

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра металлургических технологий и оборудования

Е.В. Братковский

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ И ДОМЕННЫХ ЦЕХОВ**

**Учебное пособие**

Для бакалавров по направлению  
22.03.02 «Металлургия»

Новотроицк, 2015

ББК 34.323; 34.327  
УДК 669.16.013.5; 669.18  
Б 87

Рецензенты:

*Заведующий кафедрой Metallургии черных металлов МГТУ им. Г.И. Носова,  
профессор, д.т.н. В.А. Бигеев*

*Заведующий кафедрой Metallургических технологий и оборудования НФ НИТУ  
МИСиС, к.т.н. А.Н. Шаповалов*

Братковский Е.В. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов: Учебное пособие. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2015. – 128 с.

Учебное пособие раскрывает основное содержание дисциплин «Оборудование аглодоменного и сталеплавильного производств», «Проектирование сталеплавильных и доменных цехов». В пособии подробно изложены основы технологии проектирования сталеплавильных и доменных цехов, также особенности эксплуатации плавильного, технологического и подъемно-транспортного оборудования. Приведены методики расчетов количества оборудования и объемно-планировочные решения металлургических цехов. В конце каждого раздела имеются вопросы для самостоятельного контроля знаний.

Пособие составлено в соответствии с требованиями ФГОС ВО подготовки бакалавров направления 22.03.02 «Металлургия».

Рекомендовано Методическим советом НФ НИТУ «МИСиС»

© Новотроицкий филиал ФГАОУ ВПО  
«Национальный  
исследовательский технологический  
университет «МИСиС», 2015

## Содержание

Введение .....	5
Список сокращений .....	6
1 Принципы и технология проектирования.....	7
1.1 Содержание проекта цеха.....	8
1.2 Генеральный план и транспорт .....	9
1.3 Технологическая часть .....	10
1.4 Энергетическая часть .....	10
2 Общая характеристика сталеплавильных цехов.....	12
2.1 Состав, производительность и расположение цеха .....	12
2.2 Грузопотоки и транспорт .....	12
2.3 Мостовые краны .....	12
2.4 Установки внепечной обработки .....	13
3 Шихтовые отделения сталеплавильных цехов .....	14
3.1 Общая характеристика отделений .....	14
3.2 Шихтовые отделения для магнитных и сыпучих материалов .....	14
3.3 Расчет потребности в основном оборудовании .....	23
4 Подача жидкого чугуна в сталеплавильные цеха.....	25
4.1 Стационарные миксеры.....	25
4.2 Расчет потребности в основном оборудовании .....	27
5 Мартеновские цеха.....	29
5.1 Производительность печей и цеха .....	29
5.2 Главное здание цеха .....	30
5.3 Основное оборудование .....	33
5.4 Расчет потребности в оборудовании печного пролета .....	34
6 Конверторные цеха .....	35
6.1 Проектные решения по работе конвертеров .....	35
6.2 Доставка и загрузка лома .....	40
6.3 Системы подачи и загрузки в конвертер сыпучих материалов.....	43
6.4 Рациональные решения для проектируемых цехов .....	52
6.5 Основные технические показатели.....	53
6.6 Расчет потребности в оборудовании .....	53
7 Электросталеплавильные цеха .....	57
7.1 Проектные решения для электропечей и их работы.....	57
7.2 Общая характеристика электросталеплавильных цехов .....	58
7.3 Описание некоторых ЭСПЦ.....	58
7.4 Организация основных работ в ЭСПЦ и оборудование .....	64
7.5 Устройство главных зданий ЭСПЦ.....	74
7.6 Рациональные решения для проектируемых цехов .....	76
7.7 Основные технические показатели.....	77
7.8 Расчет потребности в основном оборудовании .....	77
8 Отделения непрерывной разливки стали.....	80
8.1 Выбор типа и числа УНРС .....	80

8.2	Расположение УНРС в цехе .....	82
8.3	ОНРС с блочным и линейным расположением машин .....	83
8.4	ОНРС с линейным расположением машин .....	85
8.5	Общая характеристика ОНРС .....	87
9	Общая характеристика доменных цехов и литейных дворов .....	89
9.1	Проектные решения для доменных печей и их работы .....	89
9.2	Планировка доменных цехов и устройство литейных дворов .....	91
9.3	Системы шихтоподачи .....	100
9.4	Бункерная эстакада .....	100
9.5	Подача шихты на колошник .....	102
9.6	Подача материалов к колошниковому подъему .....	105
10	Участки и отделения доменного цеха и организация в них работ .....	110
10.1	Уборка чугуна .....	110
10.2	Разливочное отделение .....	110
10.3	Ковшевая уборка шлака .....	113
10.4	Переработка жидких шлаков и припечная грануляция .....	113
10.6	Уборка колошниковой пыли .....	118
10.7	Воздуходувная станция .....	118
10.8	Очистка доменного газа .....	118
10.9	Расчет потребности в основном оборудовании .....	121
	Рекомендуемая литература .....	128

## Введение

Существование и развитие современной черной металлургии невозможно без выполнения качественных проектов, которые обеспечивают строительство и реконструкцию эффективно работающих металлургических предприятий. Современный проект металлургического предприятия должен обеспечить производство высококачественной конкурентоспособной продукции при минимальных затратах и вредного воздействия на окружающую среду.

В последние несколько десятилетий в металлургии произошли кардинальные изменения. К качеству металла предъявляют все более жесткие требования, существенно снизились удельные энергозатраты и количество вредных выбросов, кислородно-конвертерный процесс заменил полностью мартеновский.

Появились сверхмощные дуговые печи с новыми типами футеровок, технология ведения плавки под одним шлаком, а также вспенивание шлака. Перенос из печи в ковш всех операций по легированию и рафинированию металла, то есть максимальная активная мощность трансформатора используется только в период расплавления шихты. Проводится более качественная подготовка металлического лома, что обеспечивает завалку одной бадьей. В шихтовке постоянно увеличивается доля металлизированных окатышей, что обеспечивает снижение содержания вредных примесей и тепловых потерь при завалке. Изменилась конструкция печи: появились водоохлаждаемые стеновые панели и своды, эркерный выпуск, газокислородные горелки. Применяется предварительный подогрев лома с использованием тепла отходящих газов, многоступенчатые системы газоочистки. Вдувание в печь углеродсодержащих материалов, что обеспечивает дополнительный приход тепла, снижает угар железа и время расплавления шихты. Существенно сократилось время плавки (менее 60 минут).

Практически вся выплавляемая сталь проходит внепечную обработку: агрегаты ковш – печь, АКЭС, вакууматоры.

Сталь разливается только непрерывным способом с применением различных методов рафинирования в сталеплавильных и промежуточных ковшах.

В технологии доменной плавки также произошли огромные изменения. Строятся все более крупные доменные печи – полезным объемом 3200 м<sup>3</sup> и более. Бункерные эстакады с конвейерной системой шихтоподачи, лотковой и роторной загрузкой доменных печей. Современные кольцевые литейные дворы с 4 летками и припечной грануляцией шлака. Применяются эффективные методы интенсификации плавки, что обеспечивает увеличение производительности при расходе кокса не более 250 кг/т чугуна.

В пособии подробно изложены основы технологии проектирования сталеплавильных и доменных цехов, также особенности эксплуатации плавильного, технологического и подъемно-транспортного оборудования. Приведены методики расчетов количества оборудования и объемно-планировочные решения металлургических цехов. В конце каждого раздела имеются вопросы для самостоятельного контроля знаний. Таким образом, учебное пособие облегчает усвоение теоретических знаний на лекционных, практических занятиях, курсовому проектированию и помогает в подготовке к мероприятиям по текущему и промежуточному контролю.

По результатам освоения дисциплин «Проектирование сталеплавильных и доменных цехов» и «Оборудование аглодоменного и сталеплавильного производств» студент должен обладать общекультурными, общепрофессиональными, профессиональными и профессионально-прикладными компетенциями, предусмотренными учебным планом подготовки бакалавров направления 22.03.02 «Металлургия».

Усвоение учебных материалов по дисциплине является необходимым условием качественного выполнения курсового проектирования и ВКР.

### **Список сокращений**

А – агломерат;  
АБК – административно – бытовой комплекс;  
И – известняк;  
ДЦ - доменный цех;  
ЖД – железнодорожный;  
К – кокс;  
КЦ – конвертерный цех;  
МО - миксерное отделение;  
МЦ – мартеновский цех;  
МНЛЗ – машина непрерывного литья заготовки;  
ОНРС – отделение непрерывной разливки стали;  
ОПЛ – отделение подготовки лома;  
СЦ – сталеплавильный цех;  
ШО – шихтовое отделение;  
ЭСПЦ – электросталеплавильный цех.

## 1 Принципы и технология проектирования

Проект - комплект технической и экономической документации (чертежи, схемы, расчеты, пояснительные записки и т. д.), с проектными решениями по всем техническим, организационным, социальным и экономическим вопросам, необходимым для сооружения (реконструкции) и последующей эксплуатации промышленного объекта.

Проект должен обеспечить создание цеха с технологией, оборудованием и сооружениями, соответствующими более высокому техническому уровню, чем в современных цехах; с высоким уровнем механизации и автоматизации; с более высокими производительностью труда; с безопасными и комфортными условиями труда с минимальным загрязнением окружающей среды.

Существуют следующие принципы проектирования.

**Объективности** – оценка всех разрабатываемых проектных решений, их сопоставления и сравнения с известными решениями.

**Прогрессивности** – все проектные технические, экономические, организационные и социальные должны отвечать последним достижениям в соответствующей области.

**Экономичности** – выбор наиболее экономичных проектных решений для обеспечения минимальных затрат на единицу продукции.

**Комплексности согласования частных решений с общим комплексом проектных решений**, составляющих проект в целом.

**Перспективности** – учет возможности в будущем расширения цеха, его модернизации и интенсификации производства с увеличением мощности цеха, что позволяет легко заменять устаревшие агрегаты.

**Территориальности** – учет территориальных факторов: источники снабжения и потребители производимой продукции, природные условия (характер грунта, уровень и состав грунтовых вод, рельеф местности и др.), особенности климата (направление и сила ветров, количество осадков и уровень снежного покрова, влажность воздуха, режим температур).

**Долговечности** – обеспечение длительной и безотказной службы и работы зданий, сооружений, агрегатов, систем и коммуникаций с минимальными расходами на их ремонт.

**Безопасности** – разработка мер по обеспечению безопасных комфортных условий труда на всех участках и рабочих местах и обеспечение защиты окружающей среды от вредных выбросов.

**Нормативности** – использование нормативных документов (нормы проектирования, стандарты, технические условия на материалы и др.), что обеспечивает единообразие проектных решений, повышая экономичность проекта.

**Типизации** – использование в проекте различных типовых проектных решений (типовых проектов зданий и сооружений, агрегатов и оборудования, унифицированных элементов строительных и технологических конструкций и т.п.).

**Эстетичности** – создания на предприятии, в цехе и на рабочих местах наиболее благоприятной внешней обстановки и психофизиологических условий труда.

## **Исходные материалы проектирования.**

Исходные материалы можно разделить на следующие группы:

- результаты обобщения передового опыта проектирования и эксплуатации цехов соответствующего профиля;
- результаты научно-исследовательских работ, конструкторских разработок и изобретений в данной технологии производства, оборудования, строительных конструкций и материалов;
- нормативные и инструктивные акты и документы, типовые проекты для обеспечения единообразия, оптимизации, прогрессивности и экономичности эффективных проектных решений:
  - законы, постановления;
  - государственные стандарты по проектированию и строительству;
  - государственные стандарты и технические условия по сырью, топливу, строительным материалам, готовой продукции и некоторых видов оборудования;
  - планы развития и технического перевооружения отрасли;
  - нормативные документы по проектированию и строительству, (строительные нормы и правила - СНиП, санитарные нормы проектирования);
  - нормативные документы по проектированию и строительству (указания по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений в черной металлургии; правила безопасности;
  - общий каталог типовых строительных конструкций и изделий, утвержденный Госстроем;
  - каталоги на все виды оборудования, приборы и др.;
  - нормы технологического проектирования СЦ и ДЦ.

Нормы проектирования ДЦ регламентируют методику расчета производительности печей и фонд рабочего времени печи, запас материалов в бункерах, расход вспомогательных материалов и энергетических ресурсов, величину выноса материалов из печи, отсев мелочи шихтовых материалов, потребность в чугуновозных и шлаковых ковшах, потери дутья и чугуна в скрап и др.

Нормы проектирования СЦ регламентируют продолжительность плавки, фонды рабочего времени и годовую производительность печей, нормы запаса материалов в цехе и требования к их качеству, мощность печных трансформаторов, нормы расхода дополнительных материалов, огнеупоров, электроэнергии и др. параметры.

Типовые проекты обеспечивают высокий уровень проектных решений, т.к. они прошли проверку в строительстве и эксплуатации, позволяют сократить сроки проектирования, строительства и затраты на сооружение цеха.

### **1.1 Содержание проекта цеха**

#### **Пояснительная записка.**

В пояснительной записке кратко излагают основные положения проекта: основание для проектирования; краткую характеристику проектируемого объекта: мощность, номенклатура, качества продукции и сырьевой базе; решения по организации производства, труда и управления; численный и квалификационный состав работающих; потребность в воде и энергоресурсах; организацию и сроки строительства;



данные по экономике производства, себестоимости продукции, эффективности капитальных вложений; основные решения по генеральному плану, инженерным коммуникациям; использование отходов производства и вторичных энергоресурсов; природоохранные мероприятия; оценку эффективности проектных решений.

## 1.2 Генеральный план и транспорт

В этом разделе проекта приводят краткую характеристику площадки строительства и решений по генеральному плану, т.е. зданий и сооружений цеха, инженерных сетей, коммуникаций и транспортных путей, с внешними инженерными коммуникациями и плана размещения цеха и схемы генерального плана предприятия.

Важным требованием к генеральному плану является компактность размещения объектов цеха.

Промышленный транспорт металлургического предприятия разделяют на внутренний и внешний:

– внешний – жд, обеспечивает доставку материалов от внешних источников снабжения.

– внутренний – жд, автомобильный, конвейерный, рольганги, трубопроводный.

Проектирование транспорта включает следующие этапы: расчет объема межцехового и внутрицехового грузооборота, выбор вида транспорта.

Объем грузооборота подсчитывают на основании производительности цеха и расходных коэффициентов материалов на 1 т стали или чугуна. Тип транспорта выбирают с учетом объема перевозок, вида грузов, характера и условий технологического процесса.

На металлургических предприятиях 72% межцеховых перевозок выполняются жд транспортом. Его преимущества: универсальность, позволяющая перевозить грузы практически всех видов, включая жидкий металл и шлак (чугуновозы, шлаковозы, слитковозы и др). Недостатки: низкая оперативность, гибкость и большие капитальные затраты при строительстве и эксплуатации.

Автомобильный транспорт имеет меньшие удельные затраты (в 4–5 раз) меньше занимаемая площадь.

Конвейерный транспорт - для сыпучих и кусковых грузов. Он позволяет автоматизировать транспортировку и разгрузку материалов, допускает пересечение грузопотоков, требует меньшей площади и эксплуатационных расходов, меньшего числа обслуживающего персонала, подавать грузы непосредственно к агрегату-потребителю, что уменьшает число перегрузок и механизмов.

Рольганги - для транспортировки специфических грузов, например, слябов из ОНРС в прокатный цех.

Трубопроводный транспорт является перспективным его разновидности: гидравлический (транспортировка водой в трубе), пневматический и капсульный, низкая себестоимость перевозок, малые трудовые затраты.

Пневматический трубопроводный транспорт применяют в СЦ для транспортировки тонкоизмельченных материалов (например, извести).

### **1.3 Технологическая часть**

Технологическая часть содержит проектные решения по следующим вопросам:

- производственная программа цеха (объем производства с указанием объема выплавки по маркам чугуна и стали);
- обоснование выбора основных технологических процессов (плавка, разливка, внепечная обработка и др.);
- выбор конструкции, вместимости и числа основных агрегатов;
- режим работы и основные технические показатели работы производственных агрегатов;
- расход основных сырых материалов, топлива и электроэнергии; характеристика сырых материалов и топлива;
- основные параметры технологического процесса;
- разработка технологической схемы работы цеха (подача и загрузка шихтовых материалов, уборка продуктов плавки) и рациональной схемы грузопотоков;
- выбор основного подъемно-транспортного оборудования;
- расчет потребного количества оборудования;
- выбор планировочной схемы главного здания и определение размеров пролетов с учетом габаритов основного оборудования;
- решения по организации ремонтного хозяйства.

#### **Строительная часть.**

В этой части проекта разрабатывают: выбор типа зданий, обеспечивающих оптимальный технологический процесс; планировочные решения основных зданий и сложных объектов; конструктивные решения зданий и сооружений; архитектурно-строительные решения.

Здания и сооружения СЦ и ДЦ проектируют в соответствии с требованиями строительных норм и правил – СНиП.

### **1.4 Энергетическая часть**

В энергетической части проекта решаются задачи по электро-, теплосиловому и газовому снабжениям.

Электроснабжение цеха осуществляют по схеме: заводская высоковольтная сеть – цеховая понижающая трансформаторная подстанция – распределительные пункты – потребители переменного тока. Для потребителей постоянного тока дополнительно устанавливают преобразовательные подстанции или агрегаты. Также проектируют осветительную систему электроснабжения.

В ЭСПЦ, помимо общецеховой системы электроснабжения, предусматривают отдельную систему электроснабжения ДСП.

В состав теплосилового хозяйства входят системы обеспечения цехов сжатым воздухом, паром и использования вторичных энергоресурсов.

Источники снабжения паром: заводская котельная, ТЭЦ, паровоздуховная станция (ПВС) и цеховые теплоутилизационные установки.

Источником снабжения сжатым воздухом служат ПВС, заводские и иногда цеховые компрессорные станции.

При разработке систем снабжения цеха паром и сжатым воздухом определяют потребность, затем рассчитывают сечение трубопроводов, разрабатывают систему прокладки трубопроводных коммуникаций с необходимой запорной арматурой и теплоизоляцией для паропроводов.

Газовое хозяйство. Природный газ поступает в цех из межцеховой магистрали, кислород, аргон, азот – с кислородного цеха по межцеховой магистрали или в баллонах.

#### **Водоснабжение и канализация.**

В СЦ и ДЦ применяют системы прямоточного и обратного водоснабжения и независимые системы производственного и пожарно-питьевого водоснабжения. Для бесперебойной подачи воды прокладывают два трубопровода, сооружают также водонапорные башни как резерв. Определяют максимальный расход воды и в соответствии с ним рассчитывают сечение водопроводов, разрабатывают систему прокладки трубопроводов с установкой необходимой запорной арматуры.

#### **Охрана окружающей среды.**

В проекте цеха дается перечень источников вредных выбросов, их наименования и количество, обосновываются решения по уменьшению выделений загрязняющих веществ и выбору оборудования для очистки выбросов в атмосферу, приводится сравнение принимаемых в проекте решений с имеющимся передовым опытом, определяется сметная стоимость объектов и работ, связанных с осуществлением воздухоохраных мероприятий.

## **2 Общая характеристика сталеплавильных цехов**

### **2.1 Состав, производительность и расположение цеха**

СЦ - сложный взаимосвязанный комплекс зданий и сооружений для хранения запаса исходных шихтовых материалов, подачи и загрузки их в печь, выплавку и разливку стали, уборку продуктов плавки и подготовку оборудования, обеспечивающего выполнение этих технологических процессов.

Цех подразделяют на основные и вспомогательные отделения, располагаемые либо в отдельных зданиях, либо в отдельных пролетах. Состав цеха, число и тип входящих в него отделений и зданий зависят от типа сталеплавильного процесса, способа разливки и от того, сблокированы отделения друг с другом или нет.

Расположение цеха в направлении движения господствующих ветров вначале располагают прокатные цеха, за ними СЦ и ДЦ.

СЦ располагают также с учетом основного направления транспортных путей комбината и создания минимума помех общим транспортным потокам. Главные здания МЦ и ЭСПЦ располагают вдоль направления основных путей. Главные здания КЦ в связи с их относительно малой длиной могут располагаться и в поперечном направлении.

В проектах СЦ обязательным является использование плавильных агрегатов, вместимость и основные размеры которых соответствуют типовому ряду, что позволяет стандартизировать подъемно-транспортное и технологическое оборудование цеха; исключает необходимость заново его проектировать, сокращает сроки и стоимость проектирования и строительства.

### **2.2 Грузопотоки и транспорт**

Планируют рациональную систему грузопотоков и транспорта, которая должна обеспечивать транспортировку большого числа различных грузов (жидких металла и шлака, сыпучих материалов, слитков, ферросплавов и др.); большой объем перевозок (например, в конвертерный цех необходимо доставлять до 20000 т жидкого чугуна в сутки); доставку материалов к печам и уборку от печей порциями в строго заданное время; точное взвешивание; транспортирование кратчайшим путем; и оптимальное сочетание доставки с системами загрузки материалов в печи; полную механизацию.

### **2.3 Мостовые краны**

Мостовые краны обеспечивают бесперебойную работу отделений СЦ, перемещая наиболее тяжелые грузы в любом направлении и независимо от напольного транспорта: заливку чугуна, загрузку лома, транспортировку сталеразливочных и шлаковых ковшей, ремонтные и многие другие работы. Скорости перемещения мостовых кранов составляют, м/мин: подъема и опускания траверсы 10-16, перемещения тележки 20-45 и моста 50-80.

При проектировании цехового транспорта необходимо учитывать плановые

простой кранов на ремонтах, которые могут вызвать сбои в доставке грузов и нарушить ритмичную работу технологических агрегатов.

## **2.4 Установки внепечной обработки**

В СЦ применяют различные виды внепечной обработки стали – продувку аргоном, вдувание порошкообразных материалов с целью рафинирования или легирования, вакуумирование, раскисление, обработку синтетическими шлаками и ряд комбинированных методов.

Они имеют следующие названия: установки доводки стали в ковше– УДСК; установка ковш-печь УКП; агрегаты комплексной обработки стали – АКОС; агрегаты комплексного рафинирования – АКР; вакууматоры.. Их размещают в специализированных пролетах внепечной обработки; в распределительных пролетах отделений непрерывной разливки стали, имеющих линейное расположение УНРС; непосредственно в разливочных пролетах отделений непрерывной разливки при блочном расположении УНРС в отделении.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по разделам 1 и 2**

- 1 Перечислите основные принципы проектирования.
- 2 Что является исходными данными для проектирования?
- 3 Какие данные приводятся в пояснительной записке?
- 4 В чем заключается генеральный план предприятия?
- 5 Из каких основных разделов состоит проект?
- 6 В чем особенность технологической, строительной энергетической части проекта?
- 7 Как при проектировании учитываются охрана труда и окружающей среды?
- 8 Дайте общую характеристику сталеплавильных цехов?

### **3 Шихтовые отделения сталеплавильных цехов**

#### **3.1 Общая характеристика отделений**

Назначение шихтового отделения или пролета СЦ – приемка и разгрузка поступающих в цех материалов, хранение их определенного запаса и подготовка материалов к загрузке в плавильные агрегаты. К подготовке относятся: взвешивание и погрузка в мульды, совки, бункера, в приемные устройства конвейерных систем выдачи материалов из отделения; иногда проводят также сушку (например, боксита, железной руды); помол (например, помол ферросплавов, извести и др.).

Часто сооружают отдельно стоящие здания ШО и делают их специализированными:

– сыпучих материалов (железной руды, известняка, магнезитового порошка и т.п.);

– магнитных материалов (стального лома, чушкового чугуна).

Это облегчает организацию работ, т.к. перегрузочные работы и используемые для этого механизмы неодинаковы и зависят от типа материалов: магнитные перегружают электромагнитами, сыпучие – грейферами, ленточными транспортерами, питателями различных конструкций.

Для сыпучих материалов сооружают отдельно стоящие ШО, а для магнитных материалов в ЭСПЦ и некоторых КЦ шихтовые пролеты в главном здании.

Планировка и устройство ШО отличаются большим разнообразием. Они зависят от способа складирования и хранения материалов (в ямных или подвесных бункерах, в штабелях); от способов разгрузки и выдачи их из отделения; могут быть бескрановыми и с мостовыми кранами для перегрузки.

ШО с ямными и подвесными бункерами могут быть верхнего и нижнего расположения: верхнее – имеет рабочую площадку и верх бункеров расположены на уровне рабочей площадки печного или загрузочного пролета цеха; у нижнего – рабочая площадка и верх бункера находятся на отметке  $\pm 0$ .

Планировка ШО должна обеспечить рациональное размещение следующего оборудования: ямных или подвесных бункеров, штабелей и других емкостей для хранения; систем подачи материалов в отделение и их выдачи к агрегатам – рельсовых путей, ленточных конвейеров, автовъездов и др.; механизмов для перегрузки материалов – мостовых кранов (магнитных, грейферных), конвейеров, вибропитателей и др.; весов для взвешивания и выдачи. Иногда в ШО и пролетах устанавливают сушильные барабаны, печи для сушки, дробилки, смесительные бегуны и другое оборудование.

#### **3.2 Шихтовые отделения для магнитных и сыпучих материалов**

Отдельно стоящие ШО для магнитных материалов сооружают в МЦ, иногда в КЦ и редко в ЭСПЦ.

Верхнее ШО – однопролетное здание с рабочей площадкой 8, на уровне рабочей площадки печного пролета цеха (рисунок 3.1). По всей длине здания тянется ямный бункер 4 из железобетона, его внутренние стенки защищают от ударов кус-

ков лома металлическим настилом.

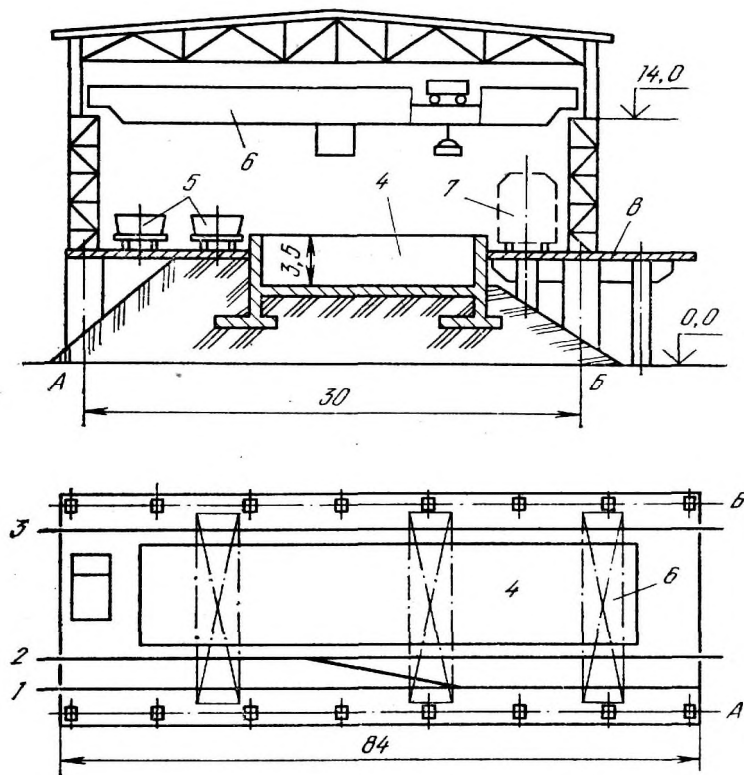


Рисунок 3.1 - План и поперечный разрез верхнего шихтового отделения для магнитных материалов

Иногда бункер разделен поперечными стенками на несколько отделений (для раздельного хранения чушкового чугуна и лома различного состава), глубина от 2 до 3,5–4,0 м.

Вдоль бункера, сбоку проложены три рельсовых пути: разгрузочный 3, на него прибывают вагоны 7 с ломом; погрузочные 1, 2, на которые устанавливают составы из тележек 5 с мурдами или совками, в которых лом транспортируют в главное здание цеха. Мостовыми магнитными кранами 6 лом из вагонов разгружают в бункера, далее в мурды или совки на погрузочных путях. На выезде из отделения расположены жд весы. Подобные отделения применяют в МЦ и некоторых КЦ. Они связаны с главным зданием цеха эстакадой, расположенной на одном уровне с рабочей площадкой, что облегчает и ускоряет транспортировку составов с мурдами к печам. Для подачи в подобные отделения вагонов с ломом необходимо сооружать наклонные эстакады большой длины, поскольку уклон рельсового пути не должен превышать 15 град.

Нижние шихтовые отделения представлены на рисунке 3.2. Две разновидности нижних шихтовых отделений КЦ для хранения и загрузки лома в совки.

В одном из них имеется несколько ямных бункеров 2, между которыми оставлены площадки для установки совков 8. Лом привозят в вагонах по пути 5 и разгружают в бункера 2 мостовыми кранами 1, они же служат для загрузки совков. Совки с ломом вывозят из отделения самоходным скраповозом 7 по поперечному пути, на котором расположены жд весы для перестановки совков мостовой кран 3.

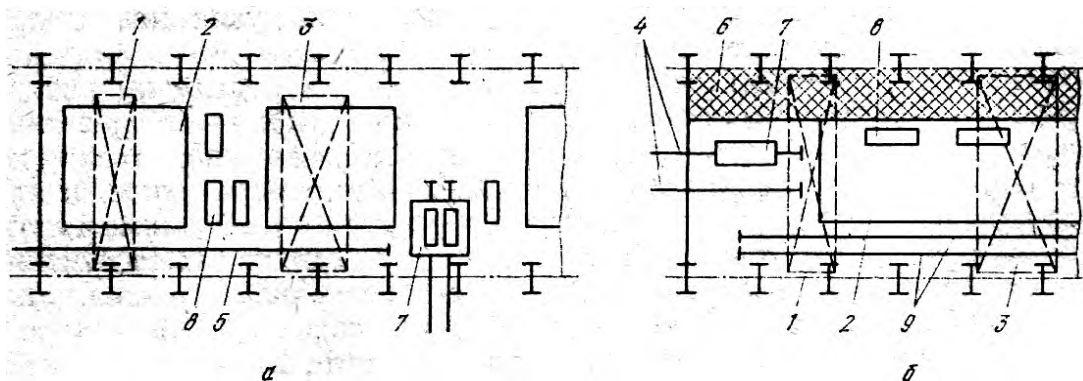


Рисунок 3.2 - Планы двух разновидностей (а и б) нижних шихтовых отделений конвертерных цехов

Другое отделение оборудовано эстакадой 6, на которую прибывают самосвалы, выгружающие лом непосредственно в совки 8, устанавливаемые у края эстакады. Лом поступает в вагонах на пути 9, откуда его магнитными кранами 1 разгружают в ямный бункер 2 или сразу в совки. Грузенные совки перемещаются из отделения скраповозами 7 по путям 4, расположенным перпендикулярно оси загрузочного пролета, переставляют совки краном 3.

Отделение в виде однопролетного здания с одним или двумя-тремя продольными рельсовыми путями, вдоль которых расположены ямные бункера. Лом перегружают магнитными кранами. При доставке лома автосамосвалами и вагонах-думпкарах краны для разгрузки не требуются. Глубина ямных бункеров от 2 до 3,5–4 м; при большей глубине возможно слеживание лома.

Для КЦ и ЭСПЦ рекомендуется доставка совков и корзин с ломом непосредственно из скрапоразделочного цеха или отделения подготовки лома, при этом отпадает необходимость в шихтовом отделении или пролете.

### **Шихтовые отделения для сыпучих материалов.**

Почти вся площадь однопролетного здания занята ямными бункерами 3, число которых зависит от разновидностей и расхода материалов (рисунок 3.3). Для каждого материала имеется один или несколько бункеров. Стенки бункеров железобетонные и покрыты изнутри настилом из рельсов для защиты от ударов грейфера.

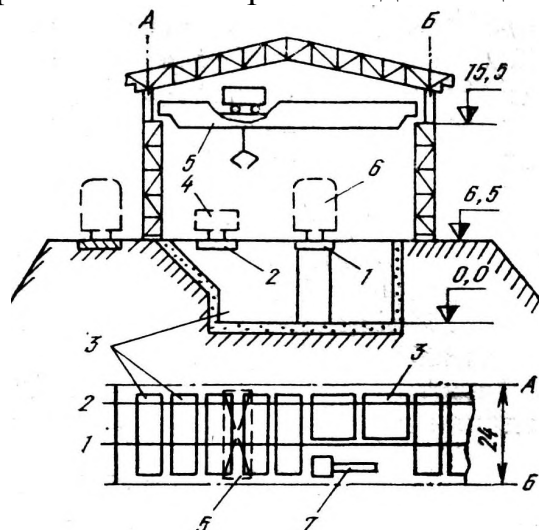


Рисунок 3.3 - План и поперечный разрез верхнего ШО для сыпучих материалов



Глубина бункеров для сыпучих составляет 6–7 м. Для удобства разгрузки длина бункера должна быть не меньше длины вагона. Над бункерами расположены два сквозных продольных жд. Путь 1 в середине здания обычно является разгрузочным, на него прибывают вагоны 6 с поступающими в цех материалами. Для разгрузки открывают откидные люки днища вагона и материал самотеком высыпается в бункер. Путь 2 у края бункеров – погрузочный, на него подают платформы и тележки 4 с мульдами или переносными бункерами, в которые загружают сыпучие материалы из ямных бункеров мостовыми грейферными кранами 5, печи 7 барабанного типа для сушки материалов.

Подобные ШО применяют в цехах, где материалы необходимо транспортировать мульдowymi составами на уровне рабочей площадки цеха. Для подачи вагонов с материалами в подобные отделения необходимо сооружать протяженные наклонные эстакады с уклоном рельсового пути не более 15°.

**Нижнее отделение с ямными бункерами и конвейерной выдачей материалов.** Верх ямных бункеров 1 находится на отметке ±0; в остальном устройство и расположение бункеров такое же, как и в отделении верхнего типа. Материалы поступают в отделение по рельсовому пути 5, расположенному над бункерами, разгружаются самотеком после открывания люков в днище вагонов 6 (рисунок 3.4).

