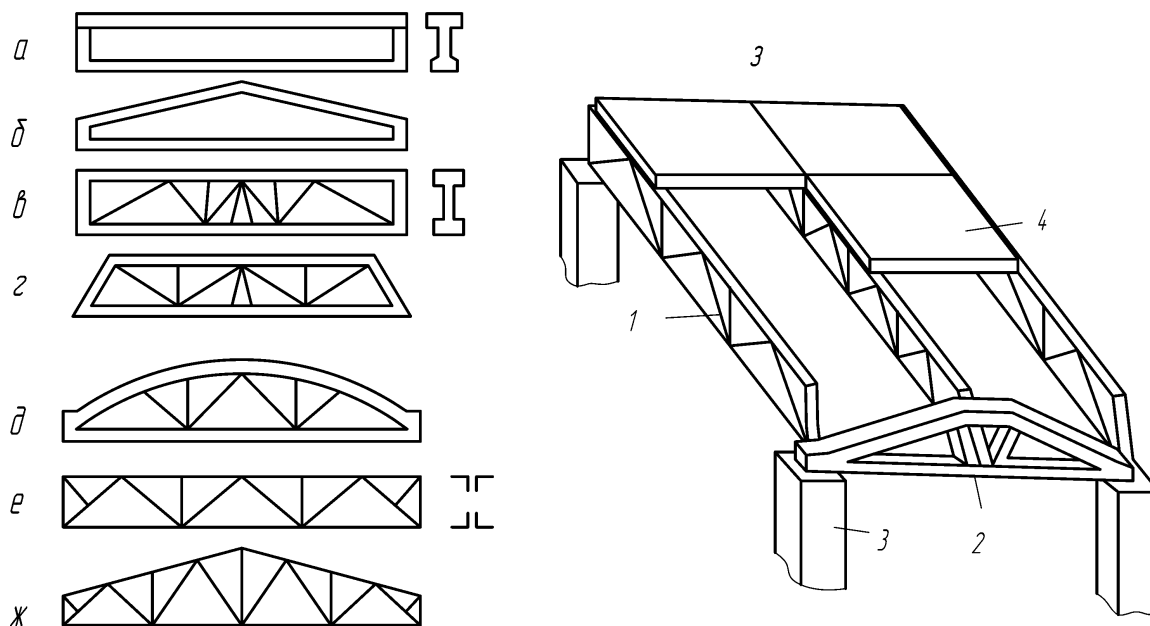


Рис. 57. Несущие конструкции покрытия:

*a* – балка под плоскую кровлю; *б* – балка под скатную кровлю; *в*, *г* – фермы под плоскую кровлю; *д* – ферма под скатную кровлю; (все стропильные, железобетонные); *е* – металлическая страдальная ферма под плоскую кровлю; *ж* – металлическая стропильная ферма под скатную кровлю; 3 – установка несущих конструкций; 1 – строительная ферма; 2 – подстропильная ферма; 3 – колонна; 4 – плита покрытий

Утеплитель служит для поддержания внутри помещения необходимой температуры. Его выполняют из легких железобетонных или минераловатных плит толщиной 60-200 мм. Поверх утеплителя устраивают выравнивающий слой, который образует ровное основание для наклеивания кровли. Этот слой делают из цементного раствора или из асфальта. Толщина слоя 15-25 мм.

Кровля в промышленном строительстве бывает в основном рубероидной, толевой и асбоцементной. Распространены рубероидная кровля, представляющая несколько слоев этого материала, наклеенной с помощью битумной мастики на выравнивающий слой.

**Фонари.** Фонарь – надстройка на покрытии, направленная вдоль здания (рис. 58). Он служит для естественного освещения и вентиляции помещений. Каркас фонаря выполняют из металлических ферм (имеются также фермы покрытия здания, совмещенные с фермой фонаря). Он имеет покрытие такое же, как и у здания.

Его торцы закрывают легкими железобетонными панелями или асбоцементными листами. Боковые стены делают остекленными с открывающимися окнами.

Ширина фонарей 6 или 12 м, высота оконных проемов 1,5-3,5 м, по длине он не доходит до торца здания на 6 м. Остекление бывает одно- или двухрядное с верхнеподвесными горизонтально открывающимися наружу оконными переплетами. Открывание переплетов производят из помещения с помощью дистанционных механизмов.

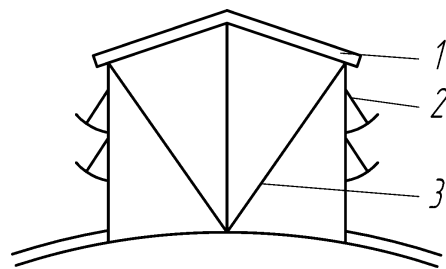


Рис. 58. Фонарь: 1 - покрытие; 2 - окна; 3 - каркас

**Полы.** Конструкция пола зависит от того, где его устраивают: по грунту или по межэтажному перекрытию. Пол, лежащий на грунте, в общем случае состоит из следующих элементов: основания, гидроизоляции от грунтовых вод, подстилающего слоя, гидроизоляции от производственных вод и покрытия (рис. 59). В частных вариантах те или иные элементы могут отсутствовать.