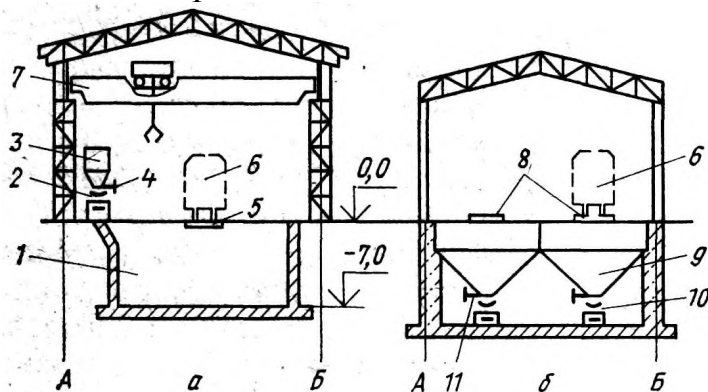


Рисунок 3.4 - Поперечные разрезы нижних шихтовых отделений для сыпучих материалов с ямными (а) и подвесными (б) бункерами

Материалы выдают из отделения ленточным конвейером 2, который движется вдоль стены здания. Материалы грейферным краном 7 из ямных бункеров загружают в приемные бункера 3 конвейера, откуда они через питатель 4 поступают на движущуюся ленту. Приемный бункер имеется у каждого ямного бункера. Для сушки материалов в отделении имеются барабанные сушила.

Нижнее отделение с подвесными бункерами 9 расположены вдоль цеха в два ряда над которыми проходит разгрузочный рельсовый путь 8 для вагонов 6 с материалами, которые разгружают, открывая люки в днище вагонов. В отделении нет грейферных кранов. Материалы выдают двумя ленточными конвейерами 10, вдоль здания под бункерами, вибропитателями 11 и материал поступает из бункера на ленту 10.

Отделения для хранения материалов в штабелях могут быть двух типов – с кранами и без них (рисунок 3.5).

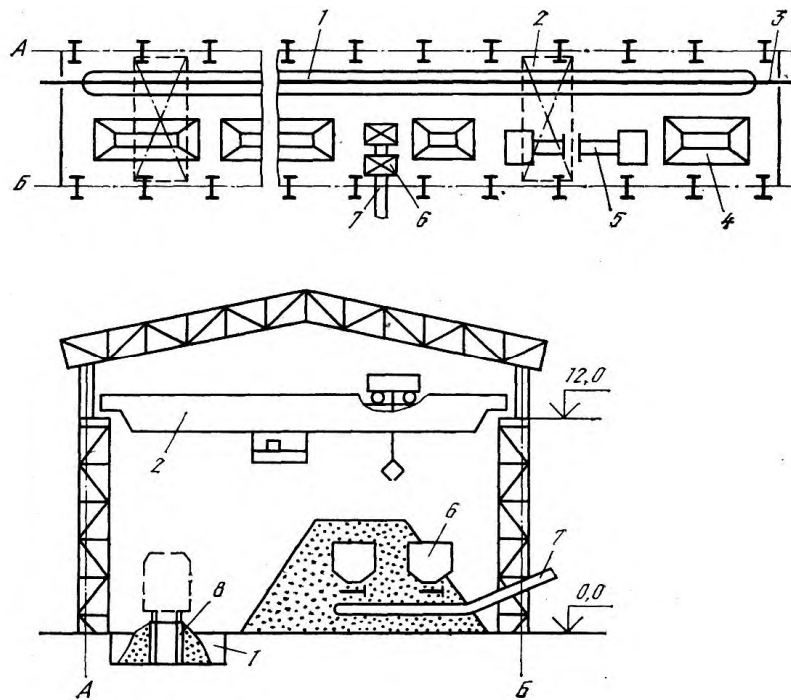


Рисунок 3.5 - План и поперечный разрез нижнего шихтового отделения с хранением материалов в штабелях

В отделении с кранами вдоль стены однопролетного здания проходит разгрузочная эстакада 8 с рельсовым путем 3, на который подают вагоны с материалами, их разгружают в траншею 1, из нее материалы грейферным краном 2 перегружают в штабеля 4, они могут быть расположены в один или в два ряда.

Материалы из отделения выдают по двум ленточным конвейерам 7, их загружают грейфером в приемные бункера 6, далее на конвейерные ленты 7, затем в цех. В отделении имеются вращающиеся сушильные барабаны 5.

**Бескрановое отделение для хранения материалов в штабелях.** Материалы в него подают наклонным конвейером 3 (рисунок 3.6) из разгрузочного отделения, в которое материалы поступают в вагонах. С конвейера 3 через воронку 2 на горизонтальный конвейер 1, которым формируют штабель 7. С этого конвейера ссыпаются в определенном месте с помощью передвижной автоматической сталкивающей тележки 4. Выдаются материалы из отделения двумя конвейерами 5, расположенными в специальных тоннелях 6 под штабелем, из штабеля подают на конвейеры 5 с помощью передвижных лопастных питателей 8, перемещающихся вдоль тоннеля над конвейерами.

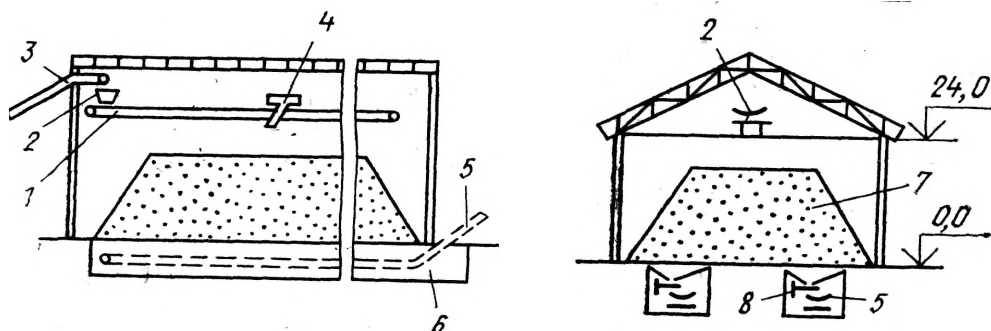


Рисунок 3.6 - Продольный и поперечный разрезы бескранового шихтового отделения с хранением материалов в штабелях

Разгрузочные отделения или могут быть с вагоноопрокидывателем и без него (рисунок 3.7).

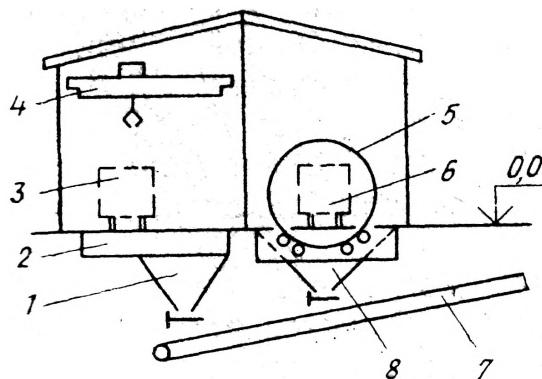


Рисунок 3.7 - Разгрузочное отделение (узел) со стационарным роторным вагоноопрокидывателем

Разгрузочного отделения с вагоноопрокидывателем - двухпролетное здание с рельсовыми путями на нулевой отметке для вагонов. В одном пролете установлен роторный вагоноопрокидыватель 5 из вагона 6 материалы попадают в приемный бункер 8, а из него на ленточный конвейер 7, далее в шихтовое отделение. Второй пролет для разгрузки вагонов в случае ремонта вагоноопрокидывателя. Материалы из вагона 3 разгружают через люки (в днище) в приемную траншею 2, а из нее грейферным краном 4 через бункер 1 подают на ленточный конвейер 7.

В однопролетном здании имеются приемные подвесные бункера и расположенный под ними ленточный конвейер для выдачи. Вагон устанавливают над бункером и выгружают материалы, открывая люки в днище вагона. Из приемного бункера по ленточному конвейеру материалы подаются в шихтовое отделение.

ШО - однопролетное здание. В зависимости от способа складирования и хранения материалов - следующие разновидности: с ямными бункерами, с подвесными бункерами, с хранением материалов в штабелях.

Первые две разновидности отделений могут быть как верхнего, так и нижнего расположения. ШО могут быть бескрановыми и с мостовыми кранами для перегрузки. Отделения различаются по способу выдачи материалов (ленточными конвейерами или в мульдах, совках, коробках рельсовым или автомобильным транспортом), по способу разгрузки прибывающих материалов (из вагонов непосредственно в бункера, из вагонов в приемную траншею с последующей перегрузкой краном и бункера или штабеля, через специализированный участок разгрузки, снабженный вагоноопрокидывателем).

Нижние ШО дешевле и упрощают подачу материалов в отделение (не требуется протяженная наклонная эстакада для въезда вагонов в отделение). Верхнее расположение отделения - для подвесных бункеров с подачей в них материалов конвейерами из разгрузочного отделения.

Поступающие в шихтовые отделения сыпучие материалы разгружают самотеком или с помощью вагоноопрокидывателей. Разгрузка через люки вагонов имеет недостаток - требуются значительные затраты ручного труда на открывание и закрывание люков и на зачистку вагонов. При использовании вагоноопрокидывателя необходимость в этих работах отпадает. Однако установка и эксплуатация вагоноо-

прокидывателя удорожают производство.

При выборе способа выдачи материалов из шихтового отделения учитывают объем грузопотоков и особенности работы СЦ. В КЦ, где сыпучие материалы загружают почти непрерывно и где их подают на большую высоту над конвертерами, рационально выдавать материалы и транспортировать их в цех ленточным конвейером. Конвейеры также обычно применяют в общих ШО для выдачи материалов в известковообжигательные и смолодоломитовые отделения или цехи. Для ЭСПЦ с объемом выплавки стали не менее 1–1,5 млн. т в год. Более экономичной является подача сыпучих материалов в цех в контейнерах (жд или автотранспортом), однако для обеспечения полной механизации и автоматизации доставки материалов чаще применяют конвейеры.

### Основное оборудование.

Грейфер – это грузозахватное устройство для разгрузки и погрузки материалов с размером кусков не более 300 мм. Применяют несъемные двухчелюстные двухканатные грейферы и съемные, т. е. периодически навешиваемые на крюки крана – одноканатные, и реже механизмом смыкания челюстей (электродвигатель, гидроцилиндр, пневмоцилиндр). Иногда применяют многочелюстные грейферы типа «Полип», например, для погрузки металлической стружки (рисунок 3.8).

Канатом 5 поднимается траверса 2 и закрытие челюстей (захват груза); при движении каната 5 вниз траверса 2 под действием собственного веса опускается и челюсти раскрываются.

Вместимость грейферов: 0,4–8 м<sup>3</sup>; в шихтовых отделениях применяют грейферы вместимостью 1,75 и 3 м<sup>3</sup>.

Электромагнит используют для перегрузки стального лома, чушкового чугуна и ферросплавов, обладающих магнитными свойствами. Применяют электромагниты диаметром 1150, 1650, 2100 мм.

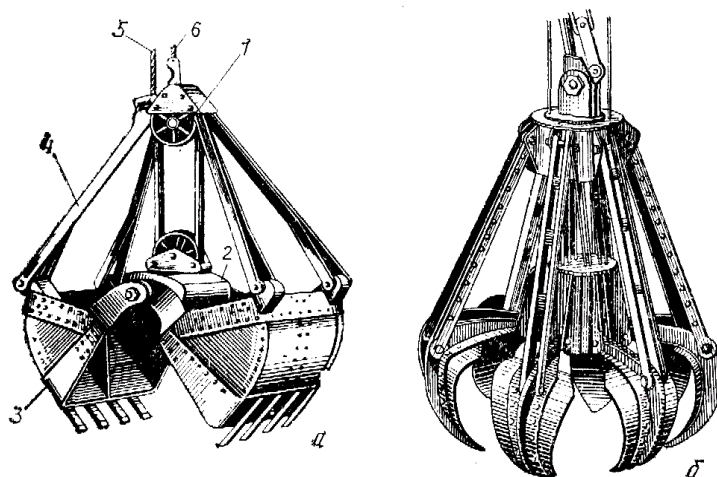


Рисунок 3.8 – Грейфер двухчелюстный двухканатный (а) и многочелюстный (б)

Ленточные конвейеры (рисунок 3.9) подразделяют на стационарные или специальные, передвижные и переносные (длиной менее 5 м), горизонтальные, наклонные и ломаные. Стационарный ленточный конвейер состоит из ленты б, приводного устройства или станции б; натяжного устройства или станции, рамы 14, на

которой смонтированы опорные 8 и направляющие 12 ролики, а также ролики 13, поддерживающие холостую ветвь ленты. Роликовые опоры рабочей ветви ленты состоят из отдельных горизонтально расположенных роликов (тогда лента плоская) или же из групп роликов в сборе 8, придающих ленте желобообразную форму.

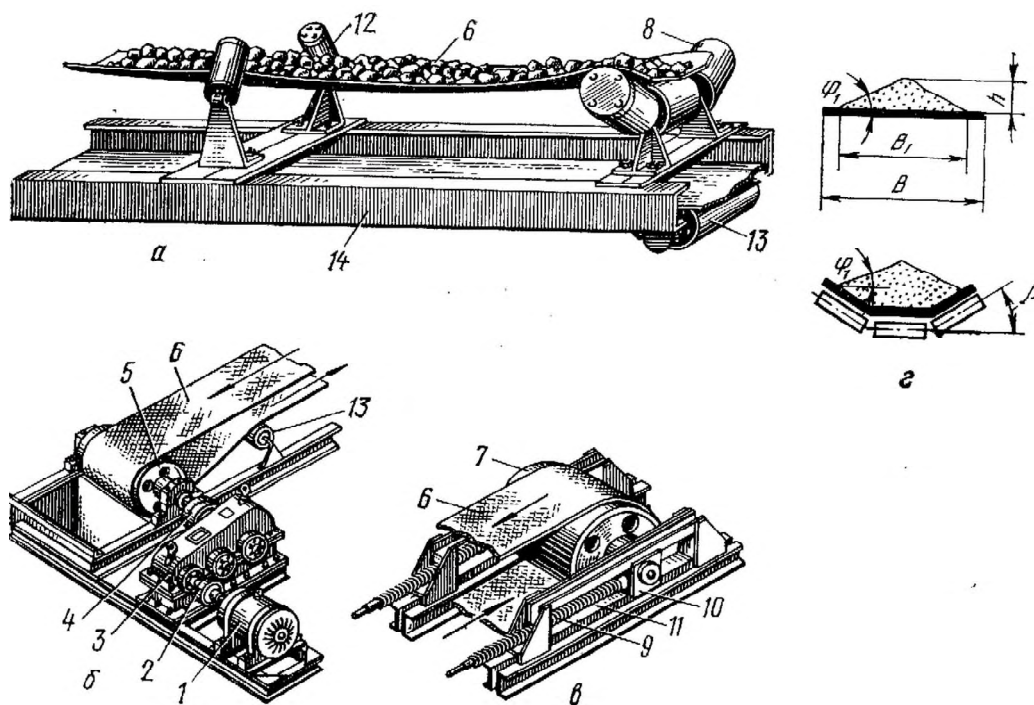
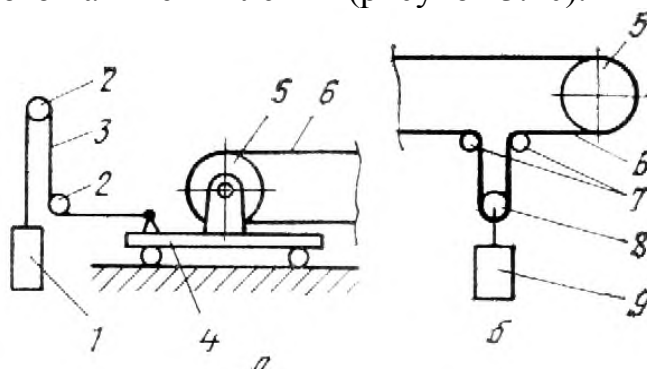


Рисунок 3.9 - Стационарный ленточный конвейер

Приводная станция имеет электродвигатель 1, соединенный муфтой 2 с редуктором 3, от которого крутящий момент через муфту 4 передается барабану 5, приводящему в движение ленту 6.

Натяжное устройство для натяжения ленты бывают трех типов: винтовые, грузовые и грузо-тележечные. На конвейерах длиной <60 м используют винтовые натяжные устройства: натяжной барабан 7, вал которого установлен в опорных подшипниках 10; последние можно перемещать вдоль рамы 11 винтами 9. В случае удлинения или укорачивания ленты 6 вращают винт 9, перемещая натяжной барабан до получения требуемого натяжения ленты (рисунок 3.10).



а – грузо-тележечное; б – грузовое

Рисунок 3.10 - Схема натяжных устройств ленточных конвейеров

Грузо-тележечные и грузовые натяжные устройства применяют в конвейерах длиной >60 м. В устройстве первого типа огибаемый лентой 6 натяжной барабан 5 установлен на тележке 4, которая при изменении натяжения ленты передвигается под воздействием груза 1, передаваемого канатом 3 через блоки 2. Грузовое вертикальное натяжное устройство устанавливают на нерабочей ветви ленты; оно состоит из двух отклоняющих барабанов 7 и натяжного барабана 8, который перемещается в вертикальном направлении под воздействием массы груза 9.

Выпускают резинотканевые и более прочные резинотросовые ленты шириной 0,4–2 м (до 3 м). Скорость движения ленты 1–2 м/с.

У пластинчатых конвейеров - лента выполнена в виде двух параллельных пластинчатых цепей с закрепленными между ними стальными пластинами, образующими настил ленты, их применяют для крупнокусовых, горячих и грузов с повышенными абразивными свойствами.

Сбрасывающие тележки барабанного типа для разгрузки материалов с конвейерной ленты в любом месте по ее длине представлены на рисунке 3.11.

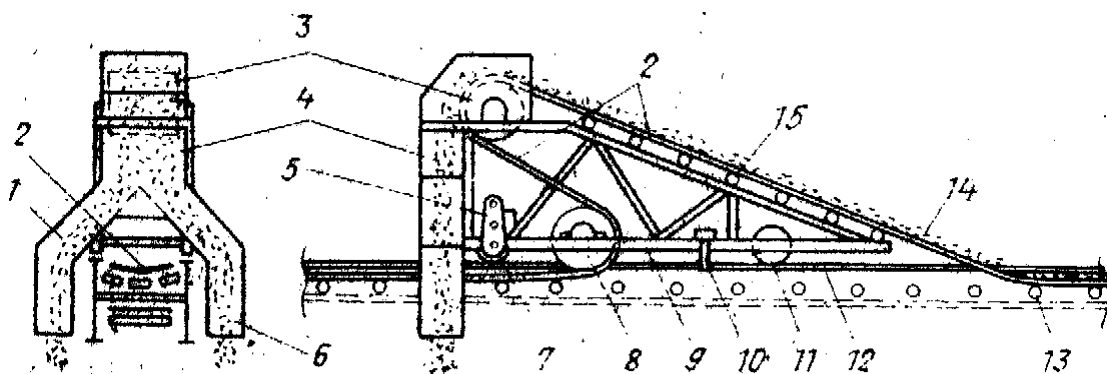


Рисунок 3.11 - Сбрасывающая барабанная тележка

Тележка состоит из рамы 9, которая с помощью привода 5, холостых 11 и приводных 7 колес перемещается по рельсам 12, уложенным вдоль движущейся по роlikоопорам 13 конвейерной ленты 2 с насыпным грузом 14. Движущаяся лента набегает на желобчатую роlikоопору 15 тележки и затем огибает барабаны 3 и 8. При огибании барабана 3 с ленты ссыпается материал в воронку 4 и затем выгружается по рукавам 1 и 6. Воронка может быть двухрукавной с выгрузкой материала по обе стороны ленты, однорукавной с выгрузкой по одну сторону и трехрукавной, когда материал с помощью поворотных заслонок направляют либо в два боковых рукава, либо в центральный рукав и из него вновь на ленту перед тележкой; в последнем случае материал разгружается через приводной барабан ленты (в конце конвейера). Разгрузку ведут при неподвижном положении тележки или в процессе ее передвижения; в первом случае тележку закрепляют тормозным устройством 10.

Реверсивные конвейеры для распределения доставляемых конвейером материалов по бункерам представлены на рисунке 3.12.

С конвейера 1 материал разгружают через воронку 2 на реверсивный конвейер на раме 6, которая перемещается по направляющим 7, привод конвейера 3 позволяет изменять направление движения ленты. При движении грузовой ветви реверсивного конвейера в направлении стрелки А материал разгружается через барабан 9 в



один из бункеров 8; при движении по стрелке Б—через барабан 4 в один из бункеров 5. Установку конца реверсивного конвейера над нужным бункером обеспечивают передвижением рамы 6 конвейера.

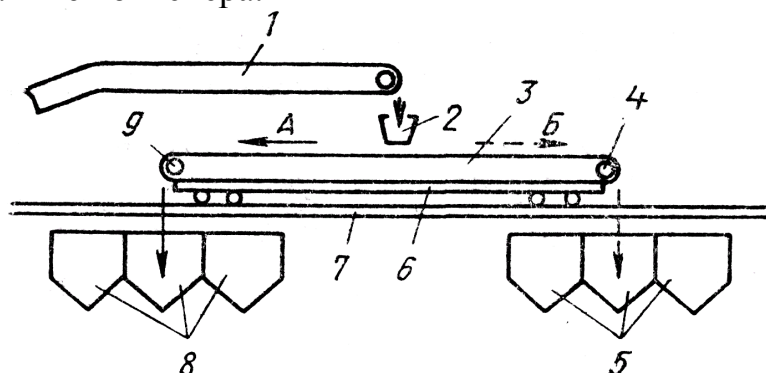


Рисунок 3.12 - Схема разгрузки материала в бункеры с помощью передвижного реверсивного конвейера

Элеваторы - предназначены для вертикального перемещения насыпных грузов. В линиях шихтоподачи используют ковшовые элеваторы (рисунок 3.13).

Тяговый элемент 2 (ленту или цепь) с ковшами 1, верхний приводной и нижний натяжной 3 барабаны или звездочки. В нижней части элеватора расположено винтовое или пружинно-винтовое натяжное устройство 4. Элеватор заключен в металлический кожух 6. Материал подается в загрузочный патрубок и ковшами поднимается вверх и выдается через разгрузочный патрубок 8. Высота элеваторов достигает 50 м, производительность 70 т/ч; скорость движения ленты - 0,4–2,0 м/с, размеры ковшей нормализованы.

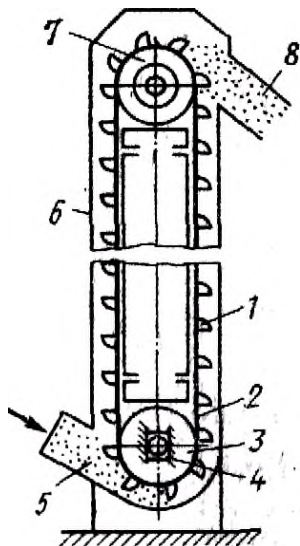


Рисунок 3.13 - Ковшовый элеватор

### 3.3 Расчет потребности в основном оборудовании

Число магнитных и грейферных кранов (штук) определяют по формуле:

$$n=Q_c \cdot \Sigma \cdot k / 1440 \cdot b,$$

где  $Q_c$  – суточный расход шихтового материала, т/сут;  
 $\Sigma$  – время на перегрузку 1 т материала, мин/т;

$k$  – коэффициент, учитывающий выполнение краном вспомогательных работ,  $k = 1,15$ ;

$b = 0,8$  – коэффициент использования крана;

1440 – число минут в сутках, мин/сут.

Число кранов  $n$  определяют для каждого шихтового материала отдельно и затем подсчитывают их общую потребность.

Таблица 3.1 - Время на погрузку и разгрузку 1 т материалов

Выполняемая работа	Время, затрачиваемое краном, мин/т			
	Диаметр магнита, мм		Объем грейфера, м <sup>3</sup>	
	1150	1650	1,75	3,0
Разгрузка лома	1,7	0,9		
Погрузка:				
лома	2,0	1,1	–	–
железной руды	–	–	0,6	0,4
извести	–	–	1,9	1,4
бокситов	–	–	1,0	0,7
плавикового шпата	–	–	0,9	0,6
известняка и заправочных материалов	–	–	1,0	0,6

Применение электромагнита диаметром 2100 мм вместо 1650 мм позволит повысить производительность крана (снизить величину  $\Sigma$ ) примерно в 2–2,5 раза; при подвеске двух электромагнитов на одном крюке крана производительность его возрастает примерно на 40%.

### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1 Как классифицируются шихтовые отделения металлургических цехов?
- 2 Дайте характеристику шихтовым отделениям для магнитных материалов.
- 3 Дайте характеристику шихтовым отделениям для сыпучих немагнитных материалов.
- 4 В чем заключается отличие транспортировки лома для конвертерных цехов и ЭСПЦ?
- 5 Какое основное оборудование применяется в шихтовых отделениях?



## 4 Подача жидкого чугуна в сталеплавильные цеха

Применяют три схемы подачи жидкого чугуна в СЦ из ДЦ: в открытых чугуновозных, передвижных миксерных и в промежуточных заливочных ковшах.

### 4.1 Стационарные миксеры

Миксеры устанавливают в отдельных зданиях – отделениях СЦ. Запас чугуна в миксере обеспечивает бесперебойное снабжение сталеплавильных печей. Кроме того, в миксере происходит усреднение состава и температуры чугуна (рисунок 4.1). Миксер 4 -сосуд бочкообразной формы, стальной кожух футерован изнутри, стойкость футеровки составляет 0,5–1,5 года.

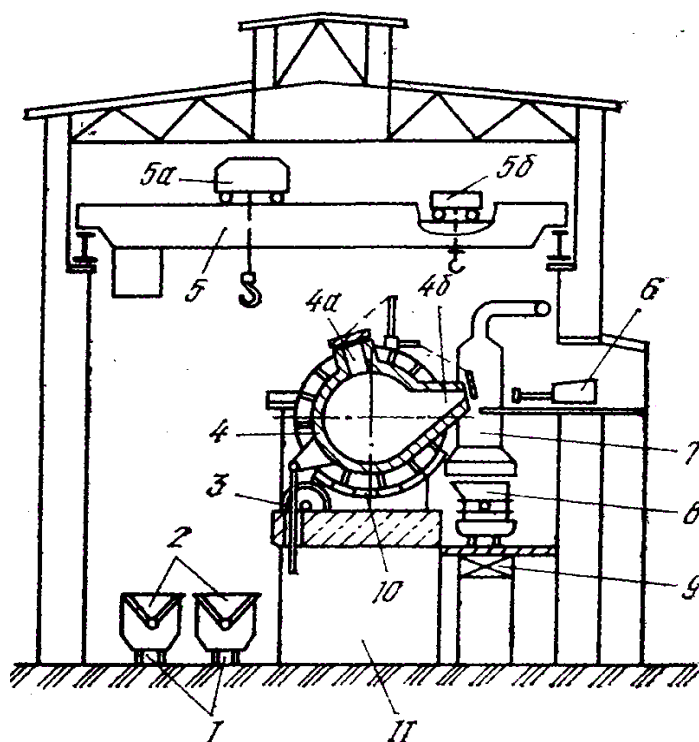


Рисунок 4.1 - Поперечный разрез верхнего миксерного отделения

Для заливки чугуна в миксер люк 4а, для слива – сливной носок 4б. Для снижения теплопотерь люк и носок снабжены крышками, а миксер подогревают горелками, установленными в его торцовых стенках.

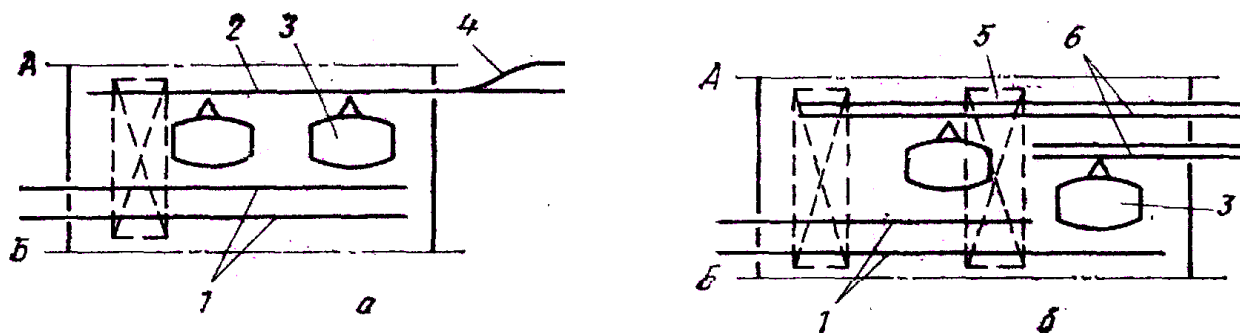
Кожух миксера опирается на две устанавливаемые на фундаментах 11 дугообразные опоры через ролики, заключенные в удерживающие их обоймы 10, что позволяет поворачивать миксер вокруг горизонтальной оси с помощью реечного механизма 3. Основные размеры типовых миксеров:

Вместимость, т.....	600	1300	2500
Наружный диаметр кожуха, м.....	6,3	7,64	9,4
Длина, м.....	8,27	10,7	14,07.

МО обычно в виде однопролетного здания (рисунок 4.2). На возвышающихся фундаментах 11 устанавливают от одного до трех миксеров 4, по одну сторону от

которых на нулевой отметке два жд пути 1 для подачи чугуна, а с противоположной один или два рельсовых пути для выдачи чугуна. Мостовые заливочные краны 5, весы 9, машины 6 для скачивания шлака. Чугун из ДЦ подают на пути 1 чугуновозами 2 в ковшах. Заливочным краном 5 ковш поднимают и заливают из него чугун в миксер через верхний люк 4а. Поворотом миксера сливают из него порцию чугуна в заливочный ковш 8 чугуновоза, находящегося под сливным носком на пути выдачи чугуна; по этому пути чугуновоз переезжает в загрузочный или печной пролет цеха.

Существуют две разновидности планировки МО (рисунок 4.2).



1 – путь подачи чугуна; 2 – жд путь выдачи чугуна; 3 – миксер; 4 – стрелочный съезд; 5 – заливочный кран; в – ширококолейные пути выдачи чугуна

Рисунок 4.2 - План миксерных отделений с расположением миксеров в линию (а) и «уступом» (б)

В первой установка одного или двух миксеров в одну линию и наличие одного рельсового пути 2 для выдачи чугуна с ковшами до 140 т, подачу с него чугуновозов на два пути загрузочного пролета обеспечивают стрелочным съездом 4.

Отделение с двумя миксерами имеет два широколинейных рельсовых путей для выдачи чугуна; миксеры здесь расположены «уступом», так что сливные носки находятся над одним из путей выдачи. Подобные отделения применяют для цехов с большегрузными конвертерами, где заливочные ковши большой вместимости (до 350 т) необходимо перевозить по путям широкой колеи.

МО подразделяют также на верхние и нижние;

- в верхнем миксер установлен на высоком фундаменте так, что чугун из него сливают в заливочный ковш, перемещаемый по рабочей площадке на том же уровне, что и рабочая площадка печного или загрузочного пролетов цеха (7–12 м);

- в нижнем миксер устанавливают так, что чугун из него сливают в ковш, перемещающийся по уровню пола цеха, это позволяет уменьшить высоту отделения и снизить затраты на строительство. Ширина здания МО 36 м; высота до верха подкранового рельса в верхнем отделении с 2500-т миксером ~37,5 м, в нижнем ~25 м.

МО располагают у торцов загрузочного или печного пролетов главного здания на расстоянии до 40 м от главного здания для создания аэрационного разрыва. В КЦ обычно одно МО, а в МЦ в связи с большой длиной печного пролета иногда два (с обоих торцов печного пролета).

Чугун в МО доставляют чугуновозами в 100- или 140-т ковшах.

Платформенные весы 9 располагают под сливным носком миксера, они взвешивают чугуновоз с ковшом. Для скачивания шлака из миксера используют маши-

ны гребкового типа 6, установленную на уровне сливного носка. Скачивание шлака необходимо, поскольку он содержит много (до 3%) серы, и такой шлак не должен попадать в печь.

Современные МО оборудуют системами газоочистки. Приемные зонты 7 системы располагают над сливными носками миксеров. Иногда в миксерном отделении устанавливают гребковые машины для скачивания шлака из чугуновозных ковшей перед сливом чугуна в миксер.

## 4.2 Расчет потребности в основном оборудовании

Число и вместимость миксеров. Суммарная необходимая вместимость миксеров ( $T_c$ , т):

$$T_c = 1,01 \cdot P_{\text{сут}} \cdot K_q \cdot t / 24 \cdot h,$$

где  $P_{\text{сут}}$  – суточная производительность цеха, т/сут;  
 $K_q$  – расход жидкого чугуна на 1 т слитков, т/т;  
 $h=0,7$  – коэффициент заполнения миксера;  
 $1,01$  – коэффициент, учитывающий потери чугуна в миксере;  
 $24$  – часов в сутках;  
 $t$  – среднее время пребывания чугуна в миксере (7 ч).

Число ( $n$ ) и вместимость ( $T$ ) каждого миксера подбирают на основании суммарной потребной вместимости ( $T_c$ ), исходя из соотношения  $n=T_c/T$ . При этом учитывают, что вместимость типовых миксеров составляет 600, 1300 и 3500 т.

Число заливочных кранов в миксерном отделении:

$$n = (1,01 \cdot P_{\text{сут}} \cdot K_q \cdot t_3 / 1440 \cdot P) \cdot (k/b),$$

где  $t_3$  – задолженность крана на заливку одного ковша (12–19 мин);  
 $k = 1,1$  – коэффициент занятости крана на вспомогательных работах;  
 $b = 0,8$  – коэффициент использования крана;  
 $1440$  – число минут в сутках;  
 $P$  – номинальная вместимость ковша, т;  
 $K_q = 0,8$  – коэффициент заполнения ковша чугуном.

Обычно число заливочных кранов, в миксерном отделении, равно числу миксеров.

Число жд путей в переливном отделении цеха, по которым доставляют миксерные ковши:

$$n = n_{\text{МК}} \cdot \Sigma / 24,$$

где  $\Sigma$  – задолженность пути, т. е. длительность пребывания ковша в отделении (~0,5 ч);  
 $n_{\text{МК}}$  – число поступающих в отделение за сутки миксерных ковшей, шт/сут.

Число поступающих ковшей:

$$n_{\text{МК}} = Q_c / (P \cdot 0,8),$$

где  $Q_c$  – суточный расход чугуна в цехе, т/сут.

Число чугуновозов с заливочными ковшами для доставки чугуна в загрузочный пролет КЦ (самоходных при доставке из переливных отделений и несамоходных при доставке из миксерных отделений):

$$n = A \cdot \Sigma / 1440,$$

где  $A$  – число плавов в цехе за сутки;

$\Sigma$  – задолженность чугуновоза на плавку (длительность оборота чугуновоза), мин/пл.