Покрытие пола бывает сплошное, из штучных и рулонных материалов. Сплошными являются бетонные, цементные, асфальтовые и мозаичные покрытия. Бетонное и мозаичное покрытия выполняют из слоя бетона толщиной 25-30 мм с шлифованием поверхности. Цементное покрытие делают из цементно-песчаного раствора толщиной 20-25 мм, а асфальтовое – из асфальтобетона толщиной 45-50 мм.

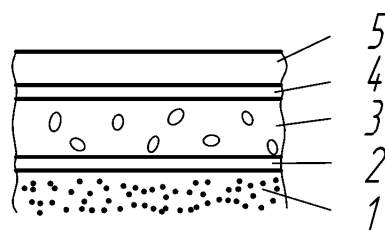


Рис. 59. Элементы пола по грунту: 1 - основание; 2 - гидроизоляция от грунтовых вод; 3 - подстилающий слой; 4 - гидроизоляция от производственных вод; 5 - покрытие

В полах многоэтажных зданий, устраиваемых по перекрытию (рис. 60), роль подстилающего слоя выполняет плита междуэтажного перекрытия.

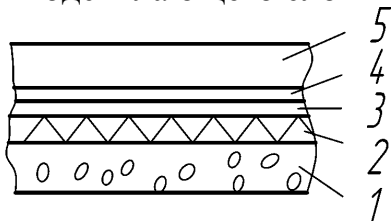


Рис. 60. Элементы пола по перекрытию: 1 - плита перекрытия; 2 - тепло- и звукоизоляционный слой; 3 - выравнивающий слой; 4 - гидроизоляция; 5 – покрытие

Гидроизоляцию и покрытие пола устраивают на выравнивающий слой из цемента, компенсирующий неровности нижележащих плит. При необходимости выше плиты перекрытия укладывают слой тепло- и звукоизоляции. Если нужно обеспечить наклон пола для стока жидкостей, добавляют слой шлакобетона.

**Окна, ворота.** Окна предназначены для естественного освещения и проветривания помещений.

В промышленных зданиях чаще применяют ленточное остекление – непрерывное остекление без простенков между оконными проемами (рис. 61). Оконные проемы в стене заполняют оконными панелями. Панели имеют длину 6 м и высоту 1,2 или 1,8 м. Их размеры совпадают с размерами стеновых панелей. Оконные панели изготавливают из стали и крепят к колоннам с по-



мощью сварки.

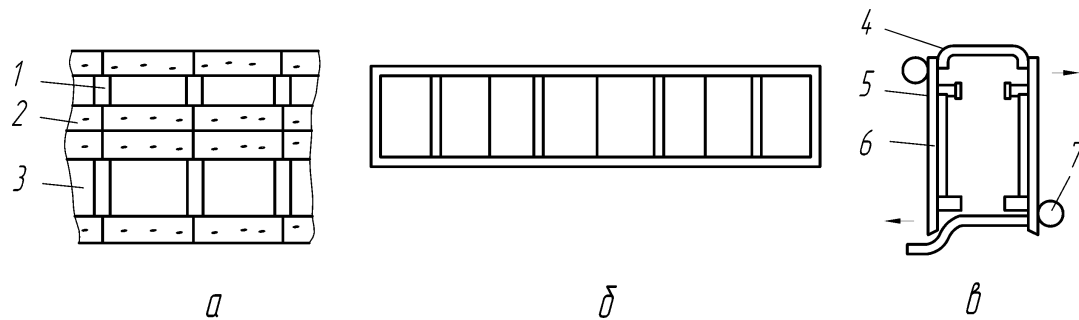


Рис. 61. Ленточное остекление:

*а* – схема остекления; *б* – оконная панель; *в* – коробка с двумя створными переплетами; 1 – колонна; 2 – стеновые панели; 3 – оконные проемы; 4 – коробка оконной панели; 5 – переплет; 6 – стекло; 7 – механизм открывания окна

Вертикальными ребрами оконная панель разделена на несколько коробок, в которые вставляют переплеты – металлические рамы со стеклами. В одну и ту же коробку могут быть вставлены одинарные и двойные переплеты, то есть они могут иметь одну или две плоскости стекла. Переплеты бывают глухие (неоткрывающиеся) и створные (открывающиеся). Для открывания высоко расположенные окна снабжают дистанционно управляемыми механическими или электрическими приборами.

Ворота промышленных зданий делят по способу открывания на распашные, раздвижные, откатные и подъемные (рис. 62), а по числу полотен – на однопольные и двухпольные.

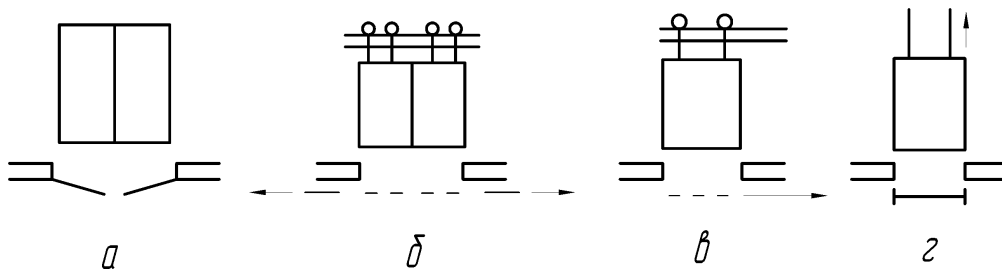


Рис. 62. Ворота промышленных зданий:

*а* – распашные; *б* – раздвижные; *в* – откатные; *г* – подъемные

Распашные ворота навешивают с помощью петель на вертикальную ось, прикрепленную к раме, раздвижные и откатные подвешивают на роликах,двигающихся по верхнему рельсу, подъемные – на тросах. Ворота имеют размеры в зависимости от применяемого в цехе транспорта: 2,4×2,4; 3,0×3,0; 3,6×3,0; 3,6×3,6; 3,6×4,2 и 4,8×5,4 м.

*Чертежи планов и разрезов зданий.* Чертежи планов, разрезов их элементов и деталей являются отдельной частью проекта и маркируются АС (архитектурные строительные).

Назначение этих чертежей – показать объемно-планировочное и конструктивное решение проектируемого здания, а также их внутренний и наружный вид.

Планом этажа здания является проекция разреза здания горизонтальной плоскостью на уровне оконных проемов.

План этажа – отражает размер и форму здания; размер, форму и взаимное расположение отдельных помещений, оконных и дверных проемов; конструкции стен, колонн и других конструктивных элементов здания. На плане указывают размеры и расположение технологического и подъемно-транспортного оборудования. Рельсовые пути и контуры основного оборудования выполняют сплошными линиями; подкрановые пути, мостовые краны, кран-балки, подпольные каналы для различных коммуникаций – штриховыми линиями и сопровождают поясняющими надписями. Отмеченное на плане технологическое оборудование нумеруют в соответствии с порядковым номером экспликации. Перечисленные выше элементы и оборудование изображают на планах условными обозначениями, предусмотренными ГОСТ 21.501-93 «Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей».

Разрезы – выявляют конструкции здания (конструктивные), высоты отметок уровня полов, площадок, окон и др. При выполнении архитектурно-строительной части дипломного проекта выполняется поперечный разрез левой или правой части здания (проекция, полученная вертикальной секущей плоскостью). Направление взгляда для разреза по плану здания принимают, как правило, снизу вверх и справа налево. Разрезы выполняют в масштабах 1:50, 1:100 или 1:200. В разрезах проставляют размеры расстояний между разбивочными осями, высоты здания в свету, толщины перекрытий, высоты оконных и дверных проемов, а также показывают отметки в метрах конструктивных элементов (уровень пола, этажей, верха колонн, служащих опорной несущей конструкцией, различных площадок и т.д.).

Обозначение координатных осей – производят в соответствии с ГОСТ 21.101-97. Они наносят тонкими штрих пунктирными линиями с длинными штрихами, обозначают арабскими цифрами (по стороне здания с большим количеством осей) и прописными буквами русского алфавита за исключением букв Ё, З, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ, Ы в кружках диаметром 6-12 мм.

Последовательность цифровых и буквенных обозначений координатных осей принимают по плану слева направо и снизу вверх.

Обозначение координатных осей, как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания и сооружения.

При несовпадении координатных осей противоположных сторон плана, обозначения указанных осей в местах расхождения дополнительно наносят по верхней или правой сторонам.

Для отдельных элементов, расположенных между координатными осями основных несущих конструкций, наносят дополнительные оси и обознача-

ют их в виде дроби:

над чертой указывают обозначение предшествующей координационной оси;

под чертой – дополнительный порядковый номер в пределах участка между смежными координационными осями.

Отметки уровней (высоты, глубины) элементов конструкции, оборудования, трубопроводов, воздуховодов и др. от уровня отсчета (условной «нулевой» отметки) обозначают условным знаком в соответствии с рис. 62 и указывают в метрах с тремя десятичными знаками, отделенными от целого числа запятой.

«Нулевую» отметку, принимаемую, как правило, для поверхности какого-либо элемента конструкции здания или сооружения, расположенного вблизи планировочной поверхности земли, указывают без знака; отметки выше нулевой – со знаком «+», ниже нулевой – со знаком «-».

На видах (фасадах), разрезах и сечениях отметки указывают на выносных линиях или линиях контура в соответствии с рис. 63, на планах – в прямоугольнике в соответствии с рис. 64, за исключением случаев, оговоренных в соответствующих стандартах СПДС.

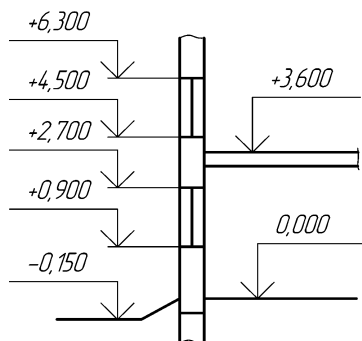


Рис. 63

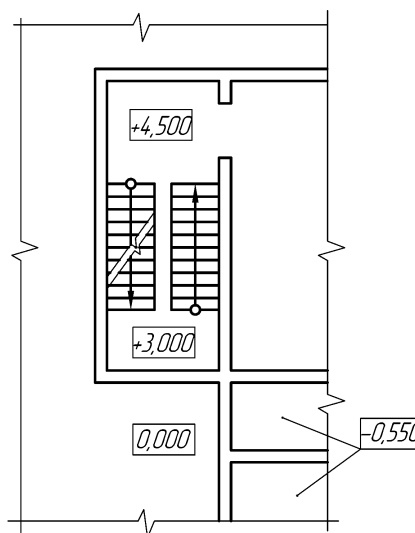


Рис. 64

### Контрольные вопросы.

1. Какие факторы учитываются при выборе здания цеха.
  2. Что определяет связь цеха с транспортными системами завода.
  3. Обоснование выбора этажности зданий цехов.
  4. Классификация оснований и фундаментов зданий цехов.
- Принципы выбора.
5. Назначение колонн. Принцип выбора для литейных цехов.
  6. Освещение и вентиляция литейных цехов.