Задолженность чугуновоза при доставке чугуна из переливного отделения включает: переезд из загрузочного пролета и установку под сливной носок передвижного миксера (1–2 мин); слив чугуна из передвижного миксера (5 мин); переезд в загрузочный пролет (~1 мин); взятие заливочного ковша краном, заливку чугуна в конвертер и установку порожнего ковша на чугуновоз (6 – 9 мин) и выполнение обратных операций – всего 15-18 мин.

Задолженность ( $n$ ) одного несамоходного чугуновоза при подаче чугуна из МО включает установку чугуновоза под сливной носок миксера и отвод локомотива (2 мин); слив чугуна из миксера (5 мин), подход локомотива (1–2 мин); переезд в загрузочный пролет (0,6 – 2 мин); установку чугуновоза в загрузочном пролете и отвод локомотива (2 мин); взятие ковша краном, заливку чугуна в конвертер и установку порожнего ковша на чугуновоз (6 - 9 мин) и выполнение обратных операций – всего 18 – 25 мин. Число рельсовых путей для доставки чугуновозов в загрузочный пролет определяют по той же формуле, что и число чугуновозов; их задолженность на одну плавку равна задолженности чугуновоза. Для цеха с тремя конвертерами достаточно двух путей.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

- 1 Дайте общую характеристику миксерных отделений.
- 2 Какие существуют типы миксерных отделений?
- 3 Охарактеризуйте основное оборудование миксерных отделений.
- 4 В чем заключается методика расчета потребности оборудования миксерных отделений?
- 5 Опишите технологию подачи жидкого чугуна в сталеплавильные цеха и миксерные отделения.

## 5 Мартеновские цеха

### 5.1 Производительность печей и цеха

Производительность МЦ с большегрузными печами достигает 4-5 млн. т стали в год, при их количестве 12-15. Производительность печи определяют по формуле:

$$П = T \cdot 24 \cdot a \cdot n / 100 \cdot t,$$

где T - вместимость печи по массе жидкой стали, т;

t - длительность плавки, ч (таблица 5.1);

24 - число часов в сутках, ч/сут;

n - число рабочих суток печи в году, сут/год (335-340);

a - выход годных слитков по отношению к массе жидкой стали, % (97,5–99,4%).

Таблица 5.1 - Примерная длительность мартеновской плавки

Интенсивность продувки, м <sup>3</sup> /ч	Длительность плавки, ч, при вместимости печи, т				
	200-250	300	400-500	550-650	900
-	8,5	9	10,5	13	15,2
2000	6,5	7	8,6	9	11,3
4000	4,2	6	7,3	7,7	9,6
6000	3	4,2	5,7	6,6	8,6

Производительность МЦ возрастает при замене обычных мартеновских печей двухванными, их производительность с ваннами емкостью 280–300 т составляет 1,1–1,5 млн. т слитков в год.

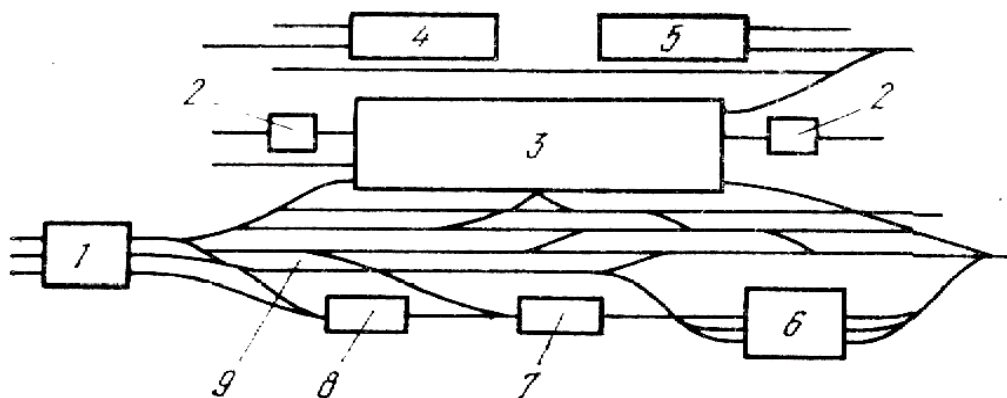
МЦ имеют единую схему планировки транспортных потоков и организацию работ с выплавкой и разливкой стали в главном здании. Вынесение всех работ по хранению и подаче шихтовых материалов и подготовке изложниц в специализированные отделения, располагаемые в отдельных зданиях с использованием жд транспорта.

Основные грузопотоки в МЦ: подача и загрузка в печи стального лома и сыпучих материалов, подача и заливка чугуна, подача изложниц, уборка слитков и шлака; вспомогательные грузопотоки – подача огнеупоров и материалов для ремонта и уборка ремонтных отходов.

Рациональная организация грузопотоков обеспечивается за счет расположения всех отделений в одном (продольном) направлении и транспортировки основных грузов по продольным рельсовым путям с использованием стрелочных съездов между ними. Перемещение грузов в поперечном направлении внутри отделений обеспечивается мостовыми кранами, что создает независимость грузопотоков в продольном и поперечном направлениях. Сеть автомобильных дорог для подвоза вспомогательных материалов и оборудования.

Основные производственные отделения МЦ: главное здание, миксерное отделение, два шихтовых отделения верхнего типа (одно для магнитных и второе для

сыпучих материалов), стрипперное отделение, участок охлаждения изложниц, отделение подготовки изложниц, отделение подготовки составов (рисунок 5.1).



1 – стрипперное отделение; 2 – миксерные отделения; 3 – главное здание; 4, 5 - шихтовые отделения для магнитных и сыпучих материалов; 6 – отделение подготовки составов; 7 – отделение подготовки изложниц; 8–участок охлаждения изложниц; 9 – жд пути

Рисунок 5.1- Схематический план мартеновского цеха

В зависимости от потребности в жидком чугуне цех имеет один или два МО, расположенных у торцов печного пролета, с верхним расположением миксеров, что позволяет транспортировать чугун к печам по уровню рабочей площадки печного пролета.

ШО верхнего типа обеспечивают транспортировку мультяных составов по рельсовым путям на уровне рабочей площадки печного пролета без подъемов и спусков что упрощает и ускоряет оборот составов.

## 5.2 Главное здание цеха

В главном здании выплавляют и разливают сталь в изложницы: расположение печей в одну линию и на уровне рабочей площадки, а также выполнение основных технологических операций – выплавки и разливки стали в специализированных пролетах. Здание состоит из трех пролетов: печного Б–В, разливочного А–Б и шихтового открытка В–Г (рисунок 5.2).

В печном пролете мартеновские печи 4, транспортные пути для подачи шихтовых, заправочных и вспомогательных материалов и оборудование для загрузки и обслуживания печей. Печи расположены между колоннами, разделяющими печной и разливочный пролеты так, что обеспечивается выпуск стали в разливочный пролет и вместе с тем печи выдвинуты в печной пролет настолько, что их оси находятся в зоне действия заливочного крана, это необходимо для обеспечения подачи грузов при ремонтах печи. Шаг колонн этого ряда кратен 12 м и для печей 300-900 т составляет 36 и 48 м. Печной пролет перекрыт рабочей площадкой на высоте, которая обеспечивает возможность обслуживания рабочего пространства через рабочие окна 6–8,1 м.



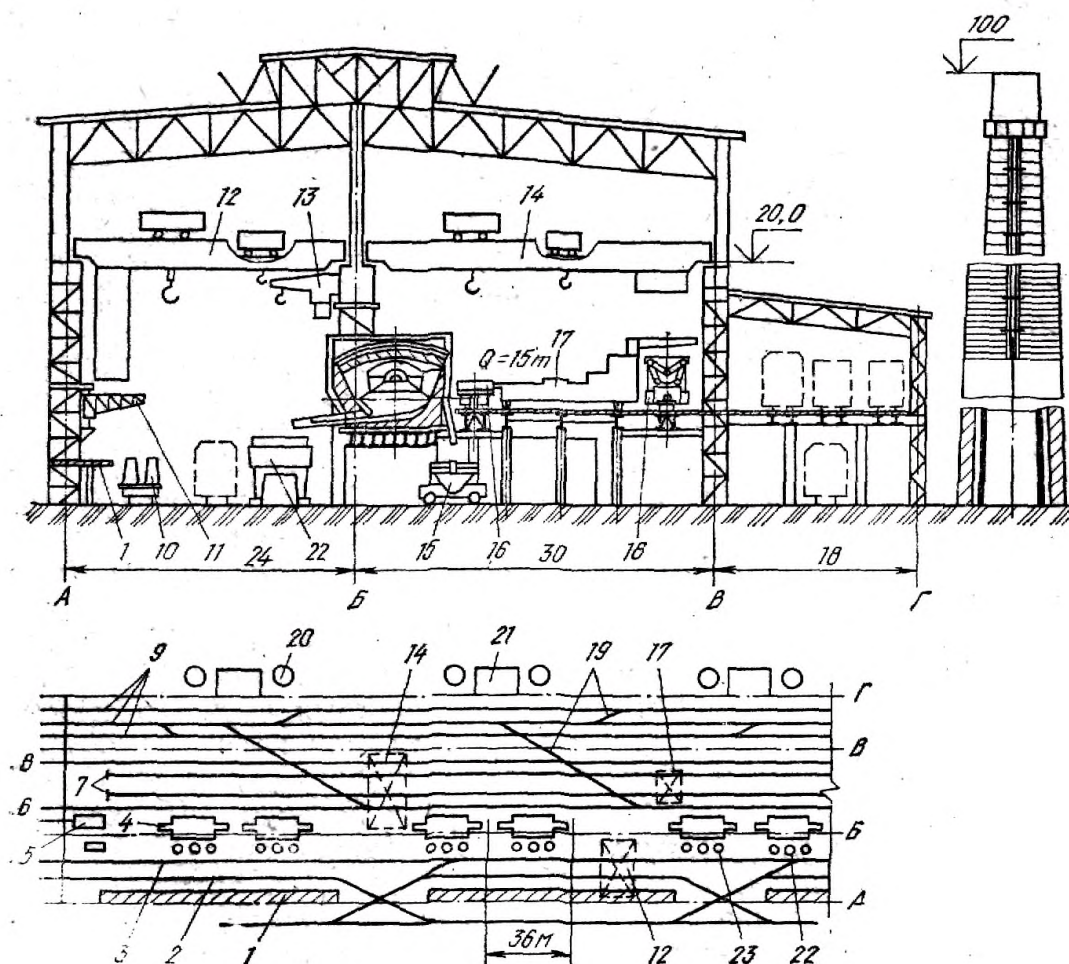


Рисунок 5.2- План и разрез главного здания мартеновского цеха

На рабочей площадке вдоль пролета уложены три рельсовых пути: ближний к печам путь 6 нормальной колеи – мультяный, на который подают мультяные составы 16 с шихтой при завалке. Дальний от печей путь 8 нормальной колеи – чугуновозный, по которому в пролет чугуновозами 18 подают жидкий чугун из МО. Средний путь 7 с шириной колеи от 7,5 до 9,5 м для перемещения завалочных машин 17.

Печной пролет оборудован мостовыми кранами 14 для заливки чугуна и напольными завалочными машинами 17. В холостых пролетах между печами располагают подвесные бункера для хранения ферросплавов, переносные бункера для заправочных материалов, участки ремонта желобов для заливки чугуна; заправочные торкрет-машины. Бункера для ферросплавов устанавливают у колонн между печами. Между колоннами, разделяющими печной пролет и шихтовый открылок, располагают пульты управления печами и вспомогательные помещения.

Ширина печного пролета определяется габаритами мартеновских печей и перемещаемого вдоль пролета оборудования для безопасного прихода (0,5 м между печью и мультяным составом и между составом и завалочной машиной и 1 м между чугуновозом и колоннами пролета). Ширина печного пролёта от 27 до 30 м., высота до верха подкрановых рельсов 16–20 м.

Шихтовый открылок - для обеспечения бесперебойной подачи мультяных составов с шихтой к печам. Он перекрыт рабочей площадкой, являющейся продолжением рабочей площадки печного пролета; на рабочей площадке уложены два или

три жд пути 9. Эти пути связаны стрелочными съездами 19 между собой, а также с мультимодальным путем печного пролета. На путях шихтового открьлка подаваемые из ШО мультимодальные составы ожидают начала завалки. Жд пути обеспечивают также возможность маневрирования составами при их подаче к печам и движении обратно. Ширина шихтового открьлка при двух рельсовых путях составляет 14 м, при трех 18 м; высота определяется габаритами жд вагонов. В шихтовом открьлке нет кранового оборудования, к нему примыкают помещения 21 котлов-утилизаторов и дымовые трубы 20.

Разливочный пролет служит для приема из печей стали, ее разливки в изложницы и для уборки из цеха шлака. Пролет оборудован кранами: разливочными 12, консольными 13 и велосипедными 11; разливочные площадки 1, разливочные пути 2 для тележек 10 с изложницами, путь 3 для вывоза шлака и мусора, стенды для сталеразливочных 22 и шлаковых 23 ковшей. Высота расположения разливочных кранов такая же, как и заливочных кранов печного пролета.

### **Организация основных работ.**

Мультимодальные составы с шихтой подают в шихтовой открьлок из ШО. Перед началом завалки мультимодальный состав подают к печи на мультимодальный путь. Завалочной машиной мультимодальную поднимают с состава, вводят через окно в печь и опрокидывают, после чего пустые мультимодальную вновь устанавливают на состав. После загрузки очередной, мультимодальную состав передвигают хоботом завалочной машины так, чтобы против рабочего окна печи вместо опорожненной оказалась полная мультимодальную.

Жидкий чугун подают в печной пролет на чугуновозный путь из МО чугуновозами. Чугун в печь заливают через специальные желоба, которые перед заливкой устанавливают краном в рабочие окна печи. При ремонтах миксера ковши с чугуном подают в торец печного пролета и поднимают их заливочным краном через проем 5 в рабочей площадке.

Ферросплавы доставляют в печной пролет на жд платформах в саморазгружающихся бадьях из склада ферросплавов. Бадью поднимают заливочным краном и разгружают ферросплавы в подвесные бункера, расположенные над рабочей площадкой между печами. Из бункеров ферросплавы выдают в печной и разливочный пролеты.

Подача ферросплавов в ковш производится при помощи совков и лотков.

Заправочные материалы привозят в печной пролет на жд платформах в саморазгружающихся бадьях, контейнерах и в бункерах, предназначенных для подсыпки порогов рабочих окон печей.

Шлак из печи во время плавки сливают через среднее рабочее окно в шлаковую чашу, которая перемещается под рабочим пространством по поперечному пути. После заполнения чашу выдают в разливочный пролет, где ее разливочным краном переставляют на шлаковозы, вывозящие шлак по продольному шлаковому пути. Шлак, сливаемый через шлаковые отверстия в задней стенке печи, и избыточный шлак, вытекающий из сталеразливочного ковша во время выпуска стали, попадает в шлаковые чаши 23, установленные рядом с разливочным ковшом и вывозят по шлаковому пути.



### 5.3 Основное оборудование

Напольные завалочные машины предназначены для загрузки в печь твердых шихтовых материалов с помощью мульт; кроме того, машины обеспечивают передвижение мультовых составов вдоль фронта печей при загрузке и с помощью специальных приспособлений, закрепляемых на хоботе, – уборку шлака и мусора у печи и др. (рисунок 5.3).

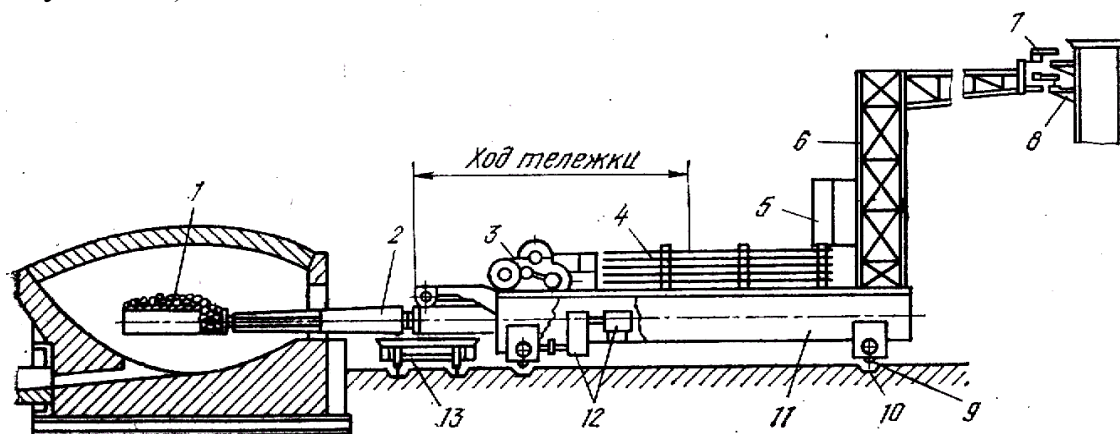
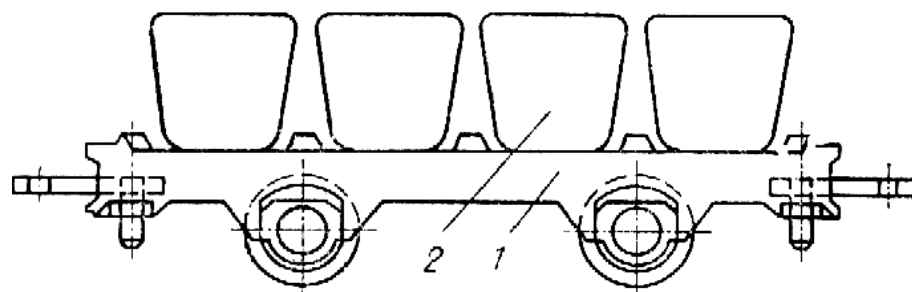


Рисунок 5.3 - Напольная завалочная машина

Напольная машина грузоподъемностью 15т: мост - 11, ходовые колеса 9 по рельсам 10 ширококолейного пути вдоль печей; для каждого колеса отдельный механизм передвижения 12. По мосту в поперечном направлении перемещается тележка 3, на которой смонтированы хобот 2 и механизмы: захвата мульты хоботом, его вращения, качания (подъема и опускания), передвижения тележки. На мосту портал 6 несет токосъемники 7 для электропитания машины от тролей 8, тролей 4 служат для подвода питания к механизмам, кабина – 5. При загрузке шихты хоботом захватывают мульту, стоящую на тележке 13, приподнимают мульту и движением тележки влево вводя мульту в печь, после чего вращением хобота ее опрокидывают.

Тяговое усилие моста машины составляет 300–600 т, что позволяет перемещать мультовые составы вдоль печей. Тележка для мульт представлена на рисунке 5.4.



1 – тележка; 2 – мульты

Рисунок 5.4 - Тележка для мульт

Чугуновозы служат для подачи заливочных ковшей с жидким чугуном из МО; их перемещают локомотивом. Вместимость заливочных ковшей 90 – 140 т.

## 5.4 Расчет потребности в оборудовании печного пролета

Число завалочных машин:

$$n=A \cdot \Sigma \cdot k / (1440 \cdot b),$$

где  $A$  - число завалок (плавков) в сутки, шт/сут;

$\Sigma$  – задолженность машины (длительность завалки) на одну плавку, мин/пл;

$k=1,3$  – коэффициент неравномерности, учитывающий возможность совпадения завалки на нескольких печах;

$b=0,8$  – коэффициент использования машины;

1440 – число минут в сутках, мин/сут.

Длительность завалки ( $\Sigma$ ) определяется числом загружаемых мульд на одну плавку и продолжительностью загрузки одной мульды. Продолжительность загрузки одной мульды напольной завалочной машиной принимают 1,0 мин. Число мульд с шихтой:

$$n_M=Q_{пл}/(V_M \cdot q),$$

где  $Q_{пл}$  – расход того или иного шихтового материала на одну плавку, т/пл;

$V_M$  – объем одной мульды, м<sup>3</sup>;

$q$  – насыпная плотность материала в мульде, т/м<sup>3</sup>.

Объем мульд для завалочных машин грузоподъемностью 7,5; 10 и 15 т соответственно 1,75; 2,2 и 2,2– 3,3 м<sup>3</sup>. Насыпная плотность материалов в мульде на 10–15% меньше насыпной плотности того же материала в бункере.

Число заливочных кранов рассчитывают по той же формуле, что и число завалочных машин. При этом  $\Sigma$  представляет собой задолженность крана на одну плавку (мин/пл) и складывается из затрат времени на основную (заливка чугуна) и на вспомогательные работы. Длительность заливки одного ковша составляет 10–15 мин, общая длительность заливки чугуна достигает 20–30 мин на плавку (учитывая установку желобов для заливки чугуна, транспортировку емкостей с ферросплавами, заправочными материалами).

### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1 Какие отделения входят в состав мартеновского цеха?
- 2 Какие основные грузопотоки существуют в мартеновских цехах?
- 3 Опишите планировку мартеновского цеха.
- 4 В чем заключается расчет потребности оборудования мартеновских цехов?
- 5 Какое основное оборудование используется в мартеновских цехах?
- 6 В чем заключаются преимущества и недостатки мартеновских цехов?

## 6 Конверторные цеха

### 6.1 Проектные решения по работе конвертеров

Наиболее распространен процесс с верхней продувкой; сравнительно невелика доля процесса с донным дутьем; в последние годы все более широкое распространение получают процессы комбинированной продувки и процессы с вдуванием кислорода через верхнюю фурму и подачу нейтральных газов через дно.

Первые КК имели ёмкость от 30 до 100 т, в настоящее время она достигает 350–400 т, что обеспечивает максимальную производительность.

Основные грузопотоки КЦ: доставка и заливка жидкого чугуна, доставка и загрузка лома; доставка и загрузка в конвертер сыпучих материалов; доставка и загрузка в ковш ферросплавов иногда с их нагревом или расплавлением; доставка ферросплавов на установки внепечной обработки; транспортирование ковшей с жидкой сталью; разливка и уборка слитков или литых заготовок; уборка шлака; доставка материалов для ремонта конвертеров, оборудования и уборка мусора.

Компоновка основных линий грузопотоков, взаимное расположение и число отделений цеха, планировки главного здания в КЦ очень разнообразны.

Производительность КК ( $P_k$ , т/год) определяется по формуле:

$$P_k = T \cdot 1440 \cdot a \cdot n / 100 \cdot t,$$

где  $T$  – вместимость конвертера (по массе жидкой стали), т;

$t$  – длительность плавки, мин;

1440 – число минут в сутках, мин/сут;

$n$  – число рабочих суток в году, сут/год;

$a$  – выход годных слитков по отношению к массе жидкой стали, %.

Продолжительность плавки по нормативным данным:

Вместимость конвертера, т.....	160	200	300	400
Продолжительность, мин:				
загрузки лома.....	2	2	2	2
заливки чугуна.....	2	2	2	2
продувки .....	12	12	12	12
отбора проб, замера температуры, анализа....	4	4	4	4
слива металла.....	4	5	6	7
слива шлака.....	2	2	2	3
подготовки конвертера и неучтенных задержек.	6	6	6	6
Продолжительность плавки, мин.....	32	33	34	36.

Выход годных слитков составляет: при разливке в изложницы 70-75%; МНЛЗ 95–98%.

Число рабочих суток ( $n$ ) в году зависит от организации работы конвертеров. При установке в цехе 3–4 конвертеров, один из которых постоянно находится в ремонте или резерве, число рабочих суток - 365. При отсутствии резервного конверте-

ра величина  $n$  для каждого из работающих конвертеров уменьшается в связи с простоями на ремонтах футеровки и газоотводящего тракта и горячими простоями и определяется по формуле:

$$n = 366 - n_{xp} - n_T - n_{гп} - n_{рг},$$

где  $n_{xp}$ ,  $n_T$ ,  $n_{гп}$  и  $n_{рг}$  – соответственно простои конвертера (сут/год) на холодных ремонтах, при торкретировании, во время горячих простоев и при ремонтах газоотводящего тракта. Величину этих простоев определяют с учетом следующего.

Стойкость рабочего слоя (интервал между холодными ремонтами) составляет без торкретирования 500–700 плавок, при торкретировании - до 1000 и более. Простои конвертеров на торкретировании составляют 1,5–2% календарного времени. Длительность ремонта рабочего слоя футеровки (холодного ремонта) следующая:

Вместимость конвертера, т.....	160	200	300	400
Общая длительность ремонта, ч .....	72	81	102	130
В том числе:				
охлаждение и подготовка к ремонту, ч .....	8	10	15	20
ломка футеровки, ч.....	15	19	28	38
кладка новой футеровки, ч.....	43	46	53	66
разогрев (обжиг), ч.....	6	6	6	6.

Горячие простои конвертеров составляют ~2% календарного времени. Простои на ремонтах газоотводящего тракта определяются длительностью ремонта ОКГ (охлаждителя конвертерных газов): два ремонта в год по 14 сут и один раз в шесть лет ремонт 53 сут.

Выбор числа и вместимости конвертеров проводят по заданной годовой производительности проектируемого цеха ( $\Pi_{ц}$ , т/год). Задавшись числом конвертеров, можно найти производительность каждого ( $\Pi_{к}$ , т/год) из соотношения  $n = \Pi_{ц}/\Pi_{к}$  и затем соответствующую этой производительности вместимость конвертера  $T$  по формуле:

$$\Pi_{к} = T \cdot 1440 \cdot a \cdot n / 100 \cdot t.$$

Выбранная емкость конвертеров должна соответствовать типовому ряду (по массе жидкой стали): 50, 100, 130, 160, 200, 250, 300, 350 и 400 т.

Эффективность повышения вместимости конвертеров следующая:

Вместимость конвертера, т.....	200	400
Капиталовложения, % .....	90	75
Производительность труда, % .....	126	190
Себестоимость стали, % .....	99	98
Расходы по переделу, % .....	96	87.

За 100% приняты показатели для 150-т конвертера.

Рекомендуются конвертеры вместимостью 300–400 т. Максимальная производительность и экономичность обеспечивается 2–3 большегрузными конвертерами.

Желательна внепечная десульфурация чугуна перед его подачей к конвертеру, полное скачивание шлака из заливочного ковша перед сливом чугуна в конвертер, применение комплексных флюсов.

В последние годы доля лома в шихте увеличена до 30% и более за счет дожига-ния СО в полости конвертера, предварительного подогрева лома, загрузки в конвер-тер перед продувкой кускового угля, вдувания через донные фурмы пылевидного топлива и др.

Конвертеры устанавливают в цехе на стационарных продувочных стендах, обо-рудованных машинами подачи кислорода с кислородными фурмами, системами га-зоочистки загрузки сыпучих материалов). Также на продувочном стенде конвертер ремонтируют.

Основные отделения КЦ следующие: главное здание, верхнее миксерное, верх-нее шихтовое для магнитных материалов, нижнее для сыпучих материалов, отделе-ния раздевания слитков и подготовки изложниц.

Цех со 100-300-т конвертерами (рисунок 6.1).

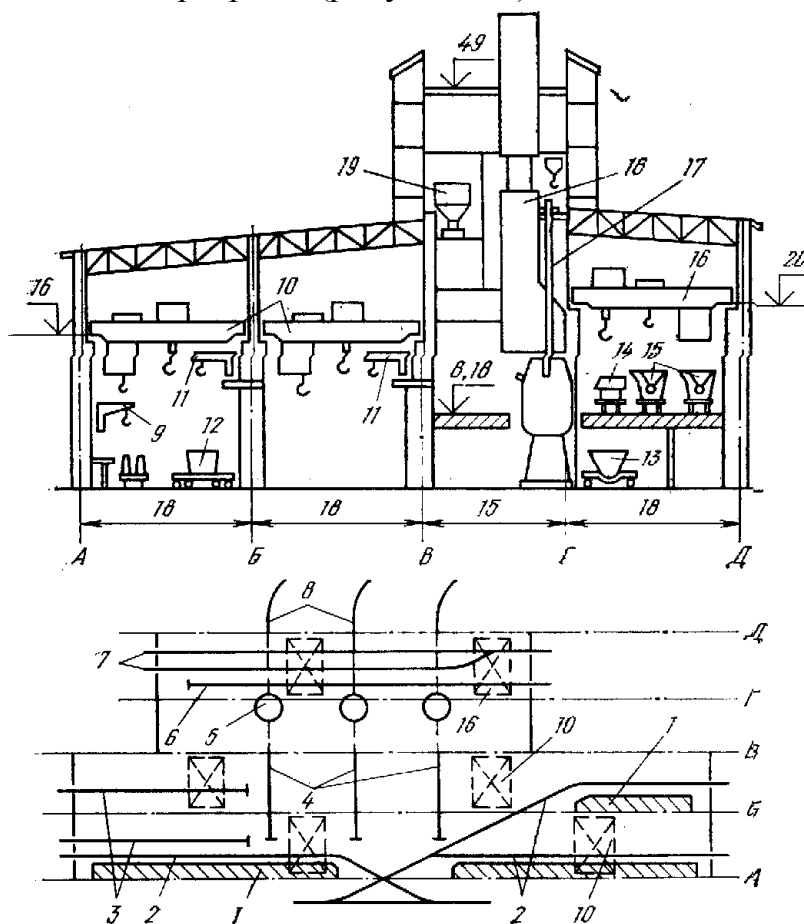


Рисунок 6.1 - План и разрез главного здания конвертерного цеха со 100-300-т конвертерами и разливкой стали в изложницы

Главное здание состоит из четырех пролетов: загрузочного Г–Д, конвертерного В–Г и двух разливочных Б–В и А–Б.

В конвертерном пролете установлены три конвертера 5 (с расстоянием между ними 18 м), фурмы 17 с механизмами их перемещения, системы загрузки сыпучих 19 и отвода и очистки конвертерных газов 18. Конвертерный и загрузочный пролеты перекрыты рабочей площадкой на высоте 8,18 м.

В загрузочном пролете два мостовых заливочных крана 16. На рабочей площадке вдоль конвертеров проложены два жд пути 7 для чугуновозов 15 и один путь

6 для подачи совков 14 с ломом. Под конвертерами проложены поперечные ширококолейные пути 4 в сторону разливочных пролетов и криволинейные жд пути 8 для выезда на внешние пути.

В разливочных пролетах для разливки в изложницы: разливочные площадки 1, разливочные пути 2, разливочные мостовые 10 и велосипедные 9 краны. Для подготовки и ремонта ковшей консольные краны 11, пути 3 для подачи огнеупоров и уборки мусора.

Жидкий чугун подают к конвертерам по путям 7 чугуновозами 14 из МО. Заливочные ковши поднимают с чугуновозов и заливают чугун кранами 16. Стальной лом из отделения магнитных материалов подают в загрузочный пролет на путь 6 тележками, на которых совки 14 с ломом объемом  $3,5 \text{ м}^3$  находятся в поперечном положении. Опрокидывание совков с ломом в наклоненный конвертер осуществляют реечным механизмом, расположенным под рабочей площадкой или механизмом, смонтированным на тележке. Сталь выпускают в ковш, установленный на сталевозе 12, которым подают ковш в разливочный пролет по пути 4.

Шлак сливают в ковш, установленный на самоходном шлаковозе 13, который вывозят из цеха локомотивом по поперечно-криволинейным путям 8 на межцеховые жд пути и по ним – в отделение первичной переработки шлака.

Оптимальным считается способ загрузки лома одним совком. В загрузочном пролете цеха установлен загрузочный кран 16 грузоподъемностью 60 т с тележкой, оборудованной поворотной платформой, на которой расположен механизм подъема, связанный с четырехкрюковой траверсой для захвата совка. Совок объемом  $40 \text{ м}^3$ , привозимый на платформе в продольном положении, кран поднимает, разворачивает на  $90^\circ$  (в поперечное положение) и загружает лом из совка в конвертер.

В цехе НЛМК установлены три 300-т конвертера с верхним МО и доставка из него чугуна к конвертерам по рабочей площадке загрузочного пролета; доставка в цех совков с ломом по продольным путям и их разворот в поперечное положение в двух перестановочных пролетах; двусторонняя подача совков с ломом в загрузочный пролет и загрузка лома двумя совками с помощью полупортальной машины; наличие в главном здании пролета перестановки шлаковых ковшей на продольные пути вывоза из цеха; непрерывная разливка стали (рисунок 6.2).

Основные отделения КЦ: главное здание, верхнее МО, нижнее ШО для сыпучих материалов, отделение непрерывной разливки стали (ОНРС) с блочным расположением двухручьевых слябовых криволинейных УНРС в отдельном здании, (с аэрационным разрывом в 36 м от главного здания цеха) и связанном с ним ширококолейными сталевозными путями 8.

Главное здание состоит из четырех пролетов: загрузочного В–Г, конвертерного Г–Ж, шлакового Б–В, ковшового А–Б и примыкающих к углам двух шихтовых открьлков 13 между колоннами рядов Ж–У.

В конвертерном пролете, который разделен вспомогательными колоннами на собственно конвертерный Г–Д и вспомогательно – энергетический Д–Е–Ж, расположены конвертеры 7 (расстояние между ними 48 м), машины 24 для подачи кислорода с фурмами 23, система загрузки сыпучих, газоотводящий тракт и 80-т кран 25 для обслуживания ремонта приводов конвертеров, фурм и котлов-утилизаторов. Рабочая площадка (+11,5 м) перекрывает загрузочный и конвертерный пролеты. Пуль-

ты 33 управления конвертерами расположены между колоннами ряда В.

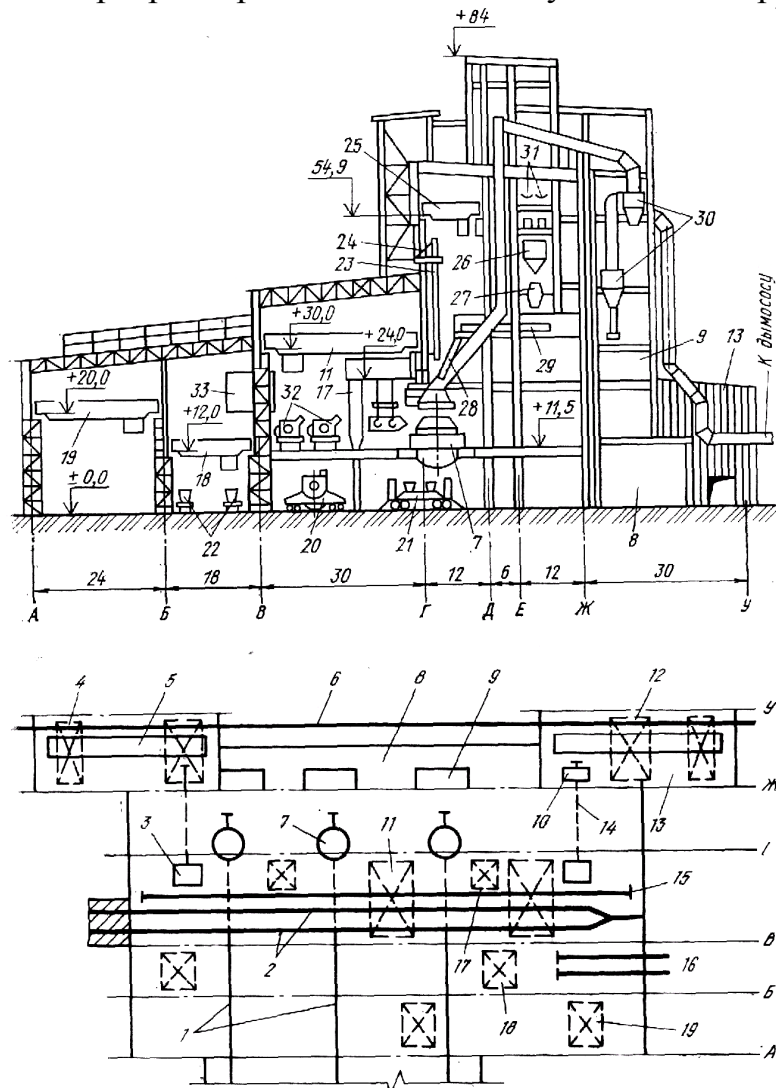


Рисунок 6.2 - Главное здание конвертерного цеха НЛМК

В загрузочном пролете установлены два заливочных крана 11 (400+100/16 т), две полупортальные машины 17 (2×130 т) для загрузки лома; на рабочей площадке проложен опорный рельс 15 полупортальных машин. Шлаковый пролет с двумя мостовыми кранами 18 (125+30 т), служит для перестановки и вывоза из цеха шлаковых ковшей по путям 16.

Ковшовый пролет с кранами 19 (125+30 т) для ремонта и подготовки сталеразливочных ковшей. Под конвертерами проложены ширококолейные пути 1, идущие через все пролеты в ОНРС.

В шихтовых открылках магнитные краны 4, мостовые краны 12 (130 т) с поворотной тележкой, ямные бункера 5 для лома, привозимого россыпью по путям 6. Жидкий чугун подают к конвертерам чугуновозами 32 в 300-т заливочных ковшах по ширококолейным путям 2, проложенным на рабочей площадке из верхнего МО, расположенного слева от главного здания. Заливочный ковш поднимают краном 11 и заливают из него чугун в конвертер. Стальной лом доставляют в шихтовые открылки 13 по пути 6 из скрапоразделочного цеха. До 20% лома привозят россыпью с разгрузкой в траншею 5, а основную часть в совках объемом 50 м<sup>3</sup>, размещенных на

платформах в продольном положении. Совки поднимают и разворачивают в поперечное положение краном 12 и устанавливают на пол открьлка или на скраповоз 10. После догрузки лома в совки из бункеров 5 магнитным краном 4 скраповоз перевозит два совка по поперечному пути 14 в загрузочный пролет, где их через проем 3 в рабочей площадке поднимает полупортальная машина 17 и поочередно загружает из них лом.

Система загрузки сыпучих материалов – двусторонняя. В пролете Е–Ж с каждой стороны от конвертера установлено по четыре бункера 26, материалы в которые доставляют конвейерами 31 из ШО. На каждые два расходных бункера установлены весы-дозатор 27, из них материалы выдаются в пролет Г–Д поперечным конвейером 29 и затем по наклонной течке 28 загружаются в конвертер. Ферросплавы доставляют в саморазгружающихся бадьях в торец конвертерного пролета, где на рабочей площадке находится участок хранения ферросплавов и их подачи в ковш.

Сталь выпускают в ковш, установленный на сталевозе 20, который по поперечному пути 1 переезжает в ОНРС. Шлак сливают в ковши самоходного шлаковоза 21, который переезжает из-под конвертера по пути 1 в шлаковый пролет; здесь ковши со шлаком переставляют краном 18 на несамоходные шлаковозы 22 и вывозят их в шлаковое отделение по путям 16.

## 6.2 Доставка и загрузка лома

Расход стального лома при работе конвертеров по обычной технологии составляет 25–27 % со специальными мерами 30–35 %. Лом загружают в конвертеры совками. Сначала лом в 100–130-т конвертеры загружался совками объемом 3,5 м<sup>3</sup>; их число на одну плавку достигало пяти, за 7–10 мин. В новых цехах загрузку лома производится одним или двумя совками объемом 20–100 м<sup>3</sup>.

Лом загружают в совки в шихтовых пролетах главного здания, в которые его привозят, или в отделениях подготовки лома (ОПЛ) и скрапоразделочных цехах. Совки объемом 20–100 м<sup>3</sup> имеют большую длину (7,5–14 м), поэтому при транспортировке их располагают вдоль рельсовых путей. Совки объемом 50–70 м<sup>3</sup> можно перевозить жд транспортом, а для совков объемом 100–120 м<sup>3</sup> необходимы ширококолейные пути и самоходные рельсовые тележки.

Совки с ломом в загрузочные пролеты КЦ доставляют по двум схемам: в поперечном положении, требуемом для загрузки лома в конвертер, и в продольном с последующим разворотом совков в поперечное положение. Существуют следующие схемы доставки совков в загрузочные пролеты:

- из верхнего ШО в продольном положении по продольным путям на уровне рабочей площадки цеха в торец загрузочного пролета, где краном их устанавливают на поворотные круги и разворачивают в поперечное положение;
- по предыдущей схеме с тем отличием, что в загрузочном пролете установлен загрузочный кран с поворотной тележкой, который поднимает совок, разворачивает его и загружает лом из совка (КЦ «Криворожсталь»);
- по предыдущей схеме с тем отличием, что в загрузочном пролете совок краном устанавливают на напольную машину, которая разворачивает совок в поперечное положение и затем загружает лом в конвертер;



- из нижнего ШО или скрапоразделочного цеха по продольным путям в перестановочный пролет главного здания, где совки краном с поворотной тележкой разворачивают в поперечное положение, догружают в них лом из ямного бункера и затем по поперечным путям доставляют в загрузочный пролет;

Рациональнее доставка совков в поперечном положении, так как при этом не требуются отделения и оборудование для разворота совков в поперечное положение.

Скрапоразделочный цех должен быть расположен вблизи загрузочного пролета, чтобы ширококолейные поперечные пути не создавали помех другому транспорту.

Применяют как одностороннюю (в один торец загрузочного пролета), так и двустороннюю (в два торца либо в торец и середину загрузочного пролета) доставку лома.

При односторонней облегчаются другие проектные решения по цеху, но не во всех случаях гарантирована своевременная доставка совков к конвертерам.

Загрузку лома ведут напольными и полупортальными машинами и мостовыми кранами. Достоинство напольных машин в том, что процесс загрузки не зависит от работы кранов; недостатки – большие машины загромождают загрузочный пролет, задалживаются краны для установки совков на машину и их снятия, утяжеляется рабочая площадка пролета. Поэтому в новых цехах они почти не применяются.

Полупортальные машины работают независимо от заливочных кранов и не загромождают рабочую площадку пролета; недостаток - необходимость утяжеления рабочей площадки и увеличения высоты расположения заливочного крана, чтобы под ним разместить полупортальную машину.

Мостовые заливочные краны имеют меньшую, чем заливочные краны, грузоподъемность (200 т. в цехе с конвертерами 350 т.) и обычно передвигаются по тем же подкрановым путям, что и заливочные краны (в цехе с тремя конвертерами обычно устанавливают два заливочных и один завалочный кран). При этом не требуются полупортальные машины и утяжеленная рабочая площадка в загрузочном пролете, снижается высота тяжелой части загрузочного пролета на 2 м. Недостаток: при трех конвертерах и трех кранах в загрузочном пролете (два заливочных и один загрузочный) возможны простои конвертеров при остановке на ремонт среднего крана.

Полупортальная загрузочная машина (рисунок 6.3) поднимает сразу два совка и последовательно загружает из них стальной лом в наклоненный конвертер. Основа машины – мост (полупортал) 3 опирается двумя нижними двухколесными балансирными тележками 18 на рельс 1 на рабочей площадке и двумя верхними балансирными тележками 8 на рельс 5, закрепленный на колоннах 7 здания цеха; у каждой тележки одно колесо приводное, связанное с механизмом 2 передвижения. Две тележки 4, на которых размещен механизм передвижения 17 и два механизма подъема, связанные канатами 10 с четырехкрюковым устройством для захвата совка, которое выполнено в виде двух траверс 11 и 14, шарнирно связанных двумя продольными тросами 12, барабан 16 с приводом вращения от электродвигателя 5; сматываются канаты 1, обеспечивая подъем или опускание траверс 11 и 14. При синхронном вращении двух барабанов тележки совка 13 находится в горизонтальном положении, при вращении с разной скоростью, совок наклоняется.

Электропитание через троллеи 6, управление из кабины 15. Применяют машины грузоподъемностью 2х130 т с совками объемом 37 м<sup>3</sup> и 2х130 т с совками объемом 50 м<sup>3</sup>; скорость передвижения 50 м/мин и скорость подъема крюков 10 м/мин (рисунок 52).

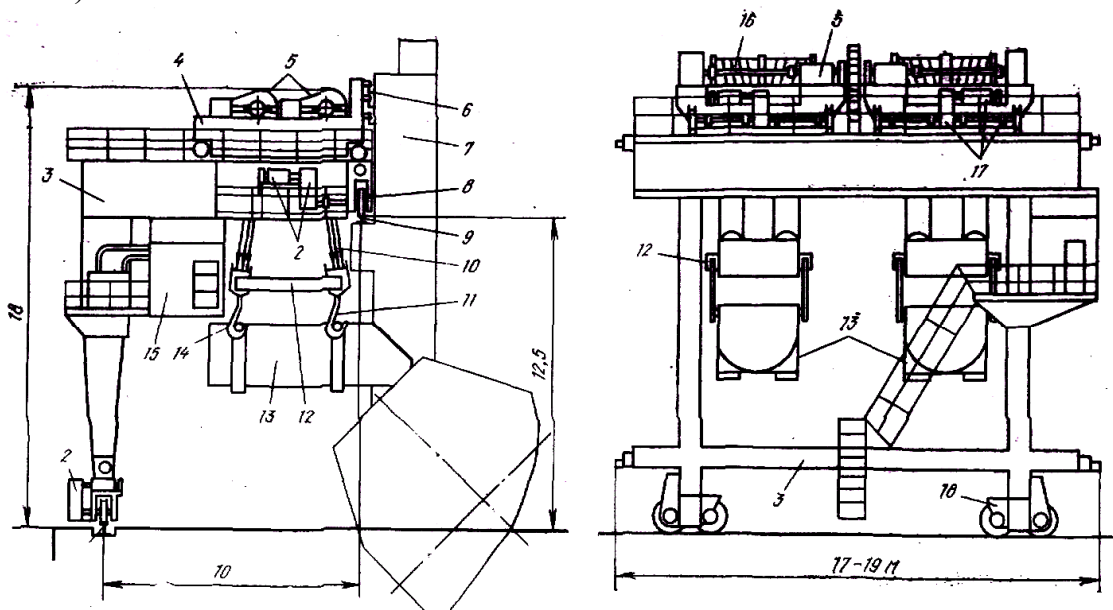


Рисунок 6.3 – Полупортальная загрузочная машина

Крановая завалочная машина - мост с механизмом его передвижения с двумя механизмами подъема, которые обеспечивают подъем и кантование совка четырехкрюковым грузозахватным устройством. Два механизма подъем SL и грузозахватное устройство аналогичны устройствам полупортальной машины. В цехах с конвертерами вместимостью 350 т используют завалочные краны грузоподъемностью 200 т

Скраповозы предназначены для транспортировки совков с ломом на самоходной тележке, сварная рама 2 которая опирается на две двухколесные тележки 3. Тележка состоит из рамы, в которой смонтированы два ходовых колеса 4 и механизм передвижения, связанный с обоими колесами (рисунок 6.4).

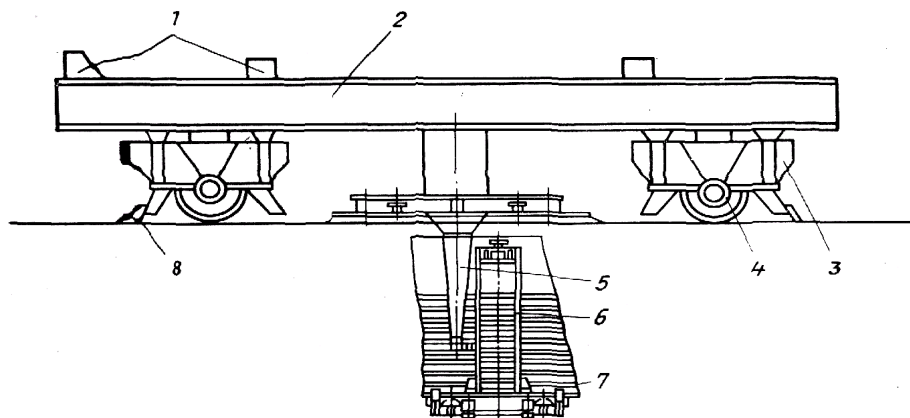


Рисунок – 6.4 Скраповоз

Питание электродвигателей через токоприемное устройство с бугелем 5 с кареткой 6 и троллеями 7, уложенным в траншее, идущей вдоль рельсового пути по которому движется скраповоз. Для фиксации совков служат упоры 1, восемь скреб-

ков 8 для очистки рельсов.

### 6.3 Системы подачи и загрузки сыпучих материалов

Системы подачи и загрузки сыпучих материалов включают расположенные над конвертерами расходные бункера для хранения оперативного запаса материалов, устройства для дозированной выдачи из них материалов и загрузки последних в конвертер, а также тракт доставки материалов в разовые бункера (рисунок 6.5).

Расходные бункера системы загрузки сыпучих располагают над конвертерами на высоте 35–55 м. Материалы в них подают ленточными конвейерами – известь из известковообжигательного отделения, а остальные из шихтового. При большом расстоянии до этих отделений вблизи главного здания цеха сооружают приемные бункера, в которые материалы доставляют жд вагонами или автосамосвалами. Из приемных бункеров материалы транспортируют в расходные бункера конвейерной системой.

Конвейерная система подачи материалов в расходные бункера: из бункеров 6 шихтового отделения материалы доставляют к расходным бункерам двумя конвейерными трактами, каждый из которых состоит из трех ленточных конвейеров 2; материалы с одного конвейера на другой перегружают с помощью воронок 5 и двухрукавных течек 4. Течки 4 снабжены перекидными шиберами, что позволяет передавать материалы с одного тракта на другой. Материалы из бункеров 6 выдают на конвейерные ленты вибрационными питателями, а с ленты разгружают в бункера 1 сбрасывающими тележками 3. Конвейеры расположены в закрытых галереях, места перегрузки снабжены устройствами для улавливания пыли.

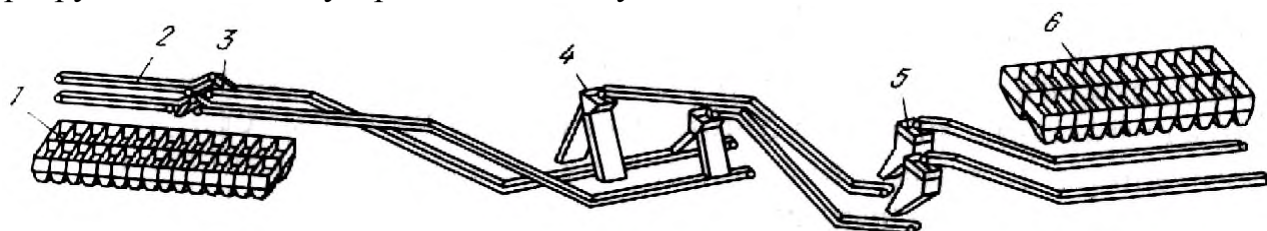


Рисунок 6.5 - Схема подачи сыпучих материалов в расходные бункера конвертерного цеха

Система загрузки материалов в конвертер обеспечивает хранение оперативного запаса; набор, дозирование и загрузку порций материалов в определенной последовательности без остановки продувки; возможность быстрого варьирования программы загрузки; автоматизацию всех процессов; малое выделение пыли.

Системы загрузки различаются устройством, числом и компоновкой отдельных элементов, бывают одно- и двусторонние, с индивидуальными и общими для двух конвертеров расходными бункерами, с промежуточными бункерами и без них.

Для конвертеров 100–130 т применяется односторонняя система загрузки с двумя расходными бункерами для извести и по одному для плавикового шпата и железной руды (рисунок 6.6). Сыпучие материалы из ШО подают ленточным конвейером 8 и разгружают в расходные бункера 6 передвижным реверсивным конвейером 7. Из расходных бункеров известь передают ленточными питателями 4, а дру-

гие материалы питателями 5 в весы-дозатор 3, далее поперечным ленточным конвейером 9 в промежуточный бункер 2 и из него по выдвижной наклонной течке 1 в конвертер.

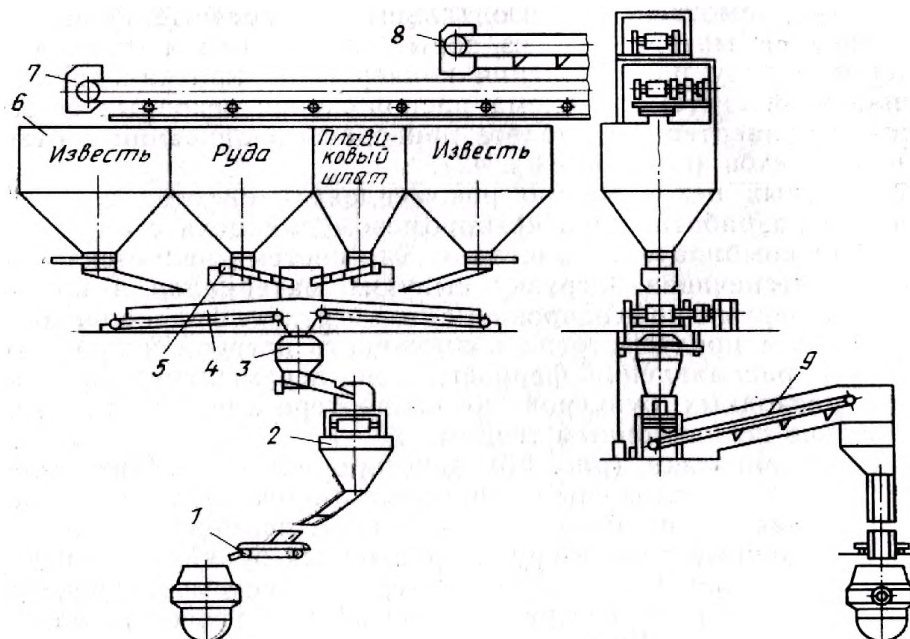


Рисунок 6.6 - Схема системы загрузки сыпучих материалов в цехе со 100-130-т конвертерами

Двухсторонняя система загрузки сыпучих материалов, в которой наряду с самопроизвольным перемещением материалов по наклонным, течкам предусмотрены горизонтальные поперечные конвейеры для передачи материалов от расходных, бункеров к конвертерам (рисунок 6.7).

Система загрузки с 350-т конвертерами совмещенная, обеспечивая загрузку сыпучих материалов в конвертер и одновременно дозирование и загрузку ферросплавов в ковш, причем предусмотрена возможность нагрева и расплавления ферросплавов; перемещение материалов от расходных бункеров до конвертера происходит по наклонным течкам.

Система загрузки двусторонняя – с обеих сторон: конвертера 2 расположены одинаковые линии загрузки, каждая из которых включает загрузочную течку 4, промежуточный бункер- 6 и связанные с ними группу расходных бункеров 11 и другого оборудования. На каждый конвертер предусмотрено десять, расходных бункеров: четыре бункера И для извести, два для плавикового шпата Я и по одному для известняка Из, агломерата А, железной руды Р и кокса К. Бункера рассчитаны на хранение 700 т извести, 600 т плавикового шпата, 1050 т руды, 1200 т агломерата и окатышей, 1150 т известняка и 50 т кокса. Каждые один или два расходных бункера снабжены отдельными; весами-дозаторами 8 с объемом бункера 6 м<sup>3</sup> и пределами взвешивания 0,5–5 т.

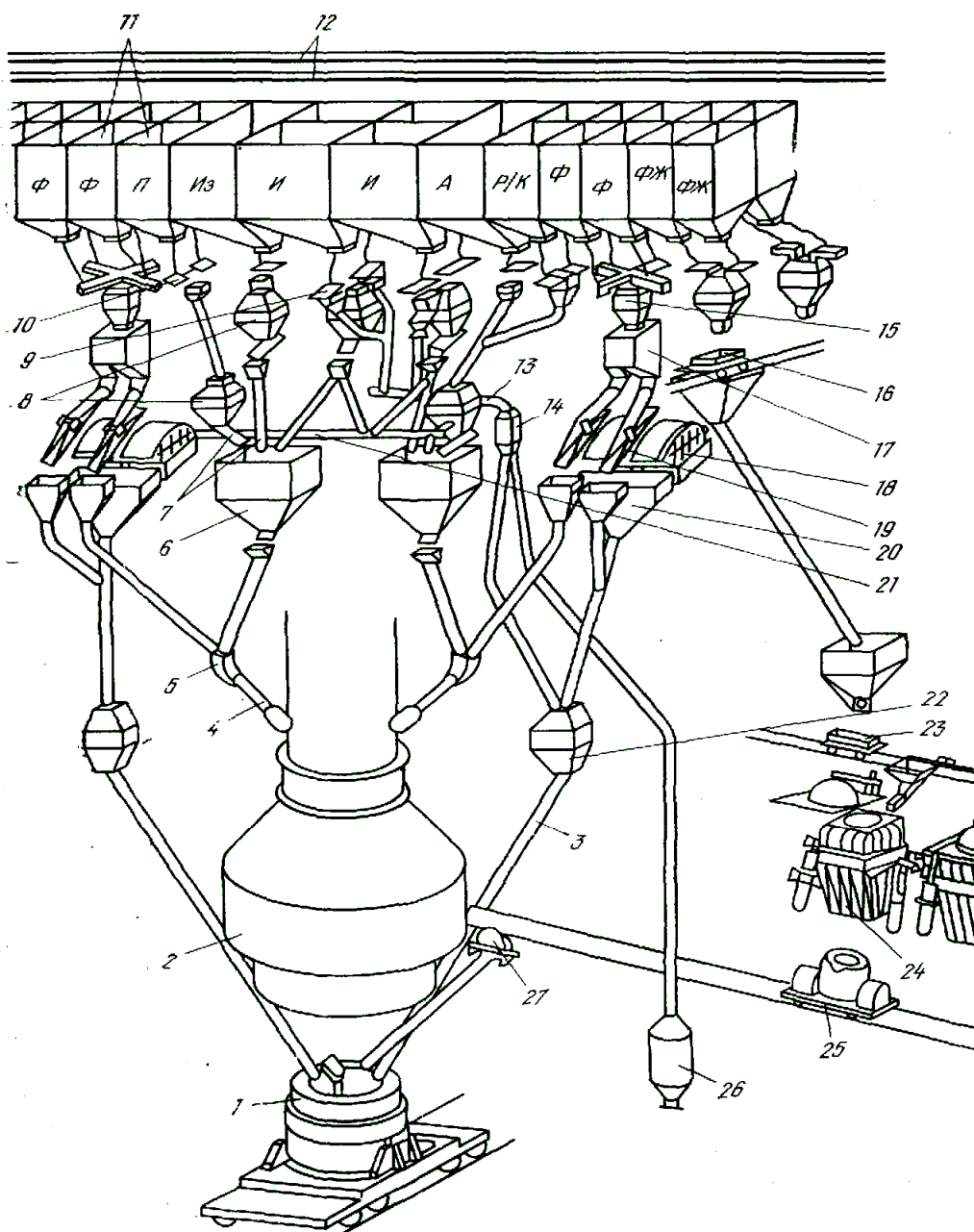


Рисунок 6.7- Схема системы загрузки сыпучих материалов в конвертер и ферросплавов в ковш комбината «Азовсталь»

Материалы доставляют к расходным бункерам 11 двумя ленточными конвейерами 12 и разгружают в бункера передвижными автоматическими сбрасывающими тележками. Из расходных бункеров известь с помощью электровибрационных грохотов 9, а остальные материалы с помощью электровибрационных питателей 10 выдаются в соответствующие весы-дозаторы 8, а из них открыванием затворов через трубчатые течи 7 в промежуточные бункера 6. Набранную шихту через воронки 5 по трубчатым течкам 4 загружают в конвертер; воронки 5 снабжены отсечным устройством, герметизирующим газоотводящий тракт. На грохотах происходит отсев мелочи извести, которая по трубчатым течкам поступает на вибрационный конвейер 13, транспортирующий ее в сборный бункер 14. Далее мелочь извести по трубчатым течкам подают в сталеразливочный ковш (через весы-дозатор 22) или в специальные емкости 26 для вывоза из цеха. Для загрузки реверсивный конвейер 21, подающий



известь из-под весов-дозаторов одного конвертера в случае его остановки в промежуточные бункера 6 другого. Между весами-дозаторами 8 и вибрационными питателями 9 или грохотами 10 установлены пылеудалители.

В системах весовых дозаторов бункер 2 с отверстием 5 для загрузки подвешен на трех тягах 3 с тензодатчиками и опорная рама 4. К нижней части бункера на четырех тягах 6 с пружинными амортизаторами подвешен электровибрационный питатель 1, который служит затвором бункера и обеспечивает выгрузку порции материала.

### **Подача ферросплавов в сталеразливочный ковш**

Существует несколько систем подачи ферросплавов. В цехах со 100–130-т конвертерами ферросплавы доставляют в саморазгружающихся бадьях и разгружают в расходные бункера, расположенные в торце загрузочного пролета. Из бункеров их выдают в саморазгружающиеся бадьи, установленные на весах; далее бадьи тельфером подают к одному из трех бункеров, расположенных у каждого конвертера.

При выпуске стали ферросплавы из бункера выдаются на ленточный конвейер, а с него через поворотную точку в ковш. Эта система не обеспечивает автоматизацию подачи ферросплавов, их нагрев и расплавление, затруднена корректировка массы добавок, а электротельферы, конвейеры и поворотные точки недостаточно надежны.

Более совершенные системы (НЛМК и ЗСМК). На рабочей площадке в торце конвертерного пролета шесть расходных бункеров, восемь печей для прокаливания ферросплавов и две индукционные печи для их расплавления. Сплавы подают в цех на платформе 1 в бадьях и разгружают краном 3 в расходные бункера 2. Из них сплавы с помощью весовой тележки 4 выдают в контейнеры 5, которые краном подают к печам для прокаливания 7 или индукционным печам 8 (рисунок 6.8).

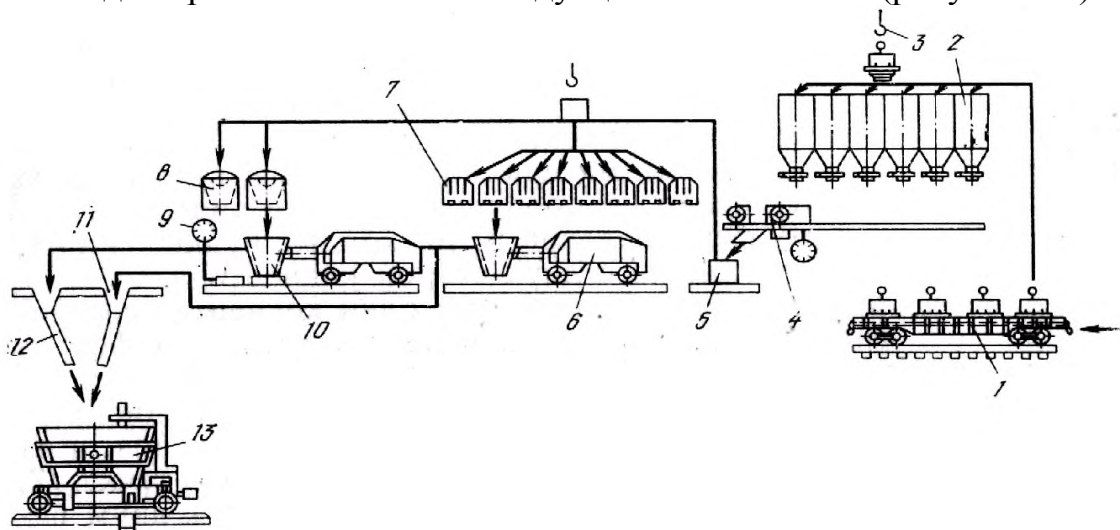


Рисунок 6.8- Схема подачи ферросплавов в ковш в конвертерном цехе НЛМК

Прокаленные сплавы из печей 7 выгружают в контейнер, который электропогрузчиком 6 доставляют к конвертеру. Здесь их высыпают в специальный лоток, разделенный на секции поворотными перегородками. Во время выпуска металла лоток наклоняют, и порции разных ферросплавов последовательно высыпаются из не-

го и через течку 11 попадают в ковш 13. Расплав из печи 8 выпускают в установленный на весах 9 ковш 10. Далее ковш напольной машиной перевозят к конвертеру и сливают сплав через футерованную течку 12 в стальной ковш.

#### 6.4 Оборудование для транспортировки продуктов плавки

Сталь выпускают в ковш сталевоза, который передвигается за перемещающейся при наклоне конвертера струей металла (рисунок 6.9). Сталевоз для ковша вместимостью 350 т. Сварная рама состоит из двух продольных 5 и четырех поперечных 11 балок; на площадки 12 продольных балок опирается ковш. Рама тележки опирается на четыре балансира 8 с двумя колесами в каждом. Две крайние пары колес приводные. Для питания электродвигателей токоприемное устройство, включающее бугель 2, на котором закреплена каретка 3 с токосъемниками 4, они скользят по троллеям в тоннеле.

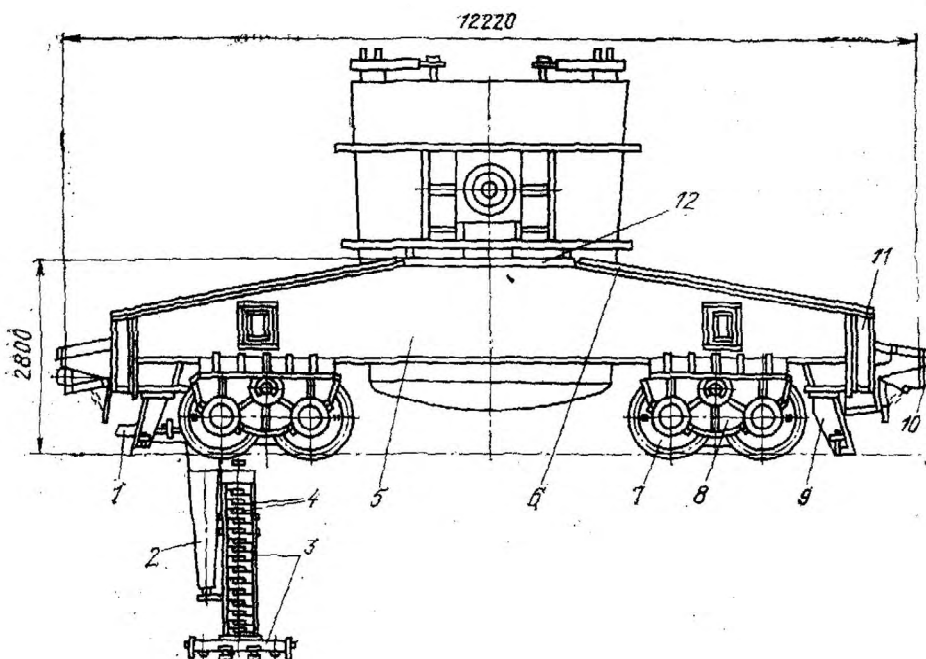


Рисунок 6.9 - Сталевоз для ковша емкостью 350 т

Верх рамы закрыт настилом 6 для защиты от попадания металла и шлака. Для сцепления с другими машинами служат автосцепки 10. Устройство 1 для подъема металлической ленты, которая закрывает тоннель сверху. Четыре стационарных скребка 9 служат для очистки рельсов. Управление сталевозом дистанционное.

Основные характеристики сталевозов :

Длина/ширина, м.....	11,4/4,6	12,7/5,8	13,4/6,9	12,2/6	12,7/5,6
Грузоподъемность, т.....	180	320	450	450	500
Ширина колеи, м.....	3–3,6	4,35	4,35	4,8	4,8
Вместимость ковша, т.....	130	250	320	350	385.

Шлаковозы предназначены для уборки и вывоза шлака из цехов с конвертерами 100–160 т, перестановки шлаковых ковшей из других цехов, их вместимость 16 м<sup>3</sup>

(рисунок 6.10).

Для выдачи шлаковых ковшей от конвертеров в пролет перестановки на продольные пути вывоза из цеха и для транспортировки в рядом расположенное ОППШ применяют самоходные ширококолейные шлаковозы, которые перевозят один-два шлаковых ковша вместимостью 16 м<sup>3</sup> или один ковш 29 м<sup>3</sup> и иногда дополнительно короба для мусора. Их основные характеристики:

Длина/ширина, м.....	8,64/4,3	9/4,1	12,8/6,3	13,8/6,1	138/6,5
Грузоподъемность, т.....	80	100	220	320	320
Ширина колеи, м.....	3,6	3,0	4,8	4,35	4,8
Число и объем ковшей, м <sup>3</sup> ..	1x 16	1x16	1x29	2 x 16	2 x 16.