7. Стены. Классификация. Принципы выбора.
8. Покрытия. Назначение. Классификация.
9. Назначение чертежей плана и разреза зданий.
10. Основные требования к проектной документации для строительства.

## **ЛЕКЦИЯ 17.**

### **ТЕМА: ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОПОТОКОВ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

План лекции

1. Введение. Межцеховые и внутрицеховые транспортные средства.
2. Электротележки. Краны. Конвейера. Питатели. Пневмотранспортные установки.
3. Нормы для проезда различных транспортных средств.
4. Заключение.

Литейное производство характерно многократным перемещением больших количеств различных насыпных и штучных грузов, поэтому транспортные операции в нем по трудоемкости являются важной составляющей производственного процесса. Следовательно, при проектировании литейных цехов механизации транспортных операций необходимо уделять большое внимание.

В зависимости от зоны действия транспортные средства литейного цеха подразделяют на межцеховые и внутрицеховые.

Межцеховые перевозки грузов литейного производства обычно выполняют автотранспортом, а также самоходными электро- и автотележками (карами), тягачами, авто- и электропогрузчиками с широким применением стандартной и специальной тары, позволяющей свести к минимуму число перегрузочных операций. Отходы формовочных смесей транспортируют автосамосвалами, а при дальних отвалах железнодорожным транспортом, который используют также для перевозки крупных отливок в отдельно расположенные здания обрубных отделений и в механические цехи.

Сухой формовочный песок, молотые уголь и глину транспортируют с базисных складов непосредственно к местам потребления пневматическими установками. Для транспорта песка, особенно при больших производительностях, применяют также ленточные конвейеры, устанавливаемые в галереях, и элеваторы [1].

Наиболее часто используемые машины тележечного безрельсового транспорта: аккумуляторные электротележки (электрокары) с подъемной платформой или вилами грузоподъемностью  $Q = 1-2$  т; электропогрузчики с  $Q = 0,5-3,2$  т, /ч.

Электротележки с неподвижной платформой применяют редко из-за необходимости установки грузоподъемных механизмов в пунктах их загрузки и разгрузки. Машины с двигателем внутреннего сгорания применяют преимущественно для транспорта между складами.

Внутрицеховой транспорт служит для обеспечения перевозок грузов внутри цеха и включает в себя как системы транспорта периодического действия, так и непрерывного действия. Как правило, в цехе сочетаются эти два вида транспорта.

Транспорт периодического действия включает в себя мостовые и другие краны (козловые, консольные, грейферные с магнитной шайбой и др.), кранбалки, электротельферы, пневматические и скиповые подъемники, склизы, скаты и др.

Транспорт непрерывного действия включает в себя различного рода конвейеры (ленточные, пластинчатые, винтовые, подвесные, цепные, ковшевые, элеваторные, тележечные различных типов, роликовые, вибрационные и др.), трубопроводы (пневмотранспорт, гидротранспорт) [1, 6, 15].

Кроме основного транспортного оборудования во внутрицеховом транспорте используются вспомогательные транспортные устройства в виде питателей разных видов (ленточных - рис. 65, порционных), передаточных тележек, как приводных, так и толкательных. Транспортные системы оборудуются также бункерами (основными и промежуточными), перегружателями, плужками-сбрасывателями, затворами, и другими механизмами, обеспечивающими надежную совместную работу их с транспортными системами и технологическим оборудованием.

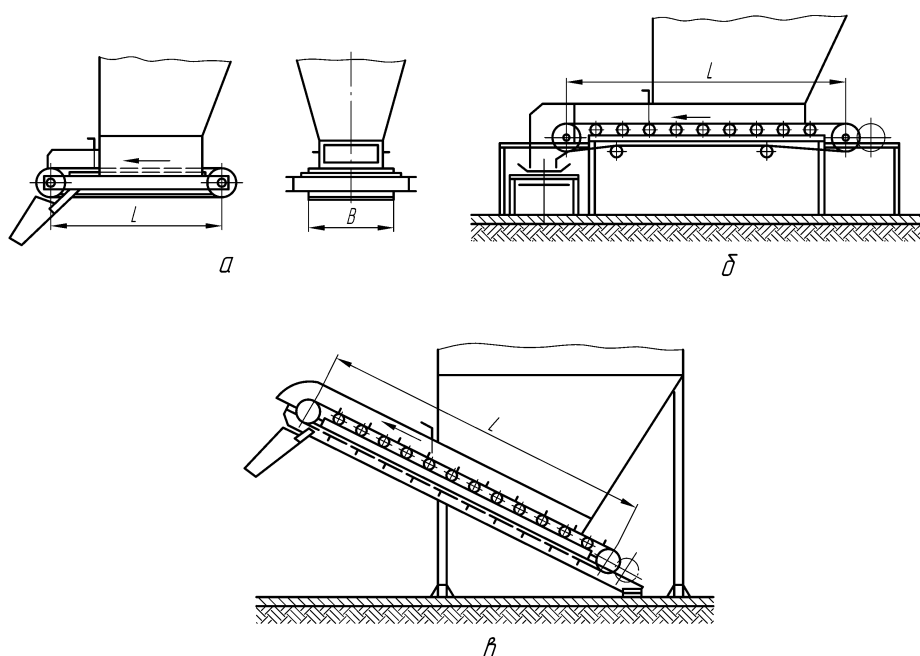


Рис. 65. Ленточные питатели стационарные:

*a* – подвесной; *б* – опорные горизонтальные; *в* – опорные наклонные  
 Выбор вида транспорта и грузоподъемного оборудования в литейном

цехе в значительной мере зависит от характера производства литейного цеха, выбранного технологического оборудования, массы литья и других факторов, связанных с обеспечением заданной производительности основных и вспомогательных технологических линий [19].