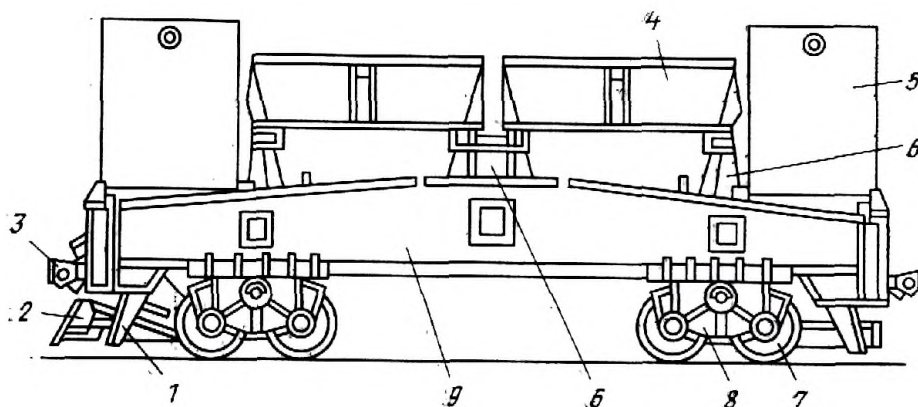


Рисунок 6.10 - Самоходный шлаковоз с двумя шлаковыми ковшами

Шлаковоз имеет сварную раму 9, опирающуюся на четыре балансира 8, в каждом из которых смонтировано по два ходовых колеса 7. На раме закреплены два механизма передвижения, каждый из которых вращает одну из крайних пар ходовых колес. К верху рамы приварены опорные стойки 6 для установки шлаковых ковшей 4 и двух коробов для мусора 5. Четыре стационарных скребка 1 служат для очистки рельсов; подъемный скребок 2 – для очистки полотна пути между рельсами. Питание электродвигателей механизмов передвижения осуществляют от троллей в тоннеле, проложенном вдоль рельсового пути с помощью токоприемного устройства, аналогичного тем, которые применены на скраповозе и сталевозе, имеет две автосцепки 3.

ОППШ служит для опорожнения шлаковых ковшей (рисунок 6.11). Жидкий шлак привозят в несамоходных шлаковозах по жд пути 1. Шлак выливают в траншею наклоном ковша на одном из участков траншеи, на другом где шлак уже застыл, его загружают в платформы грейферным краном. После охлаждения шлак грузят мостовыми кранами в платформы 2 (стоящие на жд пути) и вывозят на участки шлакопереработки.

ОППШ конвертерного цеха ММК (рисунок 6.12): две параллельно расположенные траншеи для шлака между которыми проложена эстакада (насыпь) 7 высотой 5 м с двумя жд путями 4, 5 для шлаковозов. Две траншеи 1 для жидкого шлака расположены в одном конце отделения и две траншеи 6 для твердых остатков шлака



– в противоположном. Траншеи для твердых остатков шлака (А- В), обслуживаются мостовыми магнитно-грейферными кранами 3 грузоподъемностью 15/15 т (по два крана на траншею). Между траншеями 1 и 6 участок длиной 24 м, над которым по колоннам А и Б перемещается мостовой кран 2 для обработки шлаковых ковшей с «козлами» застывшего металла. Вдоль траншеи 1 для жидкого шлака над жд путями 4 и 5 по опорам колонн ряда Б перемещаются подвесные однобалочные краны 8 с устройствами 9 для пробивки корки застывшего шлака в ковшах перед сливом из них шлака.

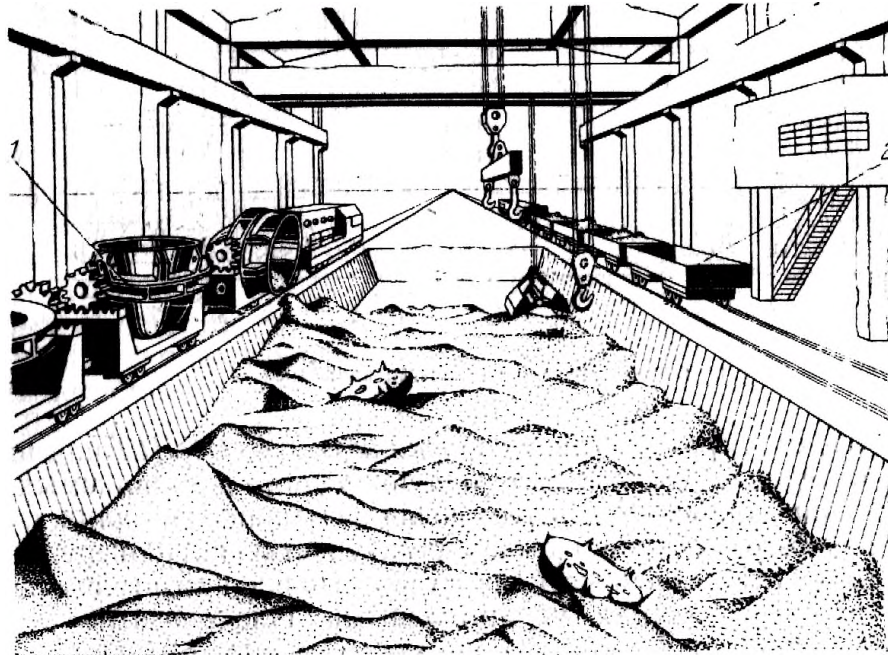


Рисунок 6.11 - Общий вид шлакового отделения

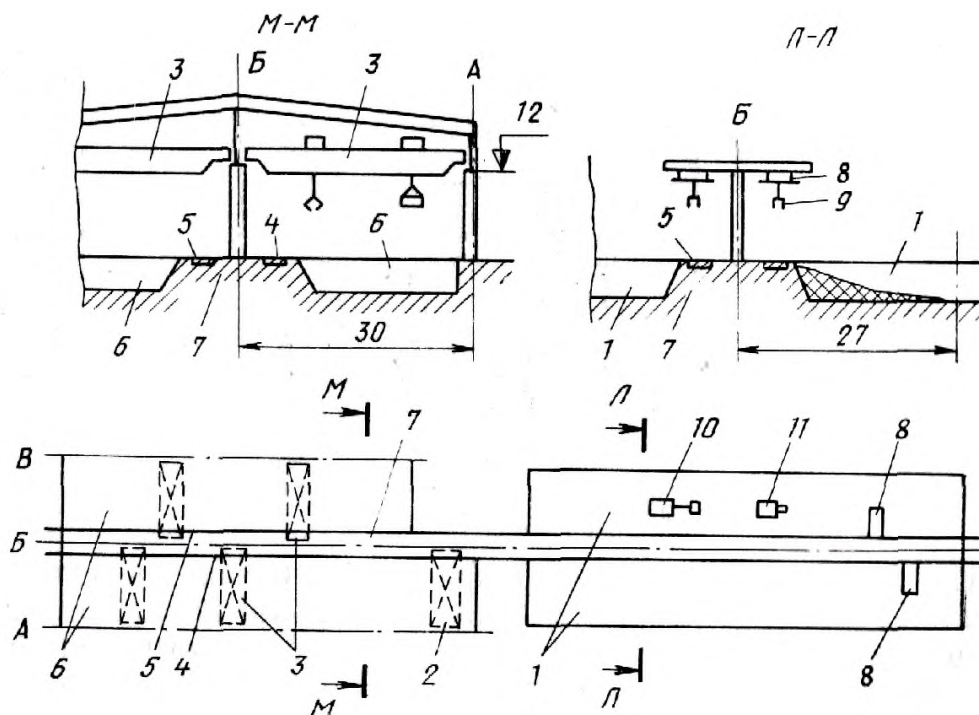


Рисунок 6.12 - Шлаковое отделение конвертерного цеха ММК

Площадь и длина траншей из расчета: две трети – жидкий шлак, а одна треть – твердые остатки в ковшах. Объем траншей 1 рассчитан на прием трехсуточного количества жидкого шлака от двух 350-т конвертеров (длина 180 м, высота налива шлака у стенки эстакады 7, равной 4 м, объем шлака в каждой из траншей 6000 м<sup>3</sup>). Состав из нескольких шлаковозов устанавливают на путь 4 либо 5 и после пробивания корки шлака наклоняют ковши, сливая шлак в траншею. Трое суток сливают в одну траншею 1, а затем в течение трех суток во вторую. За время заполнения одной из траншей 1, из второй шлак вывозят автосамосвалами, которые загружают экскаватором 10 и бульдозером 11. Шлак, сливаемый в траншею, поливают водой.

Ковши с остатками затвердевшего шлака транспортируют к траншеям 6, где остатки шлака удаляют ударами по ковшу грузом. Краны 3 служат для удаления остатков шлака из ковшей, дробления коржей шлака (сбрасыванием груза), извлечения скрапа, отгрузки шлака. Каждая из траншей 6 рассчитана на переработку шлака, поступающего в течение четырех суток.

Отделение - открытая площадка с крановой эстакадой, с рядами колонн А и Б и шестью бетонированными ямами (секциями) 4 для слива шлака (рисунок 6.13).

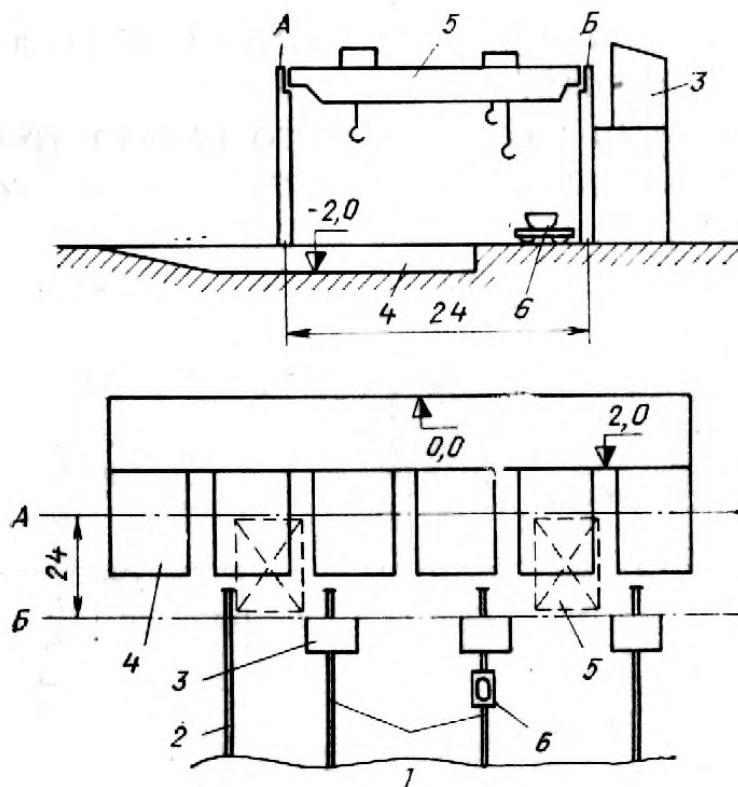


Рисунок 6.13 - Шлаковое отделение конвертерного цеха ЧерМК

Крановая эстакада оснащена двумя мостовыми кранами 5 грузоподъемностью 180+63/20 т и консольным копром для продавливания шлаковой корки в ковшах. Секции имеют длину 24,4, ширину 18 и глубину 2 м; при толщине слоя шлака 0,5м. Отделение соединено с главным зданием тремя проходящими под конвертерами ширококолейными путями 1 и путем 2, проложенным до ОНРС.

По путям 1 самоходные ширококолейные шлаковозы 6 доставляют от конвертеров в пролет А–Б ковши со шлаком вместимостью 29 м<sup>3</sup>; ковш поднимают краном 5 и сливают жидкий шлак в одну из бетонированных секций 4. Пустой ковш ставят

на шлаковоз и подают к установке 3, где его внутреннюю поверхность опрыскивают известковым раствором и далее ковш доставляют к конвертеру.

После заполнения каждой секции шлаком на высоту 0,5 м делают выдержку и затем шлак поливают водой. Застывший шлак разрабатывают после его охлаждения до температуры 150–200°С: разрыхляют бульдозером и затем экскаватором загружают в автосамосвалы.

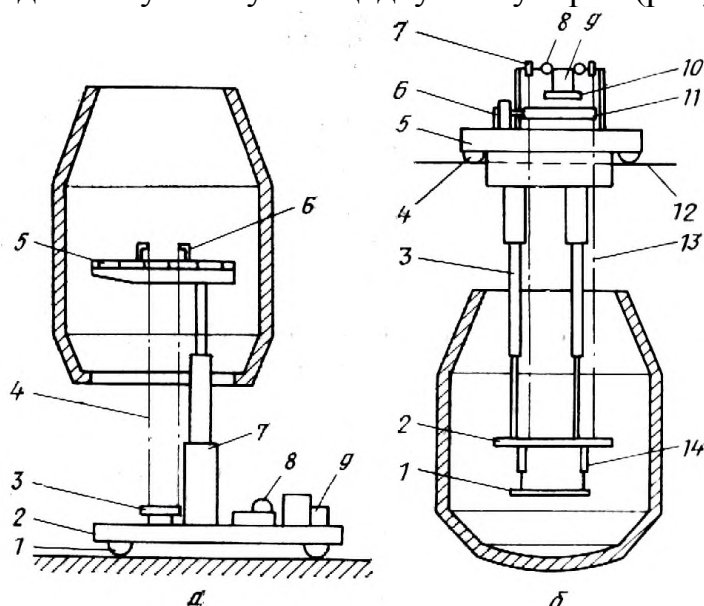
Шлаковые ковши из ОНРС с застывшим шлаком и скрапом доставляют в отделение по пути 2. Краном 5 ковши кантуют и затем шлак дробят сбрасыванием груза на него слитка массой 10т. Извлекают скрап, который на самосвалах отправляют в скрапоразделочный (копровой) цех. Особенностью работы этого отделения является то, что уборку шлака производят без применения жд транспорта.

### 6.5 Оборудование для ремонта конвертеров

При ремонтах конвертеров применяют различные машины для ломки футеровки; домкратные тележки для замены днищ; телескопические подъемники для ремонта конвертеров с отъемным днищем; крановые машины для ремонта глуходонных конвертеров; машины и механизмы для подачи огнеупоров и уборки боя огнеупоров и др.

Машины для ломки футеровки гусеничные гидравлические экскаваторы Э-5015А с коленчато-рычажной стрелой, оборудованные ковшом и пневмо- или гидромолотом; гидравлических экскаваторов с гидромолотом.

Машины для ремонта (кладки) футеровки перемещают и удерживают на нужной высоте в полости конвертера рабочей площадки для персонала, выполняющего кладку футеровки, и доставку на эту площадку огнеупоров (рисунок 6.14а).



а – телескопическое; б – кранового типа

Рисунок 6.14 - Устройства для ремонта футеровки конвертеров

Телескопический подъемник - несамоходная платформа 2 с четырьмя ходовыми колесами 1. Подъемник устанавливают на рельсовый путь краном и передвигают по пути сталевозом. На платформе 2 расположены телескопический гидроцилиндр

7, на штоке которого закреплена рабочая площадка 5, станция 9 гидропривода, люлька 3 и привод 8. Шток гидроцилиндра 7 поднимает рабочую площадку на необходимую высоту. Огнеупоры на поддоне устанавливаются автопогрузчиком на люльку (площадку), находящуюся в нижнем положении, затем включая привод 8 с помощью канатов 4, перекинутых через обводные блоки 6, люльку поднимают на рабочую площадку для ее прохода в рабочей площадке предусмотрен проем.

Крановая машина (рисунок 6.14б) для ремонта футеровки: несущий мост 5, механизм перемещения ходовых колес 4 перемещается по рельсовому пути 12. Мост с помощью трех телескопических направляющих 3 соединен с рабочей площадкой 2, а с ней при помощи трех телескопических стоек 14 соединена нижняя рабочая площадка 1, она снабжена откидными козырьками, которыми можно изменять ее диаметр так, чтобы она доходила до стенок конвертера.

Рабочую площадку 2 поднимают через блоки 7 канатами 13, наматываемыми на барабан 11 приводом 6. Поддоны с огнеупорами поднимают с пола цеха грузовым лифтом до площадки, расположенной на уровне рельсов 12. Далее автопогрузчиком их перевозят к машине и устанавливают на люльку 10, которую опускают вниз до рабочих площадок (или поднимают) с помощью лебедки и канатов 9, перекинутых через блоки 8. Нижнюю рабочую площадку 1 перемещают приводом подъемника огнеупоров, сцепив ее с люлькой 10. Рабочие спускаются на площадки 2 и 1 по лестнице.

## **6.6 Рациональные решения для проектируемых цехов**

Рациональные решения для проектируемых конвертерных цехов следующие:

- установка в цехе трех большегрузных конвертеров, два из которых постоянно работают, а третий является подменным;

- доставка совков с ломом в загрузочный пролет в поперечном положении на нулевой отметке из ОПЛ. Или же доставка совков с ломом в продольном положении из отдаленного скрапоразделочного цеха с их последующим разворотом в поперечное положение в пролетах: главного здания (цех НЛМК);

- в главном здании цеха предпочтительно размещение ОНРС с линейной планировкой.

- загрузка лома в конвертеры одним - двумя совками сокращается длительность плавки и упрощается: организация: доставки совков за счет уменьшения их числа, но требуется увеличение высоты тяжелой части пролета;

- использование для загрузки лома полупортальных машин или мостовых кранов;

- скачивание шлака из заливочных ковшей без участия заливочных кранов;

- применение совмещенной системы доставки в главное здание цеха сыпучих материалов и ферросплавов и их загрузки в конвертер и в ковш по типу системы цеха «Азовстали»;

- уборка ковшей со сталью в одну, а шлаковен в противоположные стороны от конвертеров;

- организация грануляции жидких конвертерных шлаков вблизи от главного здания цеха;

- устройство газоотводящих трактов конвертеров без дожигания CO;
- применение в газоотводящих трактах радиационно-конвективных ОКТ и двух-ступенчатой очистки конвертерных газов;
- сбор очищенных конвертерных газов в газгольдере с последующим их использованием в качестве топлива.

## 6.7 Основные технические показатели

Расход металлической шихты в конвертерных цехах составляет –1160 кг/т слитков, доля лома в шихте в - 23,6%, извести 60–80 кг/т, плавикового шпата 1,5–10 кг/т, технологического кислорода 50–60 м<sup>3</sup>/т, общий расход кислорода по цеху - 100 м<sup>3</sup>/т. Выход жидкого шлака 110–170 кг/т, конвертерных газов --60 м<sup>3</sup>/т, выработка пара в ОКХ ~80 кг/т стали.

Общий расход огнеупоров по цеху 10–20 кг/т стали. Расход огнеупоров на ремонт конвертеров: обожженных магнезиальных ~0,5–0,6 кг/т; смолосвязанных при работе без торкретирования ~5 кг/т; при торкретировании футеровки расход торкрет-массы 0,6–3,5 кг/т и смолосвязанных огнеупоров 2–5 кг/т.

Удельные (на 1 т жидкой стали) расходы энергоресурсов и воды в главном здании (без ОНРС) следующие: электроэнергии 17–23 кВт-ч/т, в том числе на газоотводящий тракт 8,7–10 кВт-ч/т; сжатого воздуха 15–19 м<sup>3</sup>/т; пара до 80 кг/т; производственной воды 9–13 м<sup>3</sup>/т, в том числе на газоочистку 6,5–7,1 м<sup>3</sup>/т, при расходе свежей воды на подпитку всех оборотных циклов 2,6–4,7 м<sup>3</sup>/т; электроэнергии на ОНРС конвертерного цеха 22–30 кВт-ч/т, оборотной воды на ОНРС 25–32 м<sup>3</sup>/ч. При вакуумировании расход электроэнергии ~7 кВт-ч/т, воды –4,7 м<sup>3</sup>/т, пара на парорезекторные насосы –27 кг/т.

Производство готовой продукции на 1 м<sup>2</sup> главного здания, включая ОНРС, составляет 41–60 т/м<sup>2</sup> в год; производство на одного работающего - 2000–4500 т в год.

## 6.8 Расчет потребности в оборудовании

Число (n) заливочных кранов и мостовых кранов для загрузки лома:

$$n=(A \cdot \Sigma / 1440) \cdot (k/b),$$

где A - число плавов в цехе за сутки, пл/сут;

Σ- задолженность крана на одну плавку (на заливку одного ковша или загрузку лома совками); мин/пл;

k=1,1 коэффициент, учитывающий выполнение вспомогательных работ;

b = 0,8 –коэффициент использования крана;

1440 – число минут в сутках, мин/сут.

Задолженность крана на заливку чугуна складывается из опускания: траверсы, захвата ковша и его подъема, переезда к конвертеру, заливки-чугуна (2–3 мин) и выполнения обратных работ. При доставке заливочных ковшей к конвертерам по рабочей площадке задолженность крана 2 составит 6–8 мин, при доставке в торец



загрузочного пролета на нулевой отметке 8–10 мин. При загрузке лома одним совком кран выполняет те же операции, что и при работе с чугуновозным ковшом, собственно загрузка длится 1–1,5 мин. При доставке совков в пролет по полу цеха 2 составит 8–10 мин. Часть снятых со скраповоза совков ставят на пол цеха, где они ожидают начала загрузки; такая дополнительная перестановка увеличивает задолженность крана на 3–4 мин.

Число полупортальных машин ( $n$ ) для загрузки лома определяют по той же формуле, что и число кранов (при этом  $k=1$ ). Полупортальная машина выполняет следующие работы: опускание двух траверс, захват совков на скраповозе, их подъем и установка на рабочую площадку, опускание траверс, захват совков и их подъем при взятии с рабочей площадки, переезд, к конвертеру, загрузка лома (~3 мин) и выполнение обратных операций. При этом величина  $\Sigma=18\div 19$  мин; если загрузка идет без промежуточной установки совков на рабочую площадку, то  $\Sigma=14\div 15$  мин.

Объем совков для лома. Величину насыпной плотности ( $q$ ) лома при расчете объема совков равна  $1 \text{ т/м}^3$ . Если принять, что доля, лома составляет  $m$  % массы металлошихты, то его расход на плавку составит:  $t \cdot T / (0,9 \cdot 100)$ , где  $T$  – вместимость конвертера по жидкой стали,  $t$ ;  $0,9$  – выход жидкой стали. При этих условиях в случае загрузки лома одним совком его объем  $V_c = m \cdot T / 0,9 \cdot 100 \cdot q = m \cdot T / 90, \text{ м}^3$

Число совков для лома. При использовании полупортальных завалочных машин лом загружают двумя совками. Следовательно, при числе плавов в цехе в течение суток, равном  $A$ , в конвертеры потребуется загрузить  $2A$  совков с ломом. Тогда потребное число совков:

$$n = K \cdot (2 \cdot A \cdot t_{об} / 24) = K \cdot (A \cdot t_{об} / 12),$$

где  $t_{об}$  – длительность цикла оборота совка, ч;

$K$  – коэффициент запаса (1,3); 24 – число часов в сутках.

При завалке лома одним совком (мостовым краном) потребное число совков будет в два раза меньше. В цикл оборота совка входят: транспортировка от загрузочного пролета к шихтовому пролету, отделению или скрапоразделочному цеху и обратно, загрузка лома в совки, ожидание загрузки в загрузочном пролете, загрузка лома в конвертер. Продолжительность цикла оборота изменяется от 2,5 до 5 ч.

Число скраповозов. Скраповозы перевозят в загрузочный пролет совки с ломом из шихтового пролета, отделения или скрапоразделочного цеха. В цехах с большегрузочными конвертерами скраповоз перевозит два совка (при загрузке лома двумя совками) или один (при загрузке лома одним совком). В обоих случаях число рейсов будет равно числу плавов в цехе за сутки и потребное число скраповозов (шт.):

$$n = (A \cdot t_{об}) / 1440,$$

где  $A$  – число рейсов скраповоза за сутки, шт./сут;

$t_{об}$  – продолжительность цикла оборота скраповоза, мин.

В цикл оборота скраповоза входят: снятие пустых и установка заполненных ломом совков в шихтовом пролете, переезд в загрузочный пролет, снятие заполненных ломом совков и установка опорожненных и обратный переезд в шихтовой пролет. Длительность цикла оборота:

$$t_{об} = 2t_{дв} + t_{пш} + t_{пз},$$

где  $t_{дв}$  – длительность переезда шлаковоза, мин;

$t_{пш}$  и  $t_{пз}$  – длительность перестановок совков соответственно в шихтовом и загрузочном пролетах, мин.

Перестановка одного совка мостовым краном длится 3–4 мин; перестановка полупортальной машиной двух захватываемых совков со скраповоза на рабочую площадку или наоборот длится 6–7 мин; скорость движения скраповоза составляет 60 м/мин;  $t_{об} = 17$  мин и более.

Число шлаковых ковшей при вывозе их из цеха несамходными шлаковозами:

$$n = K \cdot A \cdot n_1 \cdot t_{об} / 24,$$

где  $A$  – число плавов в цехе за сутки, пл/сут;

$n_1$  – число шлаковых ковшей на одну плавку, шт/пл;

$K = 1,2 \div 1,4$  – коэффициент запаса;

$t_{об}$  – продолжительность оборота шлакового ковша, которая изменяется в пределах 3–6 ч.

Число шлаковых ковшей на одну плавку:

$$n_1 = T \cdot a_{ш} / V_K \cdot q,$$

где  $T$  – вместимость конвертера, т;

$a_{ш}$  – количество конвертерного шлака на 1 т выплавленной стали (обычно 0,11–0,17 или в среднем 0,15 т/т);

$V_K$  – вместимость шлакового ковша (11,16 либо 30 м<sup>3</sup>);

$q \sim 2,3$  т/м<sup>3</sup> – плотность жидкого шлака.

Число шлаковых ковшей ( $n$ ), находящихся в обороте при вывозе шлака от конвертеров самоходными шлаковозами в шлаковое отделение, можно принять равным двум для каждого конвертера и двум-трем резервным на цех.

Число несамходных шлаковозов. Обычно формируют состав из четырех шлаковозов, на каждый из которых устанавливают один ковш. Необходимое число составов:

$$n = K \cdot A \cdot n_1 \cdot t_{об} / (24 \cdot 4),$$

где  $A$  – число плавов в цехе за сутки, пл/сут;

$n_1$  – число шлаковых ковшей на плавку, шт/пл;

$K=1,1\div 1,2$  – коэффициент запаса;

$t_{об} = 3\div 6$  продолжительность оборота состава, ч.

В цехах, имеющих специальный пролет для вывоза шлака, мостовые краны выполняют перестановку ковшей со шлаком с шлаковоза КЦ на стенд, а затем со стенда на шлаковоз, вывозящий их за пределы цеха. После прибытия в пролет опорожненных шлаковых чаш выполняются перестановки в обратном порядке (т. е. всего четыре перестановки на каждый ковш). Число кранов:

$$n = (A \cdot n_1 \cdot n_{п} \cdot t_{п} / 1440) \cdot (k/b),$$

где  $A$  – число плавов в цехе за сутки;

$n_1$  – число шлаковых ковшей на одну плавку, шт/пл;

$n_{п} = 4$  – число перестановок на один ковш;

$t_{п} = 3$  мин – длительность одной перестановки;

$k = 1,1$  – коэффициент выполнения краном вспомогательных работ;

$b = 0,8$  – коэффициент использования крана.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

- 1 Какие отделения входят в состав конвертерного цеха?
- 2 Какие основные грузопотоки существуют в конвертерных цехах?
- 3 Опишите основные типы планировок конвертерных цехов.
- 4 В чем заключается расчет потребности оборудования конвертерных цехов?
- 5 Какое основное оборудование используется в конвертерных цехах?
- 6 В чем заключаются преимущества и конвертерных цехов?



## 7 Электросталеплавильные цеха

### 7.1 Проектные решения для электропечей и их работы

Для новых ЭСПЦ применяют мощные ДСП 100–150 т. Применение печей средней и малой вместимости (<100 т) допустимо при реконструкции существующих цехов, а для новых цехов – в порядке исключения, в случае особых местных специфических условий.

Типовой ряд ДСП (по массе жидкой стали): 6, 12, 25, 50, 100, 150 и 200 т.

В новых цехах применяют сверхмощные ДСП с удельной мощностью трансформаторов 600–800 КВ·А/т. Эти печи должны иметь водоохлаждаемые своды и водоохлаждаемые панели, гидравлические приводы основных механизмов и должны быть оборудованы эркерным (эксцентричным, боковым) или сифонным сталевыпускным отверстием и топливокислородными горелками.

Число печей  $n = P_{ц}/P_{п}$ , где  $P_{ц}$  и  $P_{п}$  – годовая производительность цеха и одной электродуговой печи. Годовая производительность одной печи (т слитков в год):

$$P_{п} = T \cdot 24 \cdot a \cdot n / 100 \cdot t,$$

где  $T$  – вместимость печи (по массе жидкой стали), т;

$t$  – продолжительность плавки, ч;

$a$  – выход годных слитков по отношению к массе жидкой стали, %;

$n$  – число рабочих суток в году (годовой фонд рабочего времени), сут;

24 – число часов в сутках, ч/сут.

Выход годных слитков при сифонной разливке в изложницы составляет 75–80 %, а при непрерывной разливке 95–96 %.

Число рабочих суток (годовой фонд рабочего времени) печей различной вместимости следующее:

Вместимость, печи, т.....	6	12	25	50	100	150
Число рабочих суток, сут/год.....	350	3415	3,39	320	313	302.

Число рабочих суток печи в году - разность между календарным временем (365 сут) и временем простоя печи на ремонтах. Для 50–150 т водоохлаждаемых печей один раз в год капитальный ремонт длительностью 6–8 сут, холодные ремонты через каждые 20–22 сут. по 12 ч и через каждые 10–11 сут. профилактические ремонты по 6 ч.

Длительности плавки в печах различной вместимости:

Вместимость печи, т.....	6	12	25	50	100	150
Мощность трансформатора, МВ·А.....	4,8	9,6	15	50	80	100
Длительность плавки, мин.....	155	155	180	85	90	100

В том числе:

плавление.....	105	105	120	45	50	55
окисление и нагрев металла.....	10	10	20	20	20	20
рафинировка.....	55	55	50	-	-	-

Плавки в печах 50–150 т состоит из следующих периодов:

- завалка и подвалка шихты двумя корзинами 10–15 мин;
- плавление с применением газокислородных горелок; шесть плавок проводится на «болоте», т.е. без заправки, а каждая седьмая плавка сливается полностью, после чего проводят заправку (торкретирование).

Годовая производительность печей вместимостью 50, 100 и 150 т должна составлять: 270, 500 и 650 тыс. т/год. В связи с высокой производительностью в проектируемых цехах устанавливают не более двух-трех печей. Для внепечной обработки в ЭСПЦ рационально устанавливать агрегаты типа «печь–ковш».

## **7.2 Общая характеристика электросталеплавильных цехов**

Основные грузопотоки ЭСПЦ: доставка и загрузка стального лома, иногда металлизированных окатышей; доставка и загрузка в печь шлакообразующих материалов и ферросплавов; транспортирование ковшей с жидкой сталью к месту разлива и установкам внепечной обработки; разливка и уборка слитков или литых заготовок; уборка шлака и грузопотоки, связанные с обеспечением ремонта печей и оборудования.

В ЭСПЦ выплавка и разливка стали производится в главном здании цеха, в нем же часто организовано хранение запаса лома и его загрузка в корзины и обычно хранение оперативного запаса сыпучих материалов и металлизированных окатышей, внепечная обработка стали, подготовка ковшей, а в ряде цехов с разливкой стали в изложницы, предусмотрены участки обдирки и термообработки слитков. Также в состав цеха часто входит ШО сыпучих материалов иногда отделение магнитных материалов; при разливке стали в изложницы– отделения их подготовки и раздевания слитков; вспомогательные отделения для обеспечения цеха электроэнергией, водой, кислородом и другими ресурсами, газоочисткой, ремонтных работ; иногда шлаковое отделение.

В новых ЭСПЦ с высокомогными высокопроизводительными печами устанавливают 1–3 печи.

## **7.3 Описание некоторых ЭСПЦ**

### **Цех А.**

Имеет планировку и следующую организацию основных работ: разливка стали в изложницы, подача в цех всех материалов через шихтовой пролет, расположение печей на границе печного и разливочного пролетов (рисунок 7.1).

Цех состоит из трех пролетов: шихтового А–Б, печного Б–В и разливочного В–Г. В некоторых цехах, выплавляющих высоколегированные стали, дополнительно имеются пролеты термической обработки или обдирки слитков.

Печной пролет перекрыт рабочей площадкой 25, между колоннами ряда В размещены электропечи 15 на двух железобетонных опорах 29. На рабочей площадке – печные подстанции 14. Расположение печей обеспечивает выпуск стали в разливочный пролет и возможность замены свода, обслуживания и ремонта печей кранами печного пролета. Рабочая площадка печного пролета выступает в шихтовой пролет,

образуя балкон 24, на котором имеются стеллажи 11 для мульд, площадки для установки переносных контейнеров с сыпучими материалами и газовые печи 10 для прокаливания ферросплавов.

В торце печного пролета на нулевой отметке участок сборки сводов 7. Печной пролет оборудован мостовыми завалочными краны 27 и крановыми завалочными машинами 26.

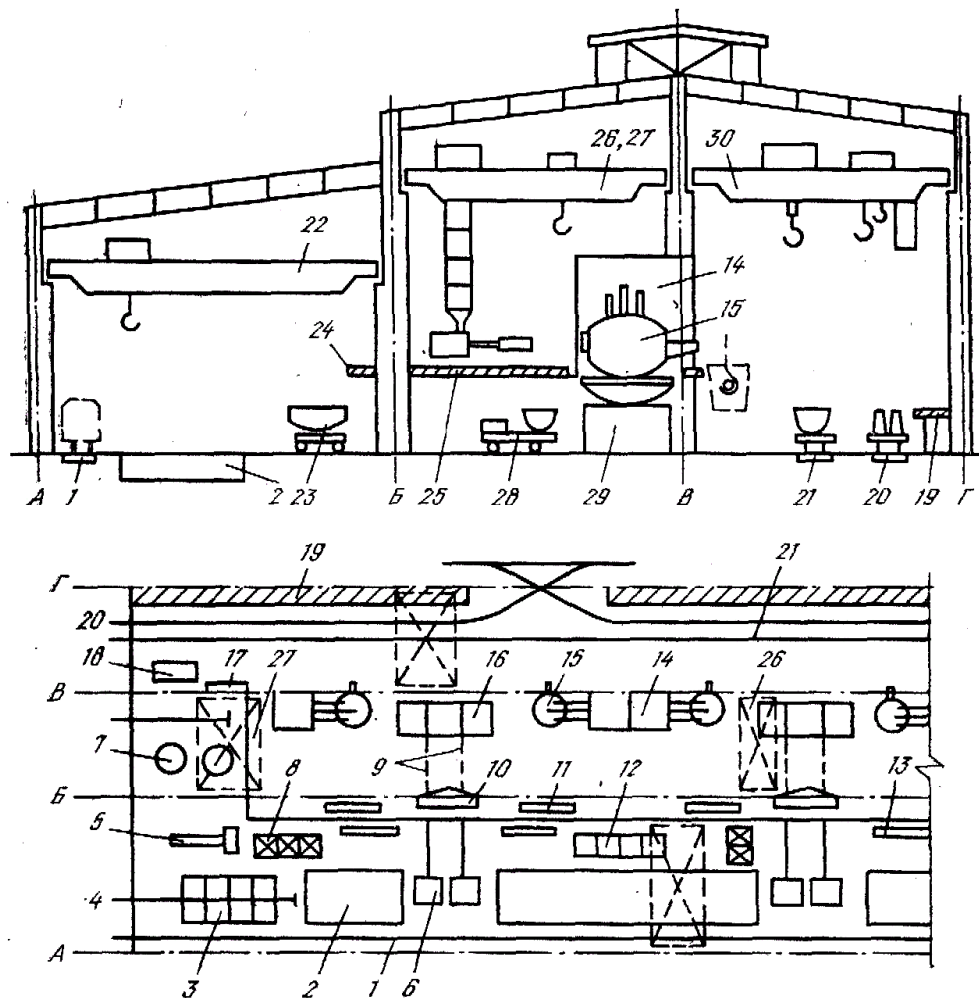


Рисунок 7.1 - План и поперечный разрез электросталеплавильного цеха А

В шихтовом пролете мостовые краны 22, с грейферами, электромагнитами, мульдowymi захватами.

Разливочный пролет оборудован разливочными кранами 30, в нем имеются разливочные площадки 19 и разливочные пути 20, шлаковый путь 21, ямы 18 для ремонта ковшей, участки 17 сборки и сушки стопоров, стены для сталеразливочных и шлаковых ковшей.

Стальной лом и чушковый чугун привозят в шихтовой пролет в вагонах на путь 1 и разгружают магнитным краном 22 в ямные бункера 2, затем загружают в корзины 23, находящиеся на самоходных тележках на стендах 6, с платформенными весами. После заполнения корзины тележка транспортирует ее по поперечному ширококолейному пути 9 в печной пролет, где корзину краном 27 поднимают через проем 16 в рабочей площадке и доставляют к печи для загрузки. Корзину опускают краном

в рабочее пространство печи и размыкают створки днища. Пустую корзину возвращают в шихтовый пролет.

Сыпучие материалы привозят на путь 4 и разгружают из вагонов в ямные бункера 3, где хранится их запас. Далее их грейферным краном загружают в переносные бункера с секторными затворами; бункера поднимают краном шихтового пролета и устанавливают на балкон 24. Открывая затвор, высыпают порцию материалов в мульдую которую подают под бункер крановой завалочной машины 26. Далее машина загружает материалы из мульды в печь через рабочее окно или высыпает материалы на рабочую площадку у печи. Часть материалов из ямных бункеров загружают в мульды, которые подают на стеллажи 11 балкона. Некоторые материалы доставляют в пролет также в снабженных снизу затворами контейнерах, которые сразу ставят на балкон 24.

Ферросплавы привозят в саморазгружающихся контейнерах и иногда на платформах россыпью и разгружают в закрома 12 с оградительными стенками или в подвесные стационарные бункера 8, с затворами выдачи. Часть ферросплавов из саморазгружающихся контейнеров выгружают в мульды, установленные на стеллажах 13 пола шихтового пролета. Из закров 12 и подвесных бункеров 8 ферросплавы загружают в мульды, которые устанавливают на стеллажи 13. Затем их краном поднимают и устанавливают на стеллажи 11 балкона, откуда их потом забирают завалочной машиной 26 и устанавливают в печь 10. После прокаливания ферросплавы машиной 26 загружают в электропечь.

В шихтовом пролете установлена сушильная барабанная печь 5, дробилка для измельчения ферросплавов, бегуны для помола кокса, весы. В торце пролета иногда расположен склад электродов.

Сталь выпускают в ковш, транспортируемый краном 30, к разливочным площадкам. Шлак из печи во время плавки сливают в шлаковню на самоходной тележке 28, установленной под рабочим окном печи. После ее заполнения тележка по поперечным путям под печью выезжает в разливочный пролет, где ковши со шлаком с помощью разливочных кранов 30 переставляют на шлаковозы, вывозящие их из цеха по пути 21.

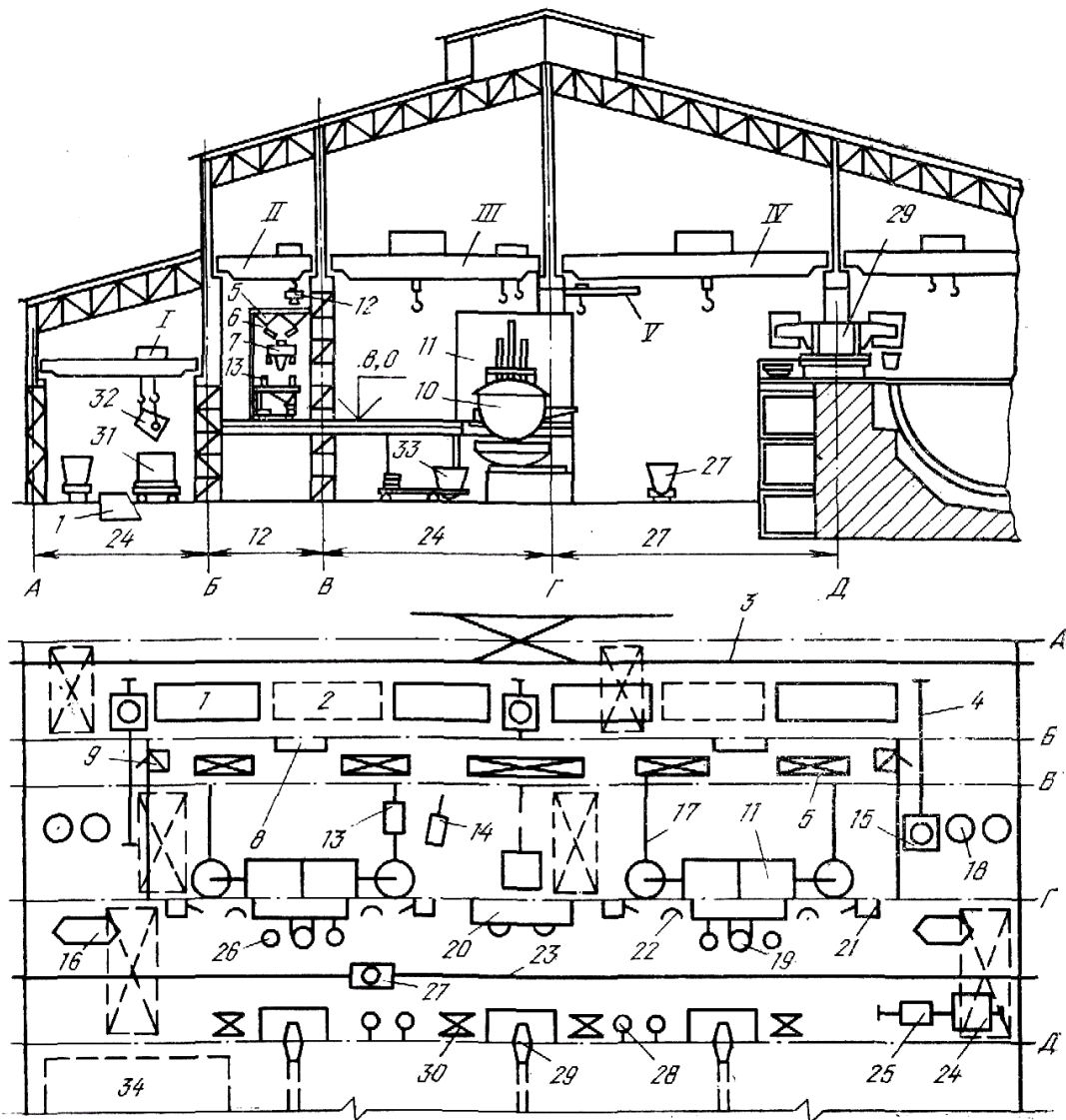
Недостатки: доставка всех материалов через шихтовый пролет; заполнение корзин ломом с помощью электромагнитов в шихтовом пролете; несовершенный способ загрузки в печь сыпучих и ферросплавов (крановой мульдозавалочной машиной); разливка стали в изложницы, разливочный пролет плохо приспособлен для установок внепечной обработки; отсутствие газоочистки.

### **Цех В.**

ЭСПЦ с четырьмя печами вместимостью 100 т и годовой производительностью 1,0–1,2 млн. т жидкой стали: подачи сыпучих материалов через специализированный пролет; разливка стали на УНРС, выпуск стали в ковш, удерживаемый крюками сталеразливочного крана (рисунок 7.2).

Пролеты: шихтовый А–Б, сыпучих материалов (бункерный) Б–В, печной В–Г, распределительный Г–Д и примыкающую к нему группу пролетов ОНРС.

В печном пролете на границе с распределительным расположены печи 10 с печными подстанциями 11, два завалочных крана III (180 + 63/20 т), в торцах – участки 18 набора сводов.



1-ямные бункера; кран; 2-площадка; 3-жд путь; 4-поперечный жд; 5-бункера; 6-питатели; 7-вес. Телега; 9-бункера шл. мат; 15-пер. тел;

Рисунок 7.2 - План и поперечный разрез электросталеплавильного цеха В

Печной и бункерный пролеты перекрыты рабочей площадкой. Шихтовый пролет оборудован кранами грузоподъемностью 30/15+15 т, распределительный 180 + 63/20 т, пролет сыпучих 20/5 т. УНРС расположены в линию на границе распределительного пролета.

Организация основных работ. Большую часть стального лома привозят в шихтовый пролет на платформах на путь 3 в контейнерах, а часть россыпью. Россыпной лом разгружают краном I в ямные бункера 1, а контейнеры 32 либо устанавливают на площадку 2, либо выгружают из них лом в корзину 31 краном I с помощью самокантующей траверсы. При необходимости лом добавляют из ямных бункеров 1 электромагнитом. Затем корзину с ломом на передаточной тележке 15 с весами доставляют по поперечному пути 4 в печной пролет. Здесь корзину поднимают краном III и загружают из нее лом в печь сверху. При движении корзины по пути 4 в нее вводят шлакообразующие материалы из бункеров 9.

Сыпучие материалы доставляют автотранспортом в торец пролета Б–В в саморазгружающихся контейнерах 12 и загружают из них материалы в бункера 5 мостовым краном II. Шлакообразующие материалы из бункеров 5 выдаются с помощью вибропитателей 6 в электровесовую тележку 7, которая по рельсовому пути доставляет материалы к ленточным загрузочным машинам 13 по поперечному рельсовому пути 17 перемещается к печи и загружает материал в печь через рабочее окно.

Ферросплавы из бункеров 5 взвешивающими устройствами выдаются в мульды безрельсовой завалочной машиной 14, которая вначале устанавливает мульды в печь 8, а после прокаливания транспортирует мульду к электропечи и загружает ферросплавы в печь через рабочее окно. Холодные ферросплавы могут загружаться в печь машиной 13. Заправочные материалы выдаются из бункеров 5 в бункер заправочной машины.

Распределительный пролет Г–Д служит для передачи ковшей с жидкой сталью от печей на УНРС, уборки шлака из цеха, внепечной обработки стали, подготовки и ремонта ковшей. Сталь из печи выпускают в ковш, удерживаемый краном IV. Затем ковш этим краном доставляют на участок вакуумирования или к установкам 19 продувки аргоном и после внепечной обработки на поворотный стенд УНРС 29. Для вакуумирования ковш краном IV ставят на сталеvoz 25, который перемещает ковш на вакууматор 24. После вакуумирования сталеvoz возвращает ковш в зону действия разливочного крана, которого доставляет ковш на УНРС.

Каждая печь оборудована бункерным устройством 21 для ввода ферросплавов в ковш. Шлаковни 33 из-под печи выдают по поперечным путям в распределительный пролет, где их краном IV устанавливают на шлаковоз 27, вывозящий шлак из пролета по продольному пути 23. В пролете имеются стенды 26 и 22 для установки соответственно сталеразливочных и шлаковых ковшей. Ковши с шибберными затворами ремонтируют на поворотных стендах 30. Участок 20 для подготовки и монтажа шибберных затворов, стенды 28 для сушки ковшей, установки 16 для футеровки ковшей; участок 34 подготовки промежуточных ковшей расположен в левой части пролета УНРС. Планировку и организацию работ в этом цехе можно считать промежуточной между цехами старой постройки (цех А) и современными цехами.

### Цех Д.

Цех имеет более рациональную систему доставки сыпучих материалов и ферросплавов: две ДСП- 100- с водоохлаждаемыми сводами и стенками и две сортовые УНРС (рисунок 7.3). Печи и места слива металла и шлака размещены в шумодымоизолирующих камерах. Бункерный пролет расположен между печным и распределительным пролетами; выпуск стали в ковш, установленный на сталевозе; расположение установок внепечной обработки стали над путями доставки ковшей со сталью к УНРС; доставка корзин с ломом из рядом расположенного отделения подготовки лома, уборка шлака автошлаковозами.

Цех имеет следующие пролеты: печной А–Б, бункерный Б–В, распределительный В–Г и далее группу пролетов ОНРС. В печном пролете А–Б с рабочей площадью 19 на уровне 8 м расположены печи 4 в шумодымоизолирующих камерах 9, печные подстанции 5, два мостовых завалочных крана 10 (180+63/20 т), устройства 3 для свинчивания электродов, подвесные бункера 6 для заправочных материалов. В



печном пролете имеются безрельсовые мультозавалочные машины 8, в торцах пролета предусмотрены участки 1 для ремонта сводов и стенок печей.

Для того, чтобы печи можно было разместить в шумодымоизолирующей камере, их располагают в печном пролете и приближают к бункерному пролету Б-В, чтобы из него материалы в печь можно было подавать по наклонным течкам 28. Габариты шумодымоизолирующей камеры обеспечивают наклон печи, подъем и отворот свода, размещение сталевоза 18 со сталеразливочным ковшом и тележки 17 со шлаковым ковшом. В камере закрываемые раздвижными шторами проемы в передней стенке на уровне рабочей площадки против рабочего окна, в задней стенке на уровне пола цеха для выезда сталевоза и шлаковоза и вверху – для загрузочной корзины.

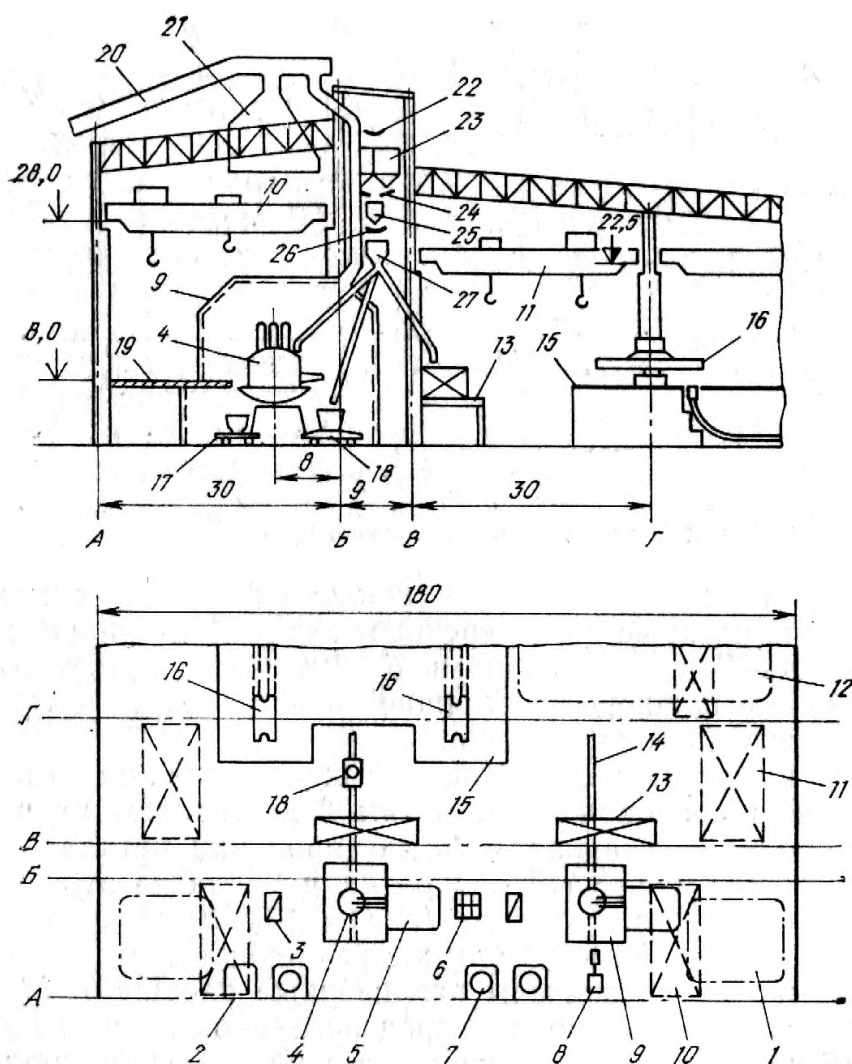


Рисунок 7.3 - План и поперечный разрез электросталеплавильного цеха Д

Бункерный пролет доставки сыпучих материалов размещен между печным и распределительным, чтобы обеспечить подачу из него материалов не только в печь, но и в ковш 18 и к установке 13 доводки состава и температуры металла. Расходные бункера 23 расположены на большой высоте (+ 37 м), что позволяет подавать материалы из них преимущественно за счет гравитационных сил по наклонным течкам.

Установки 13 доводки в ковше состава и температуры металла расположены над путями 14 сталевозов, что позволяет подавать ковши со сталью на внепечную

обработку без участия кранов. Установки непрерывной разливки стали – шести-ручьевые криволинейные, на них отливают сортовые заготовки; рабочая площадка 15 УНРС расположена на высоте 7,5 м.

Грейферные корзины со стальным ломом доставляют в печной пролет из близко расположенного отделения подготовки лома автосcrapовозами или рельсовыми scrapовозными тележками, которые останавливаются под проемами 2 и рабочей площадке. Через этот проем корзину 7 поднимают крапом 10, транспортируют к печи и загружают лом, предварительно отвернув свод и раздвинув верхние шторы защитной камеры 9.

Сыпучие материалы и ферросплавы доставляют со склада конвейерами 22 в расходные бункера 23, откуда их с помощью электровибрационных питателей 24 выдают в весы-дозатор 25, а из них на продольный конвейер 26. Последний доставляет материалы от расположенных вдоль цеха расходных бункеров 23 в распределительную воронку 27, направляющую материалы в одну из наклонных течек 28 для загрузки через свод в печь 4, либо в ковш 18, либо для доставки на установку 13 доводки стали в ковше.

Заправочные материалы доставляют в печной пролет в контейнерах, загружая в подвесные бункера расположенной на рабочей площадке установки 6, которая по мере необходимости выдает материалы в бункер заправочной машины или в мульты.

После выпуска стали в ковш сталевоз 18 выезжает из камеры 9 и останавливается под установкой 13 для доводки, где могут выполняться следующие операции: отбор проб, замер температуры, продувка аргоном с введением раскислителя, корректирующие добавки ферросплавов, добавка стальной обрезки для корректировки температуры, вдувание порошкообразных материалов для десульфурации и кокса для науглероживания. Затем сталевоз выезжает в зону действия крана 11, которым ковш доставляют на поворотный стенд 16 УНРС. Шлаковоз 17 выезжает из камеры 9 в распределительный пролет, откуда шлаковые ковши вывозят автошлаковозами. Подготовку и ремонт сталеразливочных ковшей производят в торцах распределительного пролета, подготовку и ремонт промковшей – на участке 12 пролета УНРС.

Газы из камеры 9 отводят по трубопроводам 20 к газоочистке, расположенной рядом с главным зданием. Имеется самостоятельный тракт для отвода к газоочистке печных газов через отверстие в своде. Под крышей цеха над печью расположен зонт 21 для улавливания газов, выделяющихся при загрузке лома корзинами; эти газы также отводятся в газоочистку (подобная система отвода и очистки газов, примененная в ЭСПЦ Молдавского металлургического завода).

## **7.4 Организация основных работ в ЭСПЦ и оборудование**

### **Доставка и загрузка лома.**

Основу шихты составляет лом с добавкой чугуна или науглероживателей (кокс, электродный бой), и ее загружают корзинами (бадьями) с раскрывающимся днищем из гибких секторов или грейферного типа.

Доставка лома в три этапа: в цех лома и его загрузка в корзины; доставку корзин в загрузочный пролет; загрузку лома с помощью корзин в печь. Доставку корзин



с ломом в загрузочный пролет в большинстве цехов осуществляют на тележках по поперечным ширококолейным рельсовым путям, а в некоторых цехах – автоскrapo-возами.

Загрузку в печь лома, доставленного в корзинах в печной пролет производят за-валочным краном. Корзиной опускают в открытую печь сверху, раскрывая днище корзины.

Доставка в цех лома и его загрузка в корзины следующими способами.

1. В шихтовый пролет вагонами с перегрузкой из них лома в корзины. Этот способ не обеспечивает достаточную скорость загрузки корзин и неэкономичен в связи с большими расходами на содержание подвижного состава.

2. Доставка большей части лома в шихтовый пролет в контейнерах с разгруз-кой их краном в корзины, часть лома при этом доставляют россыпью, разгружают в ямные бункера и используют для догрузки корзин. Контейнеры с ломом доставляют либо из скrapoразделочного цеха.

4. Загрузка корзин ломом в скrapoразделочном цехе или ОПЛ с доставкой их в печной пролет по поперечным рельсовым путям.

При невозможности сооружения ОПЛ или скrapoразделочного цеха рядом с ЭСПЦ рациональной является доставка лома из них в контейнерах с перегрузкой в корзины в шихтовом пролете здания ЭСПЦ или в рядом расположенном скrapном (шихтовом) отделении. Взвешивание корзин ведут вместе с передаточными тележ-ками на стационарных платформенных весах, а в отдельных случаях на таких весах взвешивают лишь корзину или же корзины взвешивают весами, смонтированными на тележках. На рисунке 7.4 представлена корзина грейферного типа объемом 75 м<sup>3</sup> для 100-т электропечи.

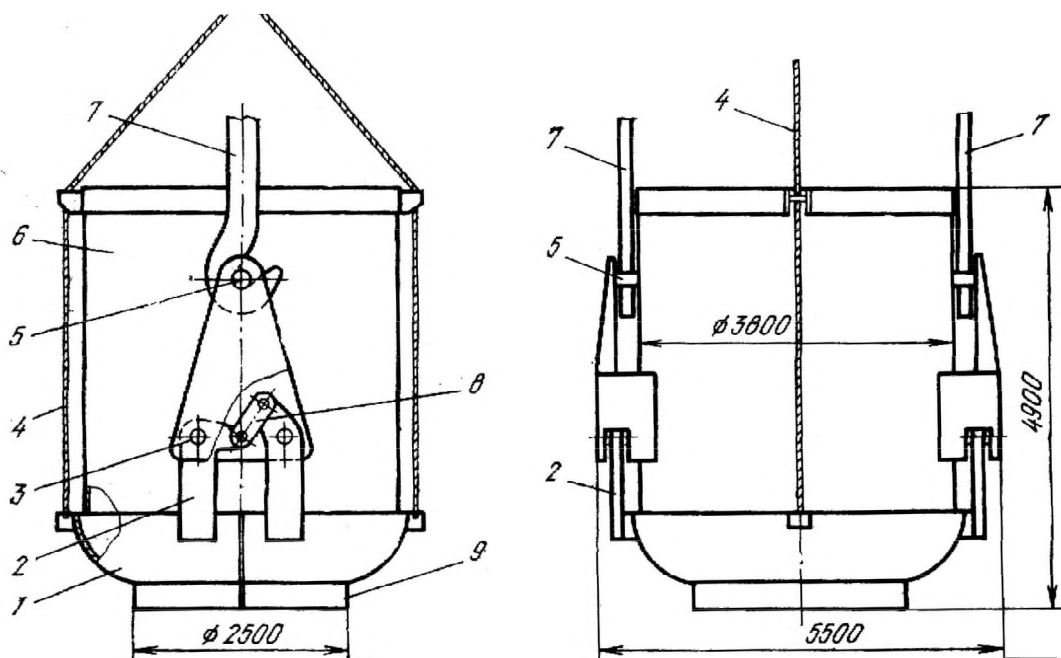


Рисунок 7.4 - Загрузочная корзина грейферного типа

Цилиндрический кожух 6 и две челюсти 1 сферической формы, прикрепленные к корпусу рычагами 2. Поворачивая рычаги 2 вокруг осей 3, можно поднимать и опускать челюсти вокруг осей 3. Тяги 8 шарнирно скреплены с концами рычагов 2,

обеспечивают синхронность поворота рычагов, т. е. подъема и опускания челюстей. Корзину поднимают краном крюками 7 двухкрюковой траверсы за цапфы 5. Для установки корзины на пол цеха или передаточную тележку служат приваренные к челюстям опоры 9 и канаты 4.

Контейнеры для доставки лома и его загрузки в корзины имеют объем 14–45 м<sup>3</sup> и представляют собой сварную коробку с ребрами жесткости 2, к корпусу 3 которой приварены две цапфы 4. Кантование (опрокидывание) контейнера производят крюком крана, зацепляемого за ось 1 кронштейна 5.

Тележки оснащаются весовыми устройствами, что позволит отказаться от стационарных весов в шихтовых пролетах, что упрощает и ускоряет взвешивание и загрузку корзин.

ОПЛ. Наиболее рациональным способом доставки лома в ЭСПЦ является доставка загруженных ломом корзин из рядом расположенного ОПЛ.

Предварительный нагрев лома перед его загрузкой в ДСП до 800°С и более в различных установках вне печи, в корзинах с помощью топливнокислородных горелок и в корзинах за счет тепла отводимых из печи газов.

Нагрев лома свыше 700–800°С нерационален из-за сильного окисления металла более простым и приемлемым является нагрев лома в корзинах. При этом нагрев до 300–400°С можно вести в обычных корзинах, а для нагрева до более высоких температур корзины необходимо изготавливать из дорогостоящих жаростойких сталей и футеровать их. При подогреве горелками коэффициент использования топлива невелик (51–60%) и малоэффективен.

Система подогрева лома печными газами с одним нагревательным стендом (рисунок 7.5). Газы от печи 1 через сводовый патрубок 2 поступают в камеру 4 дожигания СО и затем через трубопровод 5 и зонт 10 в камеру 6 нагрева лома. Корзину 7 с ломом устанавливают краном в камеру 6 и опускают крышку 11 с зонтом 10, крышка 11 входит в водяной или песочный затвор 12, обеспечивая герметичное закрытие камеры. Поступающие через зонт 10 горячие газы проходят сверху через слой лома и удаляются из нижней части камеры в трубопровод 13. Далее в газоотводящем тракте расположены охладитель 15, вентилятор 16, газоочистка 17 и выхлопная труба 18.

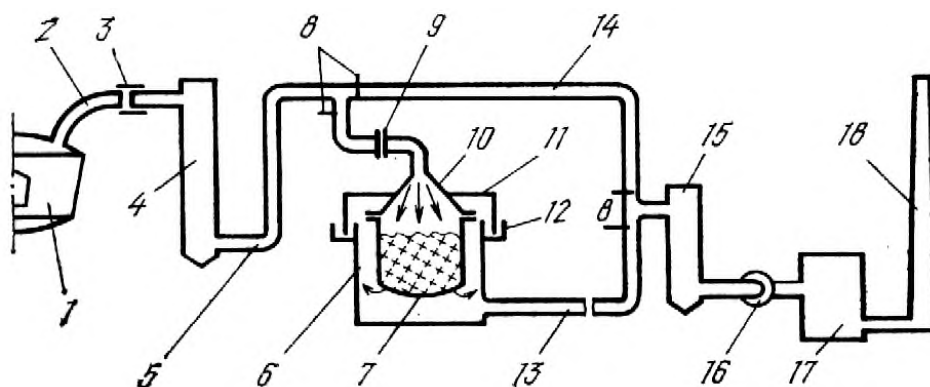


Рисунок 7.5 - Схема установки для нагрева лома в корзине печными газами

Крышку 11 с зонтом можно поднимать за счет разъема 9 в трубопроводе, воздух для дожигания СО в камере 4 подсасывается в зазор между патрубком 2 и под-

вижной муфтой 3. Печные газы можно отводить минуя камеру нагрева по обводному трубопроводу 14, изменяя положения заслонок 8.

Нагрев лома до 300–400°C сокращает: расход электроэнергии на 20–40 кВт·ч/т, длительность плавления на 6–10 мин, расход электродов до 20%.

#### **Доставка и загрузка металлизированных окатышей.**

При работе на металлизированных окатышах необходимо обеспечить их непрерывную загрузку через отверстие в своде печи. Окатыши доставляют к печам через специализированный пролет, который одновременно служит для доставки сыпучих материалов и ферросплавов (бункерный пролет или пролет доставки сыпучих).

В бункерном пролете вблизи печей расходные бункера, рассчитанные на хранение 8–12-ч запаса, конвейерный тракт их подачи в бункера и механизмы для дозированной выдачи из бункеров и их загрузки в печь (рисунок 7.6).

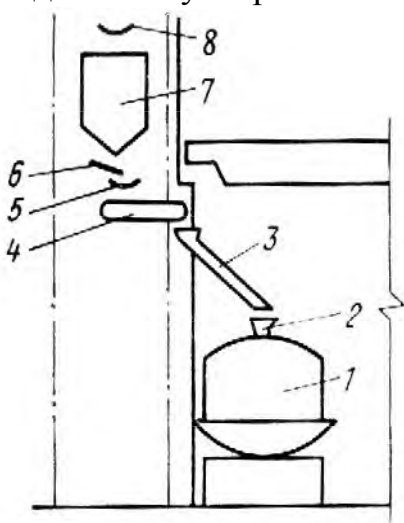


Рисунок 7.6 - Схемы систем загрузки в печь металлизированных окатышей

В расходные бункера 7 окатыши подают конвейером 8 из цеха прямого восстановления. Каждый бункер 7 оборудован питателем 6 и ленточными весами 5 и общим для двух бункеров поперечно расположенный вибропитатель 4. Окатыши через наклонную течку 3 поступают в печь 1 через воронку 2. При необходимости наклонную течку 3 отворачивают от свода. Скорость подачи окатышей регулируется в зависимости от потребления электроэнергии.

#### **Системы доставки и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов.**

В ЭСПЦ применяют две схемы доставки сыпучих материалов и ферросплавов к печам: через шихтовый пролет и по специализированному тракту подачи.

Подача через шихтовый пролет: доставка материалов россыпью или в контейнерах, хранение их запаса, перегрузка в шихтовом пролете и доставка в печной пролет кранами. При этом способе велика загруженность шихтовых кранов, усложняется организация работ в пролете, загрязняется атмосфера пылью, в новых цехах этот способ применяют.

Тракт подачи сыпучих материалов и ферросплавов к печам в ЭСПЦ включает: группу расходных бункеров, в которых хранят оперативный запас материалов; систему доставки в них материалов; систему механизмов для выдачи материалов из бункеров, их дозирования и загрузки в печь. Обычно предусматривают отдельную группу расходных бункеров на одну две печи. Объем бункеров для извести расчи-

тан на полусуточный запас; для материалов, расходуемых в значительно меньших количествах, объем бункеров обеспечивает хранение запаса на несколько суток (до пяти) работы цеха.

Бункера располагают выше уровня рабочей площадки цеха делают подвесными и снабжают системой дозированной выдачи материалов снизу.

Расположение расходных бункеров и системы доставки в них материалов зависит от числа печей в цехе. В цехах с двумя и более печами расходные бункера располагают в ряд вдоль фронта печей, что позволяет создать общую систему доставки в них материалов.

В ЭСПЦ с несколькими печами применяют два варианта размещения в цехе расходных бункеров и тракта доставки в них материалов – в специализированном бункерном пролете и в печном пролете.

Бункерный пролет обеспечивает следующие преимуществами: упрощается организация работ в печном пролете и уменьшается пылевыведение; бункера можно располагать в два ряда, в то время как в печном пролете из-за нехватки места их можно разместить лишь в один ряд; возможна установка большого числа бункеров. Однако бункерный пролет увеличивает объем здания цеха.

Доставка материалов в расходные бункера может быть организована следующими способами:

- в саморазгружающихся контейнерах, которые доставляют к цеху из ШО автоили жд транспортом, а в цехе подают к бункеру мостовым краном;
- конвейерами из ШО при их близком расположении от цеха;
- конвейерами из сооружаемого рядом с цехом приемного отделения, куда материалы доставляют от отдаленных источников снабжения в вагонах или автотранспортом. Прибывающие материалы разгружают в приемные бункера, а из них выдают на конвейеры, доставляющие материалы в расходные бункера ЭСПЦ;
- пневмотранспортом.

Конвейерный способ по сравнению с контейнерным менее затратен и позволяет автоматизировать доставку. Конвейерная система в ЭСПЦ с малым объемом производства менее экономична. В ЭСПЦ производительностью <1–1,5 млн. т стали в год экономичной будет доставка контейнерами. Для полной механизации и автоматизации доставки применяют конвейерную систему. Для выдачи материалов из расходных бункеров в загрузочные машины и устройства применяют электровибрационные и иногда другие питатели, электровесовые тележки, конвейеры, бункерные весы-дозаторы, наклонные тетки.

Загрузку в печь осуществляют мульдами, ленточными бросковыми машинами и течками, через дополнительное отверстие в своде печи.

Мульдами обеспечивается загрузка любых материалов, однако при загрузке необходимо отключение и подъем электродов.