Наиболее широко при транспортировке грузов в смесеприготовительных, формовочно-заливочно-выбивных, стержневых и обрубных отделениях применяются ленточные конвейеры с шириной ленты от 500 до 1600 мм. Угол наклона к горизонту таких конвейеров определяется видом транспортируемого материала, и составляют от 16 до 23 град, для песков, формовочных смесей и отходов (большие углы наклона – для сырых материалов и влажных формовочных смесей, меньшие – для сухих материалов). Пластинчатые конвейеры выполняются стационарными и служат для транспортирования кокса, известняка, литников и горячих отливок. Тележечные конвейеры, предназначенные для транспортировки литейных форм при поточном производстве отливок в горизонтальной плоскости, или пространственные для ярусного расположения охлаждающих ветвей (угол подъема трассы – 6 град.).

Для подъема насыпных грузов широко применяются различного рода элеваторы – ковшевые, ленточные. Имеются также элеваторы цепные по ГОСТ-2038-77 с круглозвенными нитроцементированными, износостойкими цепями для транспортирования материалов с объемной массой до 2 т/м<sup>3</sup>.

Винтовые конвейеры применяются главным образом для транспортирования молотых глины и угля, а также раздачи этих материалов по бункерам.

В литейных цехах широко используются подвесные конвейеры грузонесущие и толкающие. Грузонесущие конвейеры служат для транспортирования отливок мелких форм, литников и других грузов (табл. 81).

Таблица 81

Подвижные грузонесущие конвейеры

Модель	Грузоподъемность, кг	Шаг цепи, мм	Скорость движения цепи, м/с	Мощность привода, кВт	Максимальный угол подъема, град.	Максимальная производительность конвейера, подвесок/ч
ГН-12	25	200	0,01-0,66	0,55-1,5	90	6000
ПНЦ-80	250	80	0,005-0,4	0,6-4,0	60	3000
ПНЦ-100	500	100	0,005-0,393	0,75-75	45	3540
ПНЦ-160	800	150	0,008-0,393	1,1-17	45	2210

В пневмотранспортных установках порошкообразные, мелкозернистые и мелкокусковые материалы перемещаются по трубопроводу в воздушной струе. Воздух движется по трубопроводу вследствие разности давлений в начале и в конце трубопровода, создаваемой нагнетательными или вакуумными насосами. Соответственно пневмотранспортные установки подразделяют на нагнетательные и всасывающие (вакуумные). В литейных цехах пневматиче-

ский транспорт применяют для пылевидных глины, бентонита, угля, а также для сухого формовочного песка. По трубопроводам эти материалы подаются со складов к смесеприготовительным установкам. Пневмотранспортными системами оборудуют установки для размола глины и угля с пневматическим отбором продуктов помола. Установки всасывающего типа можно применять в литейных цехах также для пневмоуборки пыли (рис. 66, 67).

При выборе подъемно-транспортного оборудования следует учесть, что пролет крана связан шириной пролета здания в зависимости от грузоподъемности крана (табл. 82). При установке кранов различной грузоподъемности на общих подкрановых путях ширину пролета принимают по наибольшей грузоподъемности.

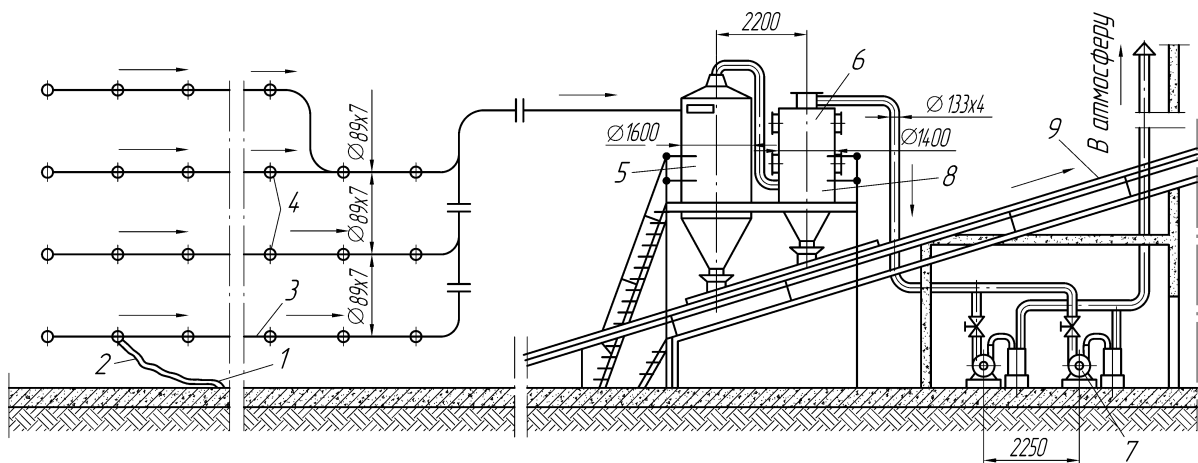


Рис. 66. Пневматическая установка для уборки пыли

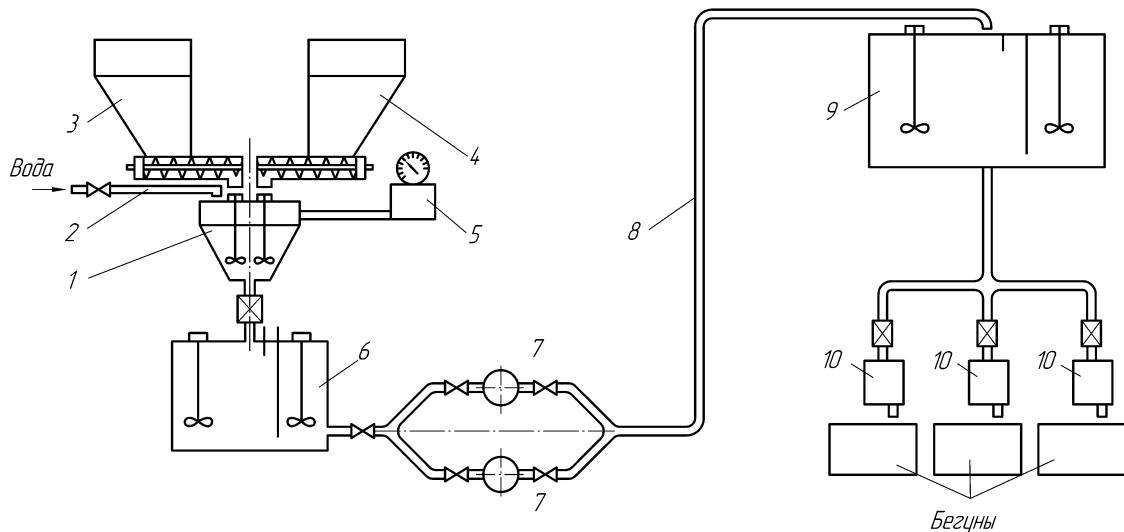


Рис. 67. Схема трубопроводного транспорта глинисто-угольной суспензии

Недоходы кранового крюка главного и вспомогательных подъемов не одинаковы. Наибольшие недоходы главного крюка, а также крюка вспомогательного подъема для кранов различной грузоподъемности показаны

в табл. 83.

Таблица 82

Размеры пролетов кранов и зданий			
Ширина пролета здания, м	Ширина пролета крана, м, при грузоподъемности кранов		
	до 15т	20-75т	75 т
12	11	10,5	-
18	17	16,5	16,0
24	23	22,5	22,0
30	29	28,5	28,0
36	35	34,5	34,0

Таблица 83

Недоходы крюков главного и вспомогательного подъемов до оси подкранового рельса					
Вид крюка	Недоход, мм, при грузоподъемности крана				
	5 т	15 т	30 т	75-125 т	150-250т
Главного	1100	1300	1600	1900	2500
Вспомогательного	2700	3200	2250	3800	1000

Величину недохода необходимо учитывать при выборе ширины пролета здания, при этом ось крюка должна доходить до центра оборудования которое он обслуживает, чтобы исключить оттяжку крюка в сторону, что запрещено техникой безопасности.

Выбор кранового оборудования для обслуживания отделений цеха рассматривается для каждого отделения по соответствующим нормам. При расчете количества потребных транспортных средств, предназначенных для выполнения соответствующих операций, необходимо провести оценку количества выполняемых работ по массе и длине пути перемещения грузов. При этом учитывается количество форм, стержней и других, подлежащих транспортировке грузоподъемным или другим устройством в течение года по принятой годовой программе. Необходимо посчитать среднюю величину передач форм, стержней по принятой отливке-представителю и установить общее количество операций в год для перемещения детали (отливки). Затем устанавливается среднечасовое количество транспортных операций, и средняя занятость системы по времени для осуществления перемещения детали (отливки) с учетом простоев транспортного устройства на профилактику, ремонт и производительность транспортной системы (скорость выполнения операций).

Разделив среднечасовое количество транспортных операций на среднюю занятость и производительность транспортной системы, устанавливают потребное количество транспортных систем, которое округляется до большего целого, что и является принятым количеством транспортных систем. Такие расчеты выполнять сложно из-за отсутствия достоверных данных по скоростям выполнения тех или иных транспортных операций, поэтому в практике расчеты транспортных систем, в частности кранов, ведут упрощенно, исходя



из длины обслуживаемого пролета, считая, что в литейном цехе кран должен обслуживать до 30-50 м пролета [1].

Вдоль наружных остекленных стен следует предусматривать проезд для различных транспортных средств (табл. 84).

Под проезд автомобиля, ширину пути следует принимать равной 5,0-6,0 м.