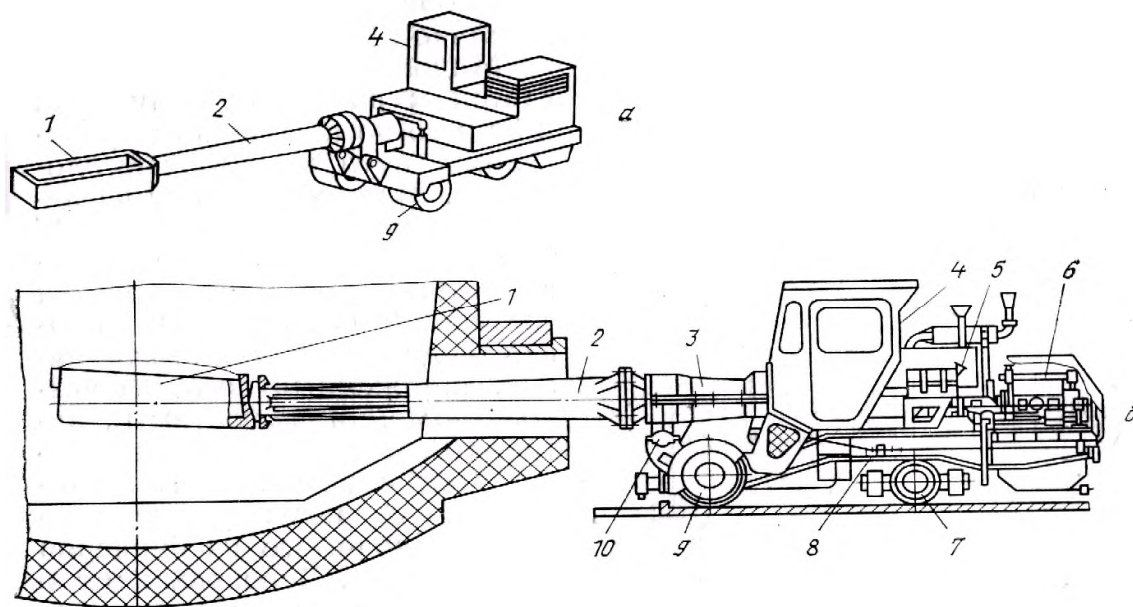
Ленточные машины загружают материалы без отключения печи, однако не позволяют загружать прокаленные ферросплавы. Оба эти способа не обеспечивают автоматизацию загрузки.

При загрузке с помощью течек через свод обеспечивается полная автоматизация, не требуется отключения печи и открывания окна. При этом необходимо размещать расходные бункера на большей, чем при первых двух способах загрузки

высоте.

Рекомендуют загрузку сыпучих материалов и ферросплавов проводить с помощью тетки через свод в сочетании с загрузкой нагретых ферросплавов безрельсовыми мульдозавалочными машинами.

На рисунке 7.7 представлена безрельсовая мульдозавалочная машина.



а – общий вид; б – положение при загрузке материалов в печь

Рисунок 7.7 – Безрельсовая мульдозавалочная машина

Рама 8 машины опирается на два неприводных передних колеса 9 и приводную пару колес 7. Хобот 2 закреплен в качающейся раме 3, которая опирается на раму 8 машины через шарнир 10. Это позволяет качать хобот вокруг оси шарнира 10. На несущей раме расположены кабина 4 управления, дизельный двигатель 5, насосная станция 6, механизмы качания и вращения хобота, гидродвигатели вращения приводных колес 7, механизм поворота, насосная станция 6, которая приводится во вращение от двигателя 5, ось пары колес 7. Механизм замыкания мульды 1 на хоботе. Грузоподъемность хобота составляет 1,5 и 3 т, объем мульд 0,4–0,7 т.

Ленточная загрузочная машина служит для загрузки в печь через рабочее окно сыпучих материалов и дробленых ферросплавов (рисунок 7.8). Она позволяет загружать материалы без отключения печи и изменять направление струи выбрасываемого в печь материала в вертикальной и горизонтальной плоскости. Машина передвигается к рабочему окну печи и от него по поперечному рельсовому пути на рабочей площадке. Машина состоит из перемещаемой механизмом 16 электротележки 17, на которую через стойки 5 опирается состоящий из двух секций бункер 7 для сыпучих материалов с весовым устройством 9 и челюстными затворами 10. Они открываются гидроцилиндром 8, регулируя количество выдаваемого из бункеров 7 материала. Бросковый механизм выполнен в виде ленты 1, огибающей приводной, направляющий 2 и огибающий ролики и барабан 13, на поверхности которого в его середине имеется кольцевой паз. При открывании затвора 10 материал через ворон-



ку 4 поступает в паз барабана, т. е. в зазор между средней частью барабана и лентой 1. Под действием центробежной силы материал прижимается к ленте и движется с ней до направляющего ролика 2 и затем по инерции выбрасывается в печь через окно. Направление струи материала по вертикали регулируют, поднимая или опуская раструб 3 рычагами гидроцилиндра 12. Направление в горизонтальной плоскости изменяют поворотным механизмом 18.

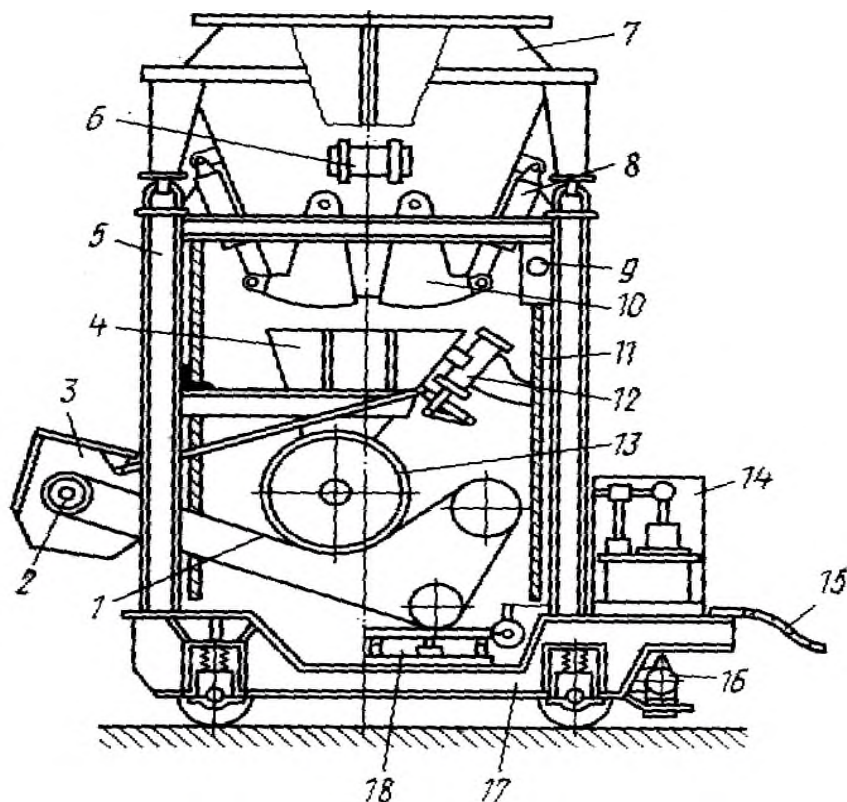


Рисунок 7.8 - Загрузочная бросковая машина ленточного типа

В бункере 7 установлен электровибратор 6, маслостанция 14, электропитание кабеля 15. Дальность бросания 14 м, производительность 240 т/ч, скорость ленты 18,6 м/с.

Загрузка материалов через свод печи обеспечивается совмещенной системой доставки и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов в печь и в ковш, они наиболее рациональны (рисунок 7.9). В бункерном пролете установлена отдельная для каждой печи группа из двенадцати расходных бункеров 3, в которые материалы доставляют ленточным конвейером 1, разгружая с него сбрасывающей тележкой 2. Каждый из бункеров 3 оборудован электровибрационным питателем 4 и весами-дозаторами 5. Объем бункеров 3 составляет 1 и 2 м<sup>3</sup>, а весы-дозаторы имеют наибольший предел взвешивания соответственно 1 и 2 т.

Материал из бункера 3 выдают электровибрационным питателем 4 в весы-дозатор 5 на продольный ленточный конвейер 6, затем на распределительное устройство 7, в виде многосекционной воронки 8, над которой установлена поворотная течка 9 с приводом 10 ее вращения. Под отдельными секциями воронки 8 расположены течки: 13 – для подачи материалов в печь, 12 – для подачи материалов в сталеразливочный ковш и группа течек 11 для подачи малых доз раскислителей в ковш.

Для подачи в печь доставляемой конвейером 6 отвешенной порции материалов течку 9 поворачивают так, чтобы материал из нее высыпался через соответствующую секцию воронки 8 в наклонную течку 13 и по ней в приемное устройство 14 свода 15 печи. Для загрузки в ковш материал с помощью поворотной течки 9 направляют в наклонную течку 12 и по ней – в двухрукавную течку 23, с помощью которой материал направляют по течке 21 в ковш 22, находящийся под желобом печи, либо по течке 20 в ковш на установке внепечной обработки.

Ферросплавы через течки 9 и 11 подают в один из шести расходных бункеров 16, затем питателем 17 в весы-дозатор 18 с точностью взвешивания 0,2 т.

Порция по наклонной течке попадает в двухрукавную течку 19, которая направляет материал либо по течке 21 в ковш 22, находящийся под желобом печи, либо по течке 20 в ковш на установке внепечной обработки, 24- самостоятельный тракт подачи кокса по течке 26 в загрузочную корзину 25 на тележке 24.

Система обеспечивает дозирование и загрузку материалов в четыре точки – сыпучих ферросплавов в печь, кокса в корзину, ферросплавов в ковш при сливе металла из печи и при внепечной обработке с полной механизацией и автоматизацией всех операций по дозированию и загрузке.

Заправочные материалы к печам в ЭСПЦ подают несколькими способами:

- через шихтовый пролет с выдачей материалов к печи в контейнерах и мульдах;
- через бункерный пролет с выдачей материалов из размещенных здесь бункеров в мульды и в бункер заправочной машины;
- доставка контейнерами в печной пролет с хранением здесь в бункерах и выдачей из них материалов в мульды и бункер заправочной машины.

Подача ферросплавов в ковш оборудована системой механизированной загрузки во время выпуска в него стали и в процессе внепечной обработки. Над желобом печи и на установках внепечной обработки располагают систему бункеров, снабженных дозаторами, питателями и течками для подачи ферросплавов из этих бункеров в ковш. Применяется несколько способов доставки ферросплавов в бункера загрузочных систем:

- контейнерами в распределительный пролет и загрузка из контейнеров в бункера мостовыми или консольными кранами;
- через бункерный пролет с последующей выдачей ферросплавов на поперечный конвейер, доставляющий сплавы к бункерам у желоба печи, или с выдачей в тележку, которая транспортирует материалы по рабочей площадке в распределительный пролет в зону действия разливочных кранов, загружающих материалы в бункера у желоба печи, и установок внепечной обработки;
- по специализированному тракту бункерного пролета с последующей выдачей ферросплавов к бункерам, расположенным у желоба печи и на установках внепечной обработки по наклонным течкам (с помощью совмещенной системы доставки и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов).

Бункерный пролет должен располагаться в главном здании цеха между печным пролетом и распределительным или же между печным и пролетом внепечной обработки.

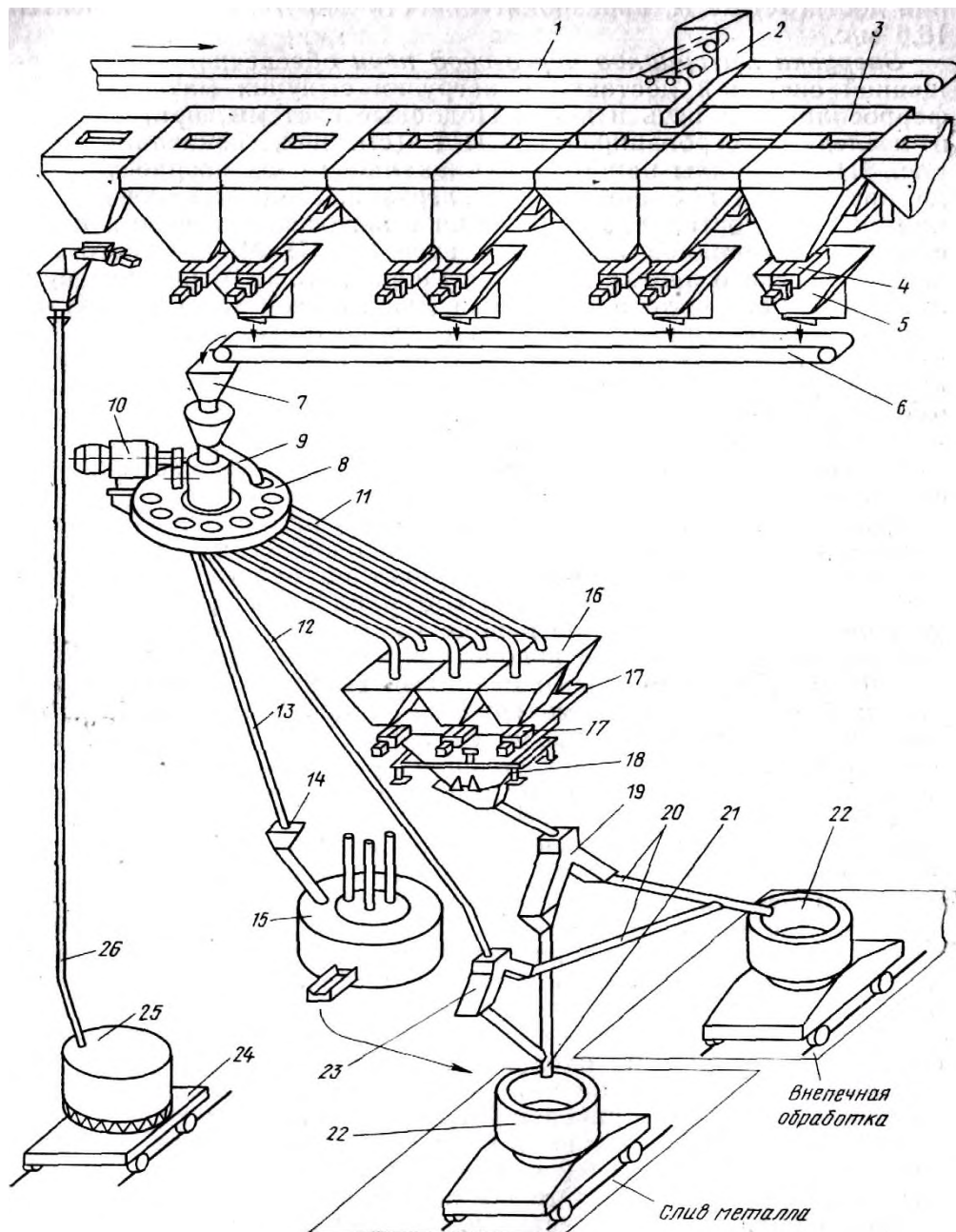


Рисунок 7.9 – Совмещенная система доставки, дозирования и загрузки в печь и ковш сыпучих материалов и ферросплавов

### **Машины для заправки печей.**

Для заправки ДСП применяют машины центробежного и ленточного типов и начинают применяться машины ленточного типа для выборочной заправки футеровки.

Центробежная машина (рисунок 7.10) опускают сверху в рабочее пространство печи мостовым краном, захватывая за скобу 6 крюком 7 крапа. Машина представляет собой цилиндро-конический бункер 4 для заправочного материала, оборудованный снизу вращающимся метательным диском 1 и сверху электродвигателем 5 (или пневматическим двигателем ДТ-10У). Консоль 8 служит для подвода тока к электродвигателю с помощью гибкого кабеля 9 (или сжатого воздуха к пневматическому двигателю по шлангу 9). Двигатель вращает диск 1 вертикальным вал 3, про-



пущенного через защитную трубу 10, которая исключает трение вала 3 о материал, находящийся в бункере.

Материал из бункера 4 высыпается на вращающийся диск 1 и выбрасывается центробежной силой по окружности на откосы и стенки печи 11. Расход материала, подаваемого на диск, регулируют подъемом или опусканием манжеты (телескопического патрубка) 2. Объем бункера 4 составляет  $3,5 \text{ м}^3$ ; дальность полета материала до 8 м; производительность до 150 т/ч; высота со скобой 3,68 м.

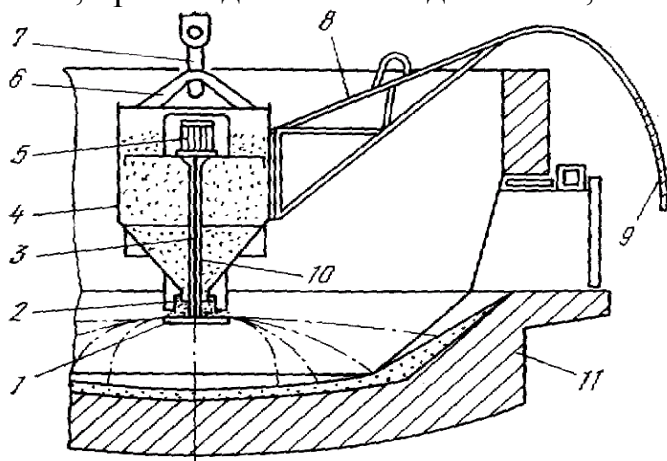


Рисунок 7.10 - Центробежная заправочная машина

Машины ленточного типа забрасывают заправочный порошкообразный материал в печь через рабочее окно. Недостаток их заключается в том, что выбрасываемая лентой струя заправочного материала попадает лишь на участки футеровки, находящиеся против рабочего окна. На участки футеровки, прилегающие к окну, материал направляют с помощью отражательной ложки, что не обеспечивает качественной заправки.

#### **Уборка шлака.**

Шлак из печи сливают в шлаковни, установленные на самоходных рельсовых тележках или шлаковозах, затем ковш транспортируют для опорожнения ОППШ.

#### **Ремонты печей.**

Для ремонта сводов в ЭСПЦ специальные участки, располагаемые в торцах печного пролета на уровне пола цеха. На нем расположен специальный бункер над которым разрушают старую футеровку свода и стенды-шаблоны, на которых набирают футеровку свода. Здесь же расположен склад огнеупорного кирпича. Своды доставляют на участок от печей мостовыми завалочными кранами печного пролета. Простой печи на замене свода составляет 1–2 ч.

Ремонт стенок печи предусматривает ломку изношенной футеровки и выкладку новой двумя способами: на самой печи, когда помимо ремонта время затрачивается на охлаждение печи; путем замены верхней части кожуха печи с футеровкой (верх кожуха отсоединяют от нижней части, транспортируют завалочным краном на участок ремонта и устанавливают на место снятого новый, с заранее отремонтированной футеровкой).

Футеровку стенок ломают машинами с пневмо- или гидромолотами. Кладку футеровки сводов, стенок и пода печи выполняют вручную.

Работы в распределительном пролете

В ЭСПЦ с УНРС назначением распределительного пролета является доставка

кранами ковшей со сталью от печей или сталевозов на поворотные стенды УНРС, располагаемые в линию вдоль границы пролета. В пролете организуют внепечную обработку стали, подготовку и иногда ремонт стальной ковшей, часто через пролет убирают шлак, доставляют ферросплавы к установкам внепечной обработки, огнеупоры и оборудование для ремонтов. Работа в пролете упрощается, если из него вынесены внепечная обработка стали и ремонт стальной ковшей; при уборке шлака из цеха автошлаковозами без участия кранов; при доставке ферросплавов к установкам внепечной обработки по наклонным течкам из бункерного пролета.

## 7.5 Устройство главных зданий ЭСПЦ

ЭСПЦ отличаются многообразием проектных решений по организации доставки и загрузки в печь шихтовых материалов, организации разливки стали и уборки продуктов плавки, числу и расположению печей и пролетов в главном здании, устройств для защиты персонала и окружающей среды. Они различаются по способу разливки, числу, назначению и взаимному расположению пролетов главного здания.

Старые цехи с разливкой стали в изложницы и тремя главными пролетами – печным, шихтовым и разливочным. Подача всех материалов через шихтовый пролет и цехи, в печном пролете которых размещен специализированный тракт подачи сыпучих материалов и ферросплавов.

Цехи с дополнительными пролетами раздевания слитков и подготовки изложниц и иногда пролеты для термической обработки и обдирки слитков.

В подобных цехах устанавливают от двух до семи печей, иногда различной вместимости. Печи расположены на границе печного и разливочного пролетов сталь выпускают в ковши разливочного пролета. При таком способе выпуска стали бункерный пролет должен располагаться между печным и шихтовым пролетами (или же тракт подачи сыпучих в печном пролете с противоположной от печей стороны), что исключает возможность загрузки материалов через свод печи.

Недостатки: разливка стали в изложницы, грузопотоки и параметры оборудования не могут обеспечить работу крупных печей из-за ограниченной площади разливочного пролета трудно обеспечить внепечную обработку.

Цеха с разливкой стали в изложницы и на УНРС и с теми же основными пролетами, что и описанные цехи первой группы, в разливочных пролетах которых установлены вертикальные УНРС.

Цехи с НРС и расположением печей на границе печного и распределительного пролетов, а поворотные стенды УНРС – на противоположной границе распределительного пролета. Такие цехи имеют шихтовый, печной и иногда бункерный пролеты, а также распределительный пролет с примыкающими к нему пролетами УНРС. Сталь выпускают в ковши, удерживаемые литейными кранами распределительного пролета; УНРС располагают линейно; бункерный пролет размещают между печным и шихтовым пролетами или же располагают тракт подачи этих материалов в печном пролете с противоположной от печей стороны.

Цехи этого типа имеют следующие недостатки: печи не заключены в шумо- и дымоизолирующий кожух; не обеспечивается загрузка сыпучих материалов и фер-

росплавов через свод печи; усложнена система доставки ферросплавов в ковш и на установки доводки плавки в ковше в связи с удаленностью от них тракта подачи ферросплавов.

Цехи с непрерывной разливкой стали, расположением печей внутри печного пролета и специализированным пролетом доставки сыпучих материалов (бункерным) имеют следующие пролеты: шихтовый (он может отсутствовать), печной, бункерный, распределительный и пролеты УНРС. УНРС в этих цехах расположены в линию с размещением поворотных стендов на границе распределительного пролета и пролета УНРС. Число пролетов УНРС может быть различным; обычно это два продольных пролета, в которых размещены УНРС и один или несколько пролетов для охлаждения, зачистки, складирования и иногда термообработки литых заготовок. Существуют следующие разновидности подобных цехов.

Цехи с расположением печей внутри печного пролета и размещением бункерного пролета с противоположной от распределительного пролета стороны.

ЭСПЦ ОХМК ( наличие специального шлакового пролета и разливка стали в изложницы в распределительном пролете). Сталь выпускают в ковши, установленные на сталевозах; загрузку сыпучих, ферросплавов и окатышей можно вести через свод печи, для чего печи должны быть смещены в сторону бункерного пролета.

Их недостаток- удаленность тракта доставки ферросплавов (бункерного пролета) от мест расположения сталеразливочных ковшей при выпуске и внепечной обработке, что усложняет подачу ферросплавов в ковш.

Цехи с расположением печей внутри печного пролета и размещением бункерного пролета между печным и распределительным. Цеха с подобной планировкой и размещением печей в герметичном кожухе. В результате близости печей к тракту доставки обеспечивается возможность загрузки сыпучих, ферросплавов и, при необходимости, окатышей через свод. Близость бункерного пролета к участкам выпуска стали в ковш и внепечной обработки позволяет сравнительно просто (с помощью наклонных течек) подавать к этим участкам ферросплавы. Эта планировка наиболее рациональна из рассмотренных.

Главное здание ЭСПЦ с непрерывной разливкой включает следующие пролеты: печной, бункерный, распределительный и группу пролетов УНРС с расположением бункерного пролета между печным и распределительным. В новых проектах целесообразно устройства в главном здании внепечной обработки и шихтового.

Пролет внепечной обработки, рационально предусматривать в цехах с большим числом выпускаемых и разливаемых плавок; в торцах этого пролета могут быть организованы ремонт и подготовка сталеразливочных ковшей. Такой пролет внепечной обработки и подготовки ковшей должен располагаться между бункерным и распределительным пролетами. Ремонт ковшей может быть также вынесен в отдельное помещение, располагаемое рядом с распределительным пролетом.

Основные размеры печных пролетов ЭСПЦ:

Вместимость печи, т.....	50	100	200
Высота рабочей площади, м.....	7	8	10,5
Ширина пролета, м.....	24	24	30
Высота до верха подкранового рельса, м.....	20	24	30
Шаг колонн по основному ряду, м.....	30	36	36.

Если, в печном пролете размещали тракт доставки сыпучих материалов, ширина пролета: 30 м, высота 26 м.

При установке печей в изолирующей камере высота и ширина печного пролета увеличиваются, высота пролета в зависимости от вместимости печи рекомендуется следующей:

Вместимость печи, т.....25      50    100    200

Высота до верха подкранового рельса, м.....20      24    27    32.

Ширина пролета определяется расстоянием от оси печи до колонн ряда Б, габаритами изолирующей камеры и расстоянием от камеры до колонн ряда А, которое должно позволять переносить краном вдоль пролета свод и подину электропечи; печь располагают на таком расстоянии от колонн ряда Б, чтобы можно было обслуживать сливной желоб крюком малого подъема завалочного крана. Ширина пролета в цехе со 100-т печами должна составлять 27–30 м, в цехе со 150-т печами – 30 м. Ширина пролетов: шихтовых 18–30 м; разливочного - при разливке в изложницы 18–24 м, высота расположения в них кранов такая же, как в печном пролете.

В современных ЭСПЦ с ДСП (100–150 т) с бункерным пролетом и непрерывной разливкой ширина пролетов: шихтового 24–30 м, распределительного 24–30 м, бункерных 9 или 12 м; внепечной обработки (если он имеется) 24 м. Ширина каждого из двух пролетов, в которых размещены УНРС 24 или 36 м. Длина современных ЭСПЦ с двумя печами составляет 150–180 м.

## 7.6 Рациональные решения для проектируемых цехов

При разработке проектов ЭСПЦ можно рекомендовать следующее:

-установка в ЭСПЦ высокомошных печей с водоохлаждаемыми сводами и стенками с рафинированием и доведением металла в ковше;

-устройство главного здания цеха с непрерывной разливкой стали в составе пролетов: печного, бункерного, распределительного и группы пролетов ОНРС с расположением бункерного пролета между печным и распределительным. Устройство в главном здании шихтового пролета и при большом объеме производства пролета внепечной обработки стали с организацией здесь ремонта и подготовки ковшей;

-доставка в цех корзин с ломом из скрапоразделочного цеха, а при его отсутствии устройство в главном здании шихтового пролета с доставкой в него большей части лома в контейнерах;

-наличие в цехе специализированного пролета доставки сыпучих материалов, ферросплавов и при необходимости металлизированных окатышей (бункерного пролета);

-загрузка сыпучих материалов, ферросплавов и окатышей в печь через свод с помощью наклонных течек в сочетании с загрузкой нагретых ферросплавов мульдами;

-расположение печей вблизи бункерного пролета для обеспечения загрузки материалов через свод;

-установка печей в шумо-, дымоизолирующей камере в печном пролете с выпуском стали в ковши, располагаемые на сталевозах;

- загрузка лома корзинами грейферного типа и оборудование передаточных тележек весами для взвешивания;
- создание в цехе системы пневмоподачи порошкообразных материалов для продувки металла в печи и в ковше;
- применение безрельсовых мульдозавалочных машин;
- механизация подачи ферросплавов в ковш при выпуске и внепечной обработке с доставкой их на эти участки из бункерного пролета;
- применение для внепечной обработки стали на агрегатах «печь–ковш» и вакууматорах;
- уборка шлака автошлаковозами без перестановки шлаковых ковшей в цехе кранами;
- очистка газов электрофильтрами; отвод их в газоочистку через свод, от изолирующей камеры, в которой размещена печь и от подкрышного зонта;

### 7.7 Основные технические показатели

Расход металлической шихты в ЭСПЦ составляет: лома 1100–1140 кг/т слитков; извести 40–70, плавикового шпата 3–9, железной руды 20–70 кг/т; электродов 4–6 кг/т, магнезиальных огнеупоров на ремонт 8–15 кг/т, магнезитового порошка 20–30 кг/т. Для водоохлаждаемых печей магнезитового порошка – 5 кг/т; ковшевого шамотного кирпича – 10 кг/т, при набивной кремнеземистой футеровке ее 8–15 кг/т, кирпича до 3–4 кг/т.

Удельные расходы энергоресурсов и воды в главном здании (без ОНРС) следующие: электроэнергии на технологические нужды 450–650 кВт·ч/т, на цеховые нужды 8–20 кВт·ч/т, на газоочистку ~45 кВт·ч/т; кислорода на продувку 5–10 м<sup>3</sup>/т; природного газа и кислорода на горелки до 5–10 и 10–20 м<sup>3</sup>/т соответственно; пара на общецеховые нужды 60–130 кг/т и дополнительно на уплотнение электродных отверстий 50–120 кг/т; сжатого воздуха па цеховые нужды 12–30 м<sup>3</sup>/т и на уплотнение кислородных фурм и горелок 7–10 м<sup>3</sup>/т; расход воды, включая оборотную, па общецеховые нужды изменяется от 20–25 м<sup>3</sup>/т в цехах с малыми (6–25 т) печами до 8–12 м<sup>3</sup>/т в цехах со 100–150-т печами; кроме того, на охлаждение сводов и стенок печей расходуется .8–16 м<sup>3</sup>/т.

Расход электроэнергии в ОНРС ЭСПЦ 60–70 кВт·ч/т, воды 25–32 м<sup>3</sup>/т, аргона на продувку в ковше ~0,4 м<sup>3</sup>/т. При порционном вакуумировании расход электроэнергии 3,5–6,7 кВт·ч/т, воды ~ 6,5 м<sup>3</sup>/т, пара на парожекторные насосы ~63 кг/т.

В современных ЭСПЦ производство продукции на 1 м<sup>2</sup> главного здания с ОНРС составляет 25–35 т/м<sup>2</sup> в год; производство продукции па одного работающего 2450–3300 т/год.

### 7.8 Расчет потребности в основном оборудовании

Число мостовых завалочных кранов (шт.):

$$n=A \cdot \sum \cdot k/1440 \cdot b,$$

где  $A$  – число плавков в сутки, пл/сут;

$b = 0,8$  – коэффициент использования крана;

$\Sigma$  – задолженность крана на одну плавку, мин/пл;

$k = 1 \div 1,3$  – коэффициент неравномерности.

Задолженность крана ( $\Sigma$ ) складывается из затрат времени на выполнение следующих работ.

Загрузка шихты. Обычно загрузку ведут двумя корзинами. Задолженность крана на загрузку одной корзины складывается из переезда к корзине, находящейся на скраповозе (передаточной тележке), опускания траверсы и захвата корзины, захвата механизма раскрытия корзины вспомогательным крюком крана, подъема корзины и переезда к печи, опускания корзины, собственно загрузки (раскрытия корзины и выгрузки лома – 1 мин) и выполнения обратных работ (всего 8–13 мин). Если корзину предварительно устанавливают со скраповоза на рабочую площадку цеха, на это дополнительно затрачивается 3–4 мин.

Заправка печи центробежной машиной: 10–15 мин (переезд к машине; ее захват; доставка к печи; опускание в печь; заправка и вывод из печи – 5–7 мин; установка машины на прежнее место).

Вспомогательные работы. Задолженность крана на эти работы на одну плавку 25–30 мин,  $k$  при двух печах – 1,1; для четырех–шести 1,2–1,3.

Число крановых и безрельсовых мультдозавалочных машин на загрузку одной мульты складывается из затрат времени на установку мульты в прокалочную печь (3 мин) и загрузку мульты в печь (2–3 мин). Объем мульт составляет 0,4–1,0 м<sup>3</sup>.

Число кранов шихтового пролета.

При доставке лома контейнерами применяют краны грузоподъемностью 30/15 т, а также двухтележечные грузоподъемностью 30+15 т.

При загрузке корзин электромагнитами принимают, что 40% лома загружают в корзины из вагонов, а 60% сначала разгружают в бункера шихтового пролета, а затем в корзины.

При загрузке корзин из контейнерной можно 90 % лома загружается в корзины из контейнеров, а 10% догружают электромагнитами. Число кранов ( $n$ ) для контейнеров загрузки определяют по приведенной выше формуле для расчета числа завалочных кранов, приняв:  $k=1,1$  и  $\Sigma = n_k t_k$ , где  $n_k$  – число загружаемых в одну корзину контейнеров с ломом, а  $t_k$  – длительность загрузки лома из одного контейнера. Число контейнеров  $n_k = Q/(V_k q)$ , где  $Q$  – расход лома на плавку, т;  $q$  – насыпная плотность лома (1,10–1,2 т/м<sup>3</sup>);  $V_k$  – объем одного контейнера (обычно 14 м<sup>3</sup>).

Задолженность крана на загрузку одного контейнера (снятие с платформы, опрокидывание и возврат на платформу) составляет 5–6 мин. Задолженность крана на один контейнер  $t_k=6-7$  мин.

Загрузка лома должна производиться в два приема и на каждую печь должно быть предусмотрено по две корзины, две рельсовые скраповозные тележки (скраповоза) и два поперечных передаточных рельсовых пути; при этом цикл оборота корзины и скраповоза не должен превышать длительности плавки в печи.

При доставке корзин автоскраповозами из отделения подготовки лома (ОПЛ или скрапоразделочного цеха) число автоскраповозов:

$$n = (k \cdot t_{об} \cdot 2 \cdot A) / 1440,$$

где  $A$  – число плавов в цехе за сутки, пл/сут;

$k=1,2-1,3$  – коэффициент запаса;

$t_{об}$  – длительность оборота автоскrapовоза, мин.

Число мостовых (литейных) кранов в распределительном пролете рассчитывается по формуле для расчета числа свалочных кранов, принимая величину коэффициента неравномерности ( $k$ ) для цеха с двумя печами равной 1,1, а для цеха с 3-6 печами 1,2–1,3. Задолженность крана на одну плавку:

$$\Sigma = t_p + t_{вк} + t_{мп} + t_{рем} + t_{ш} + t_{всп},$$

где  $t_p$  – время обслуживания разливки на УНРС (взятие ковша с жидкой сталью со сталевоза или стенда агрегата внепечной обработки, установка на поворотный стенд УНРС и после окончания разливки снятие ковша со стенда, слив шлака и установка на стенд для охлаждения) всего 16–18 мин;

$t_{вк}$  – длительность взятия ковша со сталевоза и его установки на стенд или сталевоз агрегата внепечной обработки – около 5 мин;

$t_{мп}$  – занятость на межплавочной подготовке сталеразливочных ковшей (перестановка ковша на стенды, где выполняют отдельные операции подготовки, и затем установка ковша на сталевоз).

Длительность одной перестановки составляет около 4 мин, подготовку ковшей с футеровкой из шамотного кирпича или из массы на основе  $SiO_2$  ведут на нескольких стендах. Основную футеровку ковшей нельзя охлаждать до температуры  $<900^\circ C$ .