Таблица 84

Электрокары			Электропогрузчики			Однобалочный кран		Электротележки по рельсовому пути			Автомобиль – грузоподъемность	
Максимальный размер транспортируемых грузов или тары с грузом, м												
0,8	1,5	2,0	0,8	1,5	2,0	1,5	3,0	1,5	2,2	2,6	1,0	5,0
2,0	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0	2,5	4,0	2,5	3,5	4,0	-	-
2,5	3,0	3,5	3,0	3,5	4,5	3,0	4,5	3,0	4,0	4,7	-	-
3,0	3,5	4,0	3,5	4,0	5,0	-	-	-	-	-	4,5	5,5
3,5	4,0	4,5	4,0	4,5	5,5	-	-	-	-	-	5,0	6,0
2,0	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0	2,5	4,0	-	-	-	-	-
3,3	3,8	4,8	3,8	4,3	5,3	3,8	5,3	-	-	-	-	-
2,0	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0	2,5	4,0	-	-	-	-	-
4,0	4,5	5,0	4,5	5,0	6,0	4,5	6,0	-	-	-	-	-

Для обслуживания отдельных рабочих мест применяют местные подъемно-транспортные устройства: консольные краны, краны-балки, монорельсовые пути, электротельферы и пневматические подъемники.

В заключении, хотелось бы отметить, что для оценки эффективности проектирования литейного цеха и установления выгодности его реализации в условиях реального времени необходимо определить основные технико-экономические показатели цеха.

Оценка эффективности проекта сводится, в первую очередь, к необходимости возместить инвестиции в проект через определенный промежуток времени, а также к получению достаточной прибыли. Реализация проекта в настоящее время невозможна без инвестиций, т.е. помещения капитала, денежных средств.

Типизация литейных заводов имеет целью сокращение объема проектных работ, повышение их качества, а также создание единых технических решений. Специализация позволяет применять типовые проекты цехов или даже их блоков и перейти на практике к типизации заводов. Методика типизации заключается в следующем. Для определения характера и объема производственной программы литейных заводов анализируют потребности в отливках действующих или проектируемых заводов в пределах экономического района. В результате анализа получают программу, которую можно привести к принятым типовым оптимальным мощностям.

## Контрольные вопросы.

1. Какие, в зависимости от зоны действия, транспортные средства литейного цеха вы знаете?
2. С помощью каких транспортных средств осуществляют межцеховые перевозки грузов?
3. Чем транспортируют с базисных складов, непосредственно к местам потребления, сухой формовочный песок, молотые уголь и глину?
4. На какие две системы делится внутрицеховой транспорт литейного цеха?
5. Что включает в себя транспорт периодического действия?
6. Что включает в себя транспорт непрерывного действия?
7. Назовите вспомогательные транспортные устройства внутрицехового транспорта?
8. От чего зависит выбор вида транспорта и грузоподъемного оборудования в литейном цехе?
9. Сколько градусов составляет угол наклона к горизонту ленточных конвейеров?
10. Чем обуславливается выбор кранового оборудования для обслуживания отделений цеха?
11. Исходя из чего, при установке кранов различной грузоподъемности на общих подкрановых путях выбирают ширину пролета?
12. Сколько метров составляет ширина пути под проезд автомобиля?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов [Текст]/ А.Ф. Миляев // Учебное пособие. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.
2. Кулаков, Б.А., Знаменский Л.Г., Ивочкина О.В. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие.- Челябинск: ЮУрГУ, 2001. – 144 с.
3. Непомнящий, В.Н. Проектирование литейных цехов [Текст]/ В.Н. Непомнящий, Т.Н. Тюнева // Метод. указания к практик. занятиям для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов». – Красноярск: – 2002. – 40 с.
4. Иванов, А.А. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов [Текст]/ А.А. Иванов, Т.Н. Тюнева // Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 150104 «Литейное производство черных и цветных металлов». – ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. Металлов и золота». - Красноярск: – 2006. – 32 с.
5. Аникеев, В.В. Печи литейного производства [Текст]/ В.В. Аникеев// Учебное пособие. – Самара: Гос. тех. ун-т. – 2006. – 129 с.

6. Кнорре Б.В. Основы проектирования литейных цехов и заводов.- М.: Машиностроение, 1979.
7. Загруднюк А.А., Никифоров А.П., Кондрашов В.А. Конструкции и работа машин литейного производства: Учебное пособие /Под ред. В.М.Александрова. – Челябинск: ЧГТУ, 1991.
8. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М. Производство отливок из сплавов цветных металлов: Учеб. для вузов.- М.: Металлургия,1986.
9. Калашников И.Г. Печи в литейном производстве: Атлас конструкций.- М.: Машиностроение, 1985.
10. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. – М.: Машиностроение, 1988.
11. Трухов, А.П. Литейные сплавы и плавка [Текст]/ А.П. Трухов, А.И. Маляров// Учебник для студентов высшего учебного заведения. – М.: Издательский центр «Академия». – 2004. – 336 с.
12. Болдин, А.Н. Экология литейного производства [Текст]/ А.Н. Болдин. С.С. Жуковский, А.Н. Поддубный, и.т.д. // Учебное пособие для вузов. – Брянск: Изд – во БГТУ. – 2001. – 315 с.
13. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства [Текст]/ Б.С. Чуркин, Э.Б. Гофман, С.Г. Мейзель, и др. // Учебник под ред. Б.С. Чуркина. – Екатеринбург: Издательство Урал. гос. проф. – пед. наука. – 2000. – 662 с.
14. Опыт Волжского автозавода. Чугунолитейное производство [Текст]// Для служебного пользования, экз. № 000902. – М.: Специализированный информационный центр по технологии автомобилестроения. – 1972. – 212 с.
15. Логинов, И.З. Проектирование литейных цехов [Текст]/ И.З. Логинов// Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Минск: Издательство «Вышэйшая школа». – 1975. – 320 с.
16. Жуковский, С.С. Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси [Текст]/ С.С. Жуковский, А.Н. Болдин, и др. // Учебное пособие для вузов. – Брянск: Изд – во БГТУ. – 2002. – 470 с.
17. Никольский, Л.Е. Оборудование и проектирование электросталеплавильных цехов [Текст]/ Л.Е. Никольский, И.Ю. Зиннуров // Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия. – 1993. – 272 с.
18. Немировский, Р.Г. Автоматические линии литейного производства [Текст]/ Р.Г. Немировский // Учебное пособие для вузов. – Киев, Донецк: Издательство «Выща школа». – 1981. – 176 с.
19. Сафронов, В.Я. Справочник по литейному оборудованию [Текст]/ В.Я. Сафронов. – М.: Машиностроение. – 1985. – 320 с.
20. Каталог литейного оборудования, созданного на заводе «Станколит». – М.: ВНИИ и ТЭИ машиностроению и робототехнике. – 1991. – 112 с.
21. Минько, В.А. Обеспыливание литейных цехов машиностроительных предприятий [Текст]/ В.А. Минько, М.И. Кулешов, Л.В. Плотникова и др. – М.: Машиностроение. – 1987. – 224 с.

22. Топчия, В.Д. Реконструкция промышленных предприятий [Текст]/ В.Д. Топчия, Р.А. Гребенщиков. // В 2 т. Т1. – М.: Стройиздат. – 1990. – 591 с.
23. Градус, Л.Я. Эксплуатация газоочистного оборудования на машиностроительных предприятиях [Текст]/ Л.Я. Градус, И.Л. Тарнаевский и др. М.: Машиностроение. – 1988. – 216 с.
24. Солодухин, А.Г. Технология, организация и проектирование технических цехов [Текст]/ А.Г. Солодухин // Учебное пособие. – М.: Высш. Школа. – 1987. – 368 с.
25. Филь Е.В. Организация литейных цехов: Издание второе.- М.: Машиностроение, 1964. . – 256 с.
26. Непрерывное литье алюминиевых сплавов: справочник / В.И. Напалков, Г.В. Черепок, С.В. Махов, Ю.М. Черновол. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 512 с.
27. Горшков И.Е. Литье слитков цветных металлов и сплавов. Изд.-е 2-е, доп. и перераб. – М.: Государственное науч.-тех. Изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1952. – 416 с.
28. Титов Н.Д. Технология литейного производства. – М.: Машиностроение, 1968. – 388 с.
29. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов. ОНТП 07-83. – М.: Минавтопром, 1982.
30. Общесоюзные нормы технологического проектирования чугунолитейных и сталелитейных цехов машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1976. – 232 с.
31. Степанов Ю.А. и др. Технология литейного производства: Специальные виды литья. Учебник для вузов по специальности «Машины и технология литейного производства» / 4. Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин: Под ред. Ю.А. Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
32. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
33. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1977. – 510 с.
34. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов и др.; Под ред. А.П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 528 с.
35. Технология литейного производства: Специальные виды литья: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Э.Г. Гини. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 350 с.
36. Глухов В.В., Гущина Л.Б. Основы технологий отраслей национальной экономики. – Ч.1: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во Политехн. ун-т,

2004.– 466 с.

37. Шестопал В.М. Проектирование машиностроительных заводов и цехов. Справочник. В шести томах. Под общей ред. Е, С. Ямпольского. Т, 2, Проектирование литейных цехов и заводов. Ред. В.М. Шестопал – М.: Машиностроение, 1974 – 294 с.
38. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001- 144 с.

## Аннотация

Дисциплина «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» входит в базовую часть профессионального цикла основной образовательной программы подготовки магистров по направлению 150100 «Металлургия». Его основная задача состоит в освоении студентами новых компетенций по вопросам организации проектирования. Студенты изучают существующую систему проектирования, содержание предпроектных и проектных работ, объемно-планировочные и конструктивные решения литейных цехов и заводов, основные материалы и конструкции.

Дисциплина «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» дает возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков, определяемых содержанием базовых дисциплин основной образовательной программы подготовки магистра, сформировать на их основе новые компетенции, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности студента.

В результате изучения рассматриваемой дисциплины выпускник должен знать – общие методы анализа передового отечественного и зарубежного опыта, энергосиловых параметров оборудования, технико-экономических показателей, режимов подготовки формовочных, стержневых и шихтовых материалов при проектировании литейных цехов; общие методы выполнения мероприятий по управлению качеством продукции; способы воздействия на жидкий расплав, исходные формовочные и шихтовые материалы, структуру и свойства металлов и сплавов; общие методы использования автоматических и механизированных систем; принципы построения проектных, технологических, технико-экономических и климатических процессов проектирования; способы защиты окружающей атмосферы и условий труда; содержание и основные характеристики конструкторских, проектных, технологических решений и операций проектирования и реконструкции литейных цехов.

Конспект лекций является руководством к освоению теоретического курса дисциплины. В конспекте отражены вопросы организации курсового проектирования, систематизированы и представлены проектно-технологические решения, приведены основные параметры типового технологического оборудования, рассмотрены вопросы экономики и организации производства, охраны труда и экологии. Показаны особенности цехов и участков специальных способов литья.