Число установок для вакуумирования выбирают с учетом потребности в подобной обработке сталей, при этом учитывают, что длительность вакуумирования одного ковша составляет 20 мин, а подготовки установки к приему следующего ковша – около 30 мин.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

- 1 Какие отделения входят в состав ЭСПЦ?
- 2 Какие основные грузопотоки существуют в ЭСПЦ?
- 3 Опишите основные типы планировок ЭСПЦ.
- 4 В чем заключается расчет потребности оборудования ЭСПЦ?
- 5 Какое основное оборудование используется в ЭСПЦ?
- 6 В чем заключаются преимущества и ЭСПЦ?
- 7 В чем отличие доставки лома конвертерных цехов и ЭСПЦ?

## 8 Отделения непрерывной разливки стали

Непрерывная разливка по сравнению с разливкой стали в изложницы значительно увеличивает выход годного металла.

Разливка в изложницы может сохраняться при выплавке некоторых легированных сталей, для которых технология непрерывной разливки пока не разработана, и иногда при выплавке кипящей стали.

### 8.1 Выбор типа и числа УНРС

Применяют следующие типы УНРС: криволинейные (радиальные), вертикальные, вертикально-радиальные, с изгибом слитка, горизонтальные.

Преимущества криволинейных (радиальных) по сравнению с вертикальными: меньше капитальные затраты на сооружение ОНРС, поскольку из-за меньшей высоты машины отпадает необходимость сооружения колодцев и высоких башен, нужных для размещения вертикальных машин; позволяют разливать сталь с большей скоростью, что повышает пропускную способность ОНРС; из-за меньшей высоты они легко вписываются в габариты существующих СЦ.

У крупных криволинейных УНРС, отливающих слитки толщиной 250-300 мм, высота машины от верха кристаллизатора до горизонтального положения 10 -12 м; высота вертикальных УНРС - 47 м.

Начали применять сходные с криволинейными вертикально - радиальные УНРС. Они имеют вертикальный кристаллизатор и небольшой, по высоте вертикальный участок под кристаллизатором, за которым расположен радиальный участок переводящий слиток в горизонтальное положение. Их преимущества по сравнению с криволинейными – более простой в изготовлении и обслуживании вертикальный кристаллизатор, недостаток – большая высота (для УНРС, отливающих слитки толщиной 250 – 300: мм, это увеличение составляет 4 - 5 м).

Вертикальные УНРС применяют для отливки пустотелых трубных заготовок и слитков сложных специальных профилей, а также в цехах с малыми печами, выплавляющими высоколегированные стали.

Число ручьев УНРС должно быть оптимальным: при их увеличении возрастает производительность УНРС, что позволяет уменьшить число машин. Однако их размещение в отделении затруднено, усложняется обслуживание и организация разливки. Целесообразно слябовые и радиальные УНРС выполнять двухручьевыми, а радиальные машины для сортовых слитков – с числом ручьев от 4 до – 8.

Потребное число УНРС  $n_m$  (без учета резервных) определяют из соотношения:

$$n_m = P_{ц} / P_m,$$

где  $P_{ц}$  и  $P_m$  – годовая производительность соответственно СЦ и одной УНРС (т литых заготовок).

Годовую производительность одной УНРС -  $P_m$  при работе методом «плавка на плавку» и с паузами определяют по формулам:



$$P_M = P \frac{1440T}{T \cdot t_M + t'_P} \cdot a \cdot n \quad \text{и} \quad P_M = P \cdot \frac{1440}{t_M + t_P} \cdot a \cdot n,$$

где  $P$  – масса стали в сталеразливочном ковше, т;  
 $a$  – выход годных заготовок (0,95–0,97);  
 $n$  – число рабочих суток машины в году, сут/год;  
 $T$  – число плавов, разливаемых без перерыва при разливке методом «плавка на плавку» (принимают  $m = 10$ );  
 $t_M$  – время разливки одной плавки, мин;  
 $t_P$  – пауза между разливкой двух последовательных плавов, мин;  
 $t'_P$  – пауза между серией плавов при разливке «плавка на плавку» мин.

Число рабочих суток в году 291 сут. Остальное время отводится на проведение ремонтов: профилактических-13 сут.; планово-предупредительных 22 сут.; капитальных – 12 сут. замену кристаллизаторов – через 50 плавов (2 сут); замену секций вторичного охлаждения – через 80 плавов (3,5 сут); перестройку машины по толщине сляба раз в месяц (2 сут), перестройку по ширине сляба четыре раза в месяц (4 сут); ликвидацию последствий прорывов (15,3 сут).

Для автоматизированных УНРС фонд рабочего времени 320 сут. Паузы  $t_P$  и  $t'_P$  складываются из времени подготовки машины к следующей разливке ( $t_{\text{подг}}$ ) и дополнительного времени ( $t_{\text{доп}}$ ), которое должно обеспечить синхронизацию работы УНРС и сталеплавильного агрегата.

Для двухручьевых слябовых УНРС  $t_{\text{подг}} = 160$  мин при разливке методом «плавка на плавку» и 60 мин при разливке с паузами. Для УНРС, отливающих слитки квадратного сечения при работе с паузами  $t_{\text{подг}} = 45\text{--}60$  мин.

Длительность разливки плавки или ковша (машинное время):

$$t_M = P/N \cdot F \cdot v \cdot d,$$

где  $N$  – число ручьев УНРС;  
 $v$  – линейная скорость разливки, м/мин;  
 $F$  – площадь поперечного сечения слитка, м<sup>2</sup>;  
 $d$  – плотность стали (спокойной 7,0; кипящей 6,8 т/м<sup>3</sup>).

Для слябовых УНРС число ручьев принимают 2, а для квадратных слитков 6 – 8. Линейную скорость, м/мин, разливки рассчитывают по формуле:

$$v = K_c \cdot (a + b)/a \cdot b,$$

где  $a$  и  $b$  – соответственно толщина и ширина отливаемой заготовки, м;  
 $K_c$  – коэффициент, учитывающий марку разливаемой стали. Для слябовых он составляет: 0,28 – 0,3 – для углеродистых; 0,22 – легированных конструкционных, высоколегированных; 0,18 – для инструментальных, шарикоподшипниковых и низкоуглеродистых электротехнических сталей. Для сортовых: 0,14 – для углеродистых, низколегированных и конструкционных; 0,11 – для легированных, высоколе-

гированных сталей.

Для КЦ при работе методом «плавка на плавку» потребное число УНРС

$$n_M = n_1 + n_2,$$

где  $n_1$  и  $n_2$  - число УНРС, находящихся соответственно в работе и ремонте.

Число УНРС, находящихся в работе

$$n_1 = (t_M/R) + M,$$

где  $t_M$  – длительность разливки плавки, кратная ритму подачи ковшей, мин;

$R$  – ритм подачи ковшей (время до подачи очередного ковша), мин;

$M$  – дополнительное число УНРС, необходимых для обеспечения работы методом «плавка на плавку»;  $M = 1$ , если  $t_M/R \leq 4$ .

Число ремонтов УНРС  $n_2$  при двух работающих конвертерах принимается равным 1. При одном работающем в конвертере  $n_2 = n_M 47/365$ , где 47 - длительность ремонтов одной УНРС за год (сут.). Если полученное значение  $n_2 \leq 0,5$ , то принимают  $n_2 = 0$ ; если расчетное значение  $n_2 > 0,5$ , то принимают  $n_2 = 1$ .

Расчитанное число УНРС сопоставляют с нормами проектирования:

Вместимость конвертера, т.....	200	300	400
Число УНРС, шт., при сечении слитка, м:			
(0,2 - 0,3) × (0,8 - 1,6).....	5	-	-
(0,25 - 0,3) × (1,2 - 1,9).....	5	5	-
(0,25 - 0,3) × (1,4 - 2,2) .....	4	5	6.

ЭСЦ с 1-3 печами рекомендуется иметь столько УНРС, сколько печей в цехе, а в цехах с четырьмя печами – три УНРС.

## 8.2 Расположение УНРС в цехе

При проектировании ОНРС необходимо создать оптимальную схему грузопотоков с минимальной площадью и размещением в них наряду с УНРС следующего оборудования и участков: путей и оборудования для подачи ковшей с жидкой сталью к УНРС; оборудования для быстрой замены сталеразливочных и промковшей без остановки разливки (стенды и тележки); участка подготовки и ремонта промковшей и систем их транспортировки к УНРС и обратно; установок внепечной обработки стали; систем транспортировки литых заготовок на склад и в прокатный цех; участков для ремонта и хранения оборудования.

Применяют две схемы расположения УНРС в ОНРС – блочную и линейную, причем ОНРС может располагаться как в отдельном здании, так и в главном здании цеха.

В КЦ отдельные здания ОНРС с аэрационным разрывом до 36 м от главного здания цеха. Размещение УНРС в них может быть блочным или линейным. В ЭСЦ, имеющие меньшие объемы производства, УНРС обычно размещают линейно в пролетах главного здания, что снижает капитальные затраты и при разливке небольшого числа плавков обеспечивает рациональную организацию работ.

### 8.3 ОНРС с блочным и линейным расположением машин

ОНРС с блочным расположением машин обычно располагают в отдельном здании (рисунок 8.1).

Отделение состоит из нескольких пролетов, параллельных пролетам главного здания, и соединено с ним ширококолейными путями 9 на нулевой отметке, начинающимися от конвертеров. По этим путям в ОНРС доставляют ковши с жидкой сталью на сталевозах 21. Ближайший к главному зданию – пролёт подготовки и ремонта проковшей (наличие этого пролета необязательно, в некоторых цехах он входит в состав главного здания, а в некоторых подготовку проковшей ведут в торцах разливочных пролетов, а ремонт, в отдельном помещении). Пролет оборудован мостовыми кранами 5, для переноски проковшей на ремонтные стенды и других работ. Разливочные пролеты II –IV (пролеты УНРС), число которых определяется числом устанавливаемых в отделении УНРС. В пролете V расположена транспортная линия передачи заготовок на склад и иногда там хранят запасное оборудование.

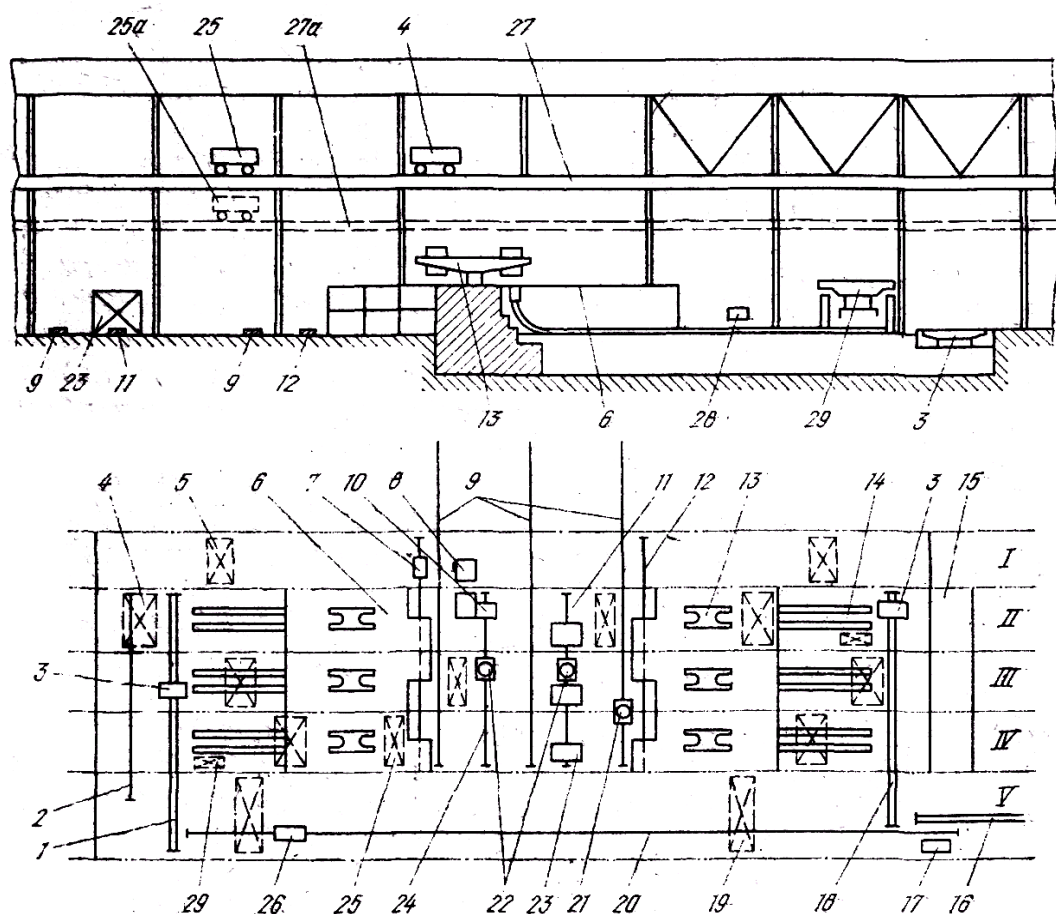


Рисунок 8.1 - План и продольный разрез ОНРС с блочным расположением машин

Поперечные сталевозные пути 9 разделяют пролеты зданий на две симметричные части. В разливочных пролетах по обеим сторонам от пути 9 расположено по одной УНРС 14- двумя блоками с двух сторон от сталевозных путей. В пролетах УНРС установлено по два разливочных крана 4 для транспортировки ковшей и

один кран 25 меньшей грузоподъемности для транспортировки промковшей и оборудования УНРС при ремонтах.

Применяют одно- и двухъярусное расположение кранов: в первом случае все краны разливочного пролета перемещаются по общим подкрановым путям (путь 27), во втором – разливочные краны 4 перемещаются по путям 27 верхнего яруса, а вспомогательные – по путям нижнего яруса (путь 27а и кран 25а).

Разливочные пролеты в районе расположения поворотных стенов 13 и кристаллизаторов перекрыты рабочей площадкой 6. Между сталевозными путями 9 в разливочных пролетах расположены установки внепечной обработки 23 и вакууматор 10, помещение для парозежекторных насосов 8. Под вакууматором 10 и расположенными в одну линию установками доводки 23 поперечные ширококолейные пути 24 и 11 для сталевозов 22. На них краном 4 устанавливаются прибывающие по путям 9 ковши с жидкой сталью, после чего сталевоз 22 подает ковш на УДСК или вакууматор, а после внепечной обработки вновь выезжает с ковшом в зону действия литейных кранов 4 для последующей передачи ковша на УНРС. Наличие отдельных сталевозных путей 11 и 24 для установок внепечной обработки стали обеспечивает независимое от внепечной обработки движение сталевозов по путям 9, т. е. исключает помехи в доставке сталеразливочных ковшей к конвертерам.

Для выдачи из ОНРС литых заготовок - ширококолейные рельсовые пути 1 и 18 с рольганг- тележками 3, продольный рельсовый путь 20 со слябовозом 26 и рольганг 16. Передвигающееся в поперечном направлении крановое устройство 29 для передачи в случае необходимости слябов с рольганга 14 УНРС на стеллажи для временного складирования. Поперечные рельсовые пути 12 с тележками 7 для транспортировки промковшей; поперечный путь 2 - для транспортировки оборудования на тележках. К зданию ОНРС примыкает транспортно-отделочное отделение, в которое слябы поступают по рольгангу 16. При необходимости поверхности слябов зачищают. Здесь также имеются площади для складирования слябов, отсюда их отправляют в прокатный цех.

Возможна разновидность планировки ОНРС с расположением УНРС одним блоком с одной стороны от сталевозных путей. Ее преимущество: нет необходимости в специальной транспортной линии (путь 20) для передачи заготовок на склад из отдаленного от склада блока УНРС.

Ширина пролетов: промковшей- 24 м; разливочных при установке в них двухручьевых УНРС- 30 м. Рабочая площадка разливочного пролета на уровне верха кристаллизатора при радиусе УНРС от 10 до 12 м, расположена на высоте 11,5–13,5 м; высота подкрановых рельсов разливочного крана 28 – 30 м, а при двухъярусном расположении кранов над УНРС–35 м.

Ковши с жидкой сталью поступают в пролеты ОНРС на сталевозах 21 по путям 9. Часть ковшей кранами 4 переставляют на сталевоз 22, стоящий на пути 11. По этому пути сталевоз 22 доставляет ковш на установку доводки 23, останавливаясь под стендом установки для внепечной обработки. После ее окончания сталевоз выезжает в зону действия крана 4, которым ковш поднимают со сталевоза и устанавливают на поворотный стенд 13 УНРС.

Ковши со сталью для обработки вакуумом переставляют с путей 9 на сталевоз 22, находящийся на пути 24 и доставляющий ковш к вакууматору 10. После вакуу-

мирования сталевоз 22 перевозит ковш из-под вакууматора в один из разливочных пролетов, где краном 4 ковш устанавливают на стенд 13 УНРС. После окончания разливки краном 4 сливают из ковша шлак в шлаковни, установленные между рельсовыми путями 9, и затем устанавливают ковш на сталевоз 21, транспортирующий его в ковшовый пролет главного здания.

Получаемые после разрезания слитков на газорезке 28 заготовки мерной длины выдаются с рольгангов 14 УНРС на рольганг - тележки 3, которые по поперечным рельсовым путям 1 и 18 движутся в пролет V. С рольганг - тележки на рельсовом пути 18 заготовка поступает на рольганг 16, транспортирующий ее в транспортно-отделочное отделение.

С рольганг - тележки на пути 1 заготовка выдается на находящийся на рельсовом пути 20 слябовоз 26, который транспортирует ее к рольгангу 16. Сталкивателем 17 заготовку сталкивают со слябовоза на рольганг 16, который доставляет ее в транспортно-отделочное отделение. Краны 19 пролета V выполняют, ремонтно-монтажные работы.

Промковши доставляют из пролета подготовки I в разливочные на самоходной тележке 7 по поперечному рельсовому пути 12. Далее вспомогательным краном их устанавливают на рабочую площадку 6 УНРС на стенды для разогрева, а перед началом разливки на подвижную тележку, над кристаллизатором. После окончания разливки промежуточный ковш тем же путем возвращают в пролет подготовки I.

Ремонт промковшей ведут на расположенных в пролете подготовки I на стендах: охлаждения; выпрессовки стаканов и «козлов», гидравлическим устройством ломки футеровки; выполнения новой футеровки; установки стаканов; сушки футеровки. Перестановку ковшей со стенда на стенд двумя мостовыми кранами 5. В пролете имеются участки и печи для наборки и сушки стопоров и узел приготовления огнеупорных масс и растворов и иногда установка для выполнения наливной футеровки промковшей.

#### **8.4 ОНРС с линейным расположением машин**

ОНРС с линейным расположением машин представлено на рисунке 8.2. Отделение связано с главным зданием цеха поперечными сталевозными путями 7, оно представляет собой многопролетное здание, пролеты которого параллельны пролетам главного здания.

I пролет внепечной обработки. Он не является обязательным, так как в некоторых ОНРС подобного типа внепечную обработку производят в распределительном пролете. Вакууматор 9 с помещением 9а для парозежекторных насосов; установки 6 для внепечной обработки (доводки) стали в ковше, расположенные над сталевозными путями, литейный кран 8 для транспортировки ковшей с жидкой сталью.

Пролет II – распределительный в него поступают по сталевозным путям ковши с жидкой сталью, он оборудован литейными кранами 5.

В последующих трех пролетах расположены УНРС и транспортная линия 13 выдачи заготовок на склад.

Пролеты: III – УНРС; IV – газорезок; V – выдачи и транспортировки литых за-

готовок. УНРС размещены вдоль распределительного пролета в одну линию и оборудованы поворотными стендами 10, оси которых находятся на границе пролетов УНРС и распределительного. Всё эти три пролёта оборудованы мостовыми кранами 18, 15 и 17 значительно меньшей грузоподъемности, чем литейные.

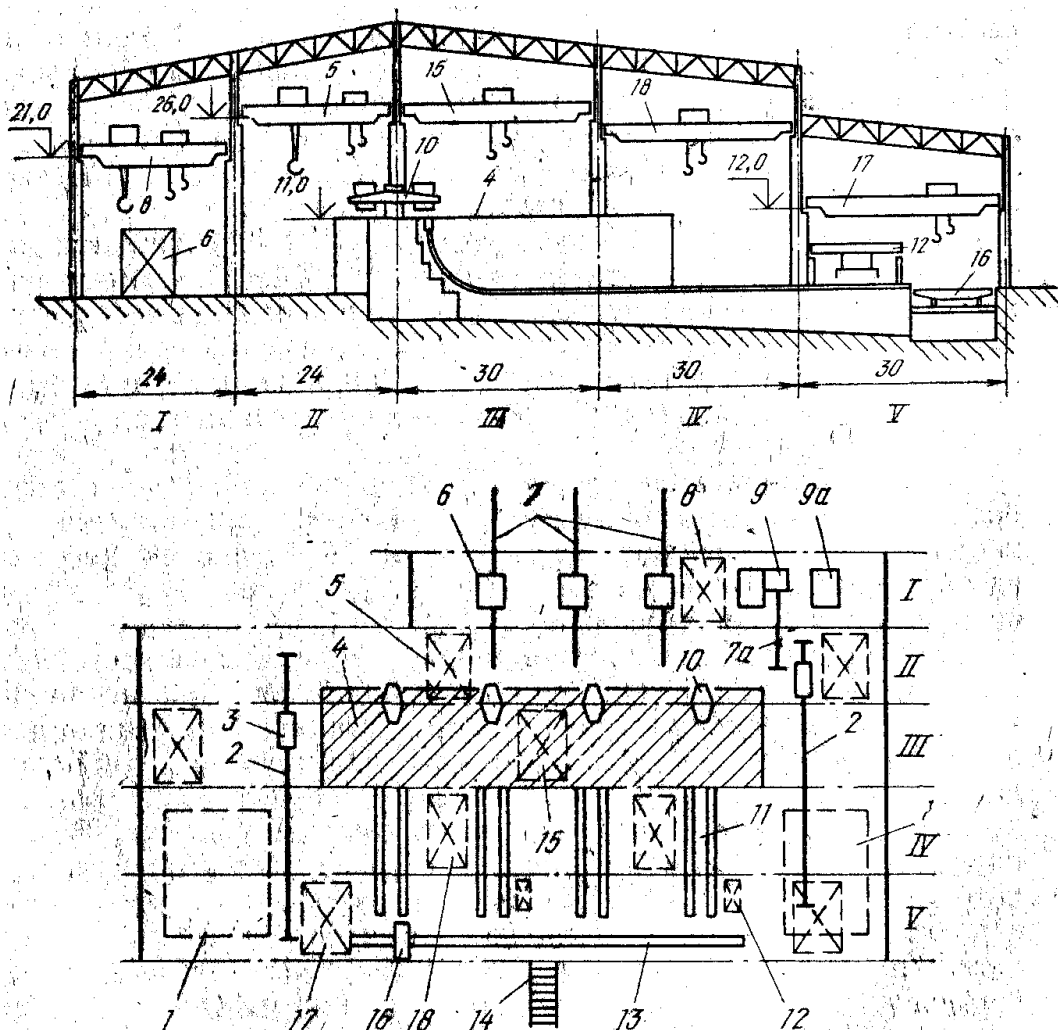


Рисунок 8.2 - План и поперечный разрез ОНРС с линейным расположением машин

Высота пролетов, начиная с пролета УНРС, снижается, т.к. снижается высота криволинейных УНРС. Высота расположения рабочей площадки 4 УНРС при их радиусе 6–12 м, составляет 8–13 м, высота подкрановых рельсов литейных кранов 22,5–30 м; ширина распределительного пролета 27–30 м, остальных пролетов от 24 до 36 м.

В пролете внепечной обработки доставляют по путям 7 сталево­зы с ковшами останавливают под стендами 6 установок доводки, где без снятия ковша со сталево­за проводится внепечная обработка. После внепечной обработки сталево­з доставля­ет ковш по пути 7 в распределительный пролет. При необходимости вакуумирова­ния ковш краном устанавливают на сталево­з вакууматора 9; этот сталево­з, передвигаясь по пути 7а, подает ковш под вакууматор и затем транспортирует его в распре­делительный пролет. В распределительном пролете II ковши берут со сталево­за краном 5 и транспортируют к УНРС, устанавливая ковш на консоль поворотного стенда 10, находящуюся в распределительном пролете. После поворота стенда на 180°

ковш оказывается над промковшом и кристаллизатором. После окончания разливки из ковша краном 5 сливают шлак в имеющиеся в пролете II шлаковые ковши, и затем пустой ковш ставят на сталевоз для передачи в ковшовый пролет главного здания.

Промковши подготавливают и ремонтируют в левой части пролетов II и III. Из пролета II ковши передают в пролет III тележками 3 по поперечным путям 2 и затем кранами 15 устанавливают на стенды для разогрева на рабочей площадке 4 УНРС, а перед разливкой – на тележку, которой ковш устанавливают над кристаллизатором.

Литые заготовки с рольгангов УНРС 11 выдают на рольганг-тележку 16, которая по поперечному пути 13 доставляет их к рольгангу 14, по которому заготовки движутся на склад. Крановое устройство 12 при необходимости перегружают слябы с рольганга УНРС 11 на расположенные рядом с ним стеллажи для временного складирования. В левом и правом торцах пролетов IV и V участки 1 для ремонта сменного оборудования УНРС.

## **8.5 Общая характеристика ОНРС**

Применяют два варианта размещения установок внепечной обработки стали – над сталевозными путями доставки ковшей и ОНРС и в стороне от них, с установкой дополнительного сталевозного пути. Преимущества первого варианта: для проведения внепечной обработки не требуется перестановки ковша на установку литейным краном. Время внепечной обработки 40-60 минут и ее проведение на путях доставки ковшей в ОНРС может вызвать задержку доставки по этим путям следующего пустого ковша к конвертеру или ДСП. Поэтому предпочтительнее размещение установок внепечной обработки над отдельными сталевозными путями.

Подготовки и ремонт промковшей: в некоторых ОНРС имеются специализированные пролеты, в главном здании цеха. Или ремонт промковшей проводят в торцах разливочных пролетов.

ОНРС различаются также способами и оборудованием для выдачи литых заготовок в прокатный цех или на промежуточный склад.

ОНРС размещают в СЦ двумя способами: в главном здании и в отдельном здании с расстоянием до 36 м от главного здания для улучшения аэрации. Целесообразнее размещать ОНРС в пролетах главного здания.

Преимущества блочной планировки: обеспечивает бесперебойную работу отделения при любом числе УНРС, т.к. ковши со сталью можно подать на любую УНРС независимо от работы прочих. Недостаток – большие капитальные затраты на сооружение отделения в связи с увеличением объема здания и числа тяжелых кранов.

В ОНРС с линейной планировкой тяжелые литейные краны устанавливают лишь в распределительном пролете, а в ОНРС с блочной планировкой – во всех разливочных; объем здания при линейной планировке уменьшается в связи с меньшей его площадью и тем, что высота пролетов здания, начиная с пролета УНРС, снижается, т.к. уменьшается высота криволинейной УНРС; при блочной же планировке высота пролетов постоянная, чтобы обеспечить перемещение литейного крана вдоль всей УНРС.

Недостаток линейной планировки ОНРС: при большом числе УНРС усложня-

ется организация работ – подаче ковшей со сталью к отдаленным от стелевозных путей машинам может препятствовать кран, обслуживающий работу более близких УНРС. Поэтому при числе УНРС не более четырех рациональна линейная планировка, а при большем их числе блочная. Литые заготовки имеют значительную длину и их целесообразно транспортировать к прокатным станам в том же направлении, в котором они двигались при отливке на УНРС.

В ОНРС с блочной планировкой в каждом разливочном пролете на две УНРС устанавливают два разливочных крана.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

- 1 Какие пролеты входят в состав ОНРС?
- 2 Какие основные грузопотоки существуют в ОНРС?
- 3 Опишите основные типы планировок ОНРС.
- 4 В чем заключается расчет потребности оборудования ОНРС?
- 5 Какое основное оборудование используется в ОНРС?
- 6 В чем отличие ОНРС с блочным и линейным расположением машин?



## 9 Общая характеристика доменных цехов и литейных дворов

ДЦ - сложный комплекс взаимосвязанных агрегатов, зданий, сооружений и транспортных систем. Цех включает несколько ДП, бункерные эстакады с конвейерными колошниковыми подъемниками), систему транспортных путей, отделение разливки чугуна, склад холодного чугуна, воздуходувная станция, станция подачи воздуха горения, отделение приготовления огнеупорных масс (глиномялка), депо ремонта чугуновозных ковшей, ШПУ, электроподстанции, насосная и системы обратного водоснабжения, центральная приточная станция, вытяжные станции литейного двора и бункерной эстакады, АБК, ремонтные мастерские и др.

В центральный узел входят: литейный двор, воздухонагреватели с газозоводными проводами, газоочистка, скиповый подъемник с машинным зданием, здание управления печью, иногда установки припечной грануляции шлака и др.

ДЦ имеют большой объем и сложную систему грузопотоков: шихтовых материалов к бункерной эстакаде с аглофабрик, цехов окомкования, ккц, других источников снабжения за пределами завода; грузопотоки материалов от бункерной эстакады к колошниковому загрузочному устройству; грузопотоки жидких продуктов плавки (чугуна и шлака), колошниковой пыли; уборки коксовой мелочи; грузопотоки материалов, используемых при ремонтах; трубопроводная подача кислорода, природного газа и отвод колошникового газа.

При проектировании ДЦ решаются следующие задачи: выбор числа, полезного объема и устройства ДП и параметров технологического процесса; определение расхода основных материалов, расчет транспортных систем; выбор конструкции и воздухонагревателей, воздуходувок, газоочисток и других агрегатов; выбор схем доставки в цех шихтовых материалов, систем подачи материалов к колошниковому подъему и типа колошникового подъема, схем уборки продуктов плавки и соответствующего оборудования. Выбор литейного двора и вспомогательных отделений цеха – депо ремонта ковшей, разливочных машин, глиномялки и др.; разработка рациональных грузопотоков и транспортных систем; оптимальная компоновка объектов цеха и транспортных путей.

### 9.1 Проектные решения для доменных печей и их работы

В нашей стране строились ДП с полезным объемом: 1033, 1386, 1513, 1719, 2000, 2300, 2700, 3000, 3200, 5000, 5500 м<sup>3</sup>. Эффективность повышения объема доменных печей следующая:

Полезный объем печи, м <sup>3</sup> .....	3200	5000
Удельные капиталовложения, % .....	95,5	93,3
Производительность, труда, % .....	117,6	140,0
Себестоимость чугуна, % .....	97,1	95,7
Расходы по переделу, % .....	94,3	88,7.

За 100% приняты; показатели для печи объемом 2000 м<sup>3</sup>.

Рекомендуются печи с объемом 3200; 4200 и 5500 м<sup>3</sup>.

Потребное число ДП в цехе определяется из соотношения:

$$n = \Pi_{ц} / \Pi,$$

где  $\Pi_{ц}$  и  $\Pi$  - годовая производительность соответственно цеха и одной печи (т/год).

Годовую производительность цеха определяют на основании баланса металла по заводу. Исходной величиной для составлений баланса является годовой объем производства металлопроката. По этой величине и расходным коэффициентам металл, на прокатных станах определяют потребность прокатных цехов в стальных слитках. По величине расхода чугуна на 1т стальных слитков определяют потребность СЦ в жидком чугуне. К найденной величине добавляют количество товарного чугуна, и потребность вспомогательных цехов завода в литейном чугуне, получая требуемую величину  $\Pi_{ц}$ . Учитывают потери чугуна: в скрап в желобах, в чугуновозных ковшах, со шлаком и при разливке на разливочных машинах, которые по нормативам составляют соответственно 0,15; 0,1 и 0,5% и 0,5%.

При выплавке чугунов специального состава производительность печи снижается, поэтому проводят ее пересчет на производительность при выплавке передельного чугуна с помощью пересчетных коэффициентов, которые составляют для: литейного чугуна 1,20; ферромарганца-2,5; феррофосфора 4,0. Для ДП, выплавляющих передельный и специальные чугуны, годовая производительность составит:

$$\Pi = \Pi_{пер} + 1,2\Pi_{лит} + 2,5\Pi_{фм} + 4,0\Pi_{фф},$$

где  $\Pi_{пер}$ ,  $\Pi_{лит}$ ,  $\Pi_{фф}$  – потребный годовой объем выплавки соответственно передельного, литейного чугуна, ферромарганца и феррофосфора (т).

Годовая производительность ДП:

$$\Pi = n_c \cdot \Pi_{сут},$$

где  $\Pi_{сут}$  – среднесуточная производительность печи, т/сут;

$n_c$  - среднегодовое число рабочих суток печи за кампанию, сут/год.

Среднесуточную производительность ДП определяют:

$$\Pi_{сут} = V / \text{КИПО},$$

где  $V$  – объем печи  $\text{м}^3$ ;

$\text{КИПО} = 0,45 - 0,385$ ;  $\text{м}^3 \cdot \text{сут} / \text{т}$ .

Среднегодовое число рабочих суток печи:

$$n_c = 365 \cdot T_p / T_{\text{камп}},$$

где  $T_p$  – общее число рабочих суток за кампанию печи, сут;

$T_{\text{камп}}$  – общее число календарных суток за кампанию печи, сут.

Число рабочих суток за кампанию  $T_p = \Pi_{\text{камп}} / \Pi_{сут}$ .

Выплавляемое за кампанию печи количество чугуна:

$$П_{\text{камп}} = V \cdot П_0,$$

где  $V$  – объем печи,  $\text{м}^3$ ;

$П_0$  – норматив выплавки чугуна за кампанию,  $\text{т}/\text{м}^3$  объема печи.

$П_0$  для печей различного объема в соответствии с нормами следующее:

$V, \text{м}^3$ .....	1000–1240	1300–1600	1719–2300	2700–3000	5000
$П_0, \text{т}/\text{м}^3$ .....	11000	10000	9000	8000	5500.

Число календарных суток за кампанию ( $T_{\text{камп}}$ ) сумма рабочего времени печи (числа рабочих суток  $T_p$ ) и времени на кап. ремонты печи. В течение кампании предусмотрены ремонты: один 1-го разряда, два 2-го и 3-го разряда один раз в год:

$$T_{\text{камп}} = T_p + T_1 + 2 \cdot T_2 + (T_p \cdot T_3 / 365),$$

где  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  – длительность ремонтов соответственно 1, 2 и 3-го разрядов.

1- разряд: смена футеровки печи с полным выпуском продуктов плавки и капитальный ремонт оборудования печи; зачастую проводят реконструкцию печи, т. е. полную замену печи методом надвигки.

2- разряд: полная или частичная смена футеровки шахты, смена засыпного аппарата и защитных сегментов колошника, холодильников шахты и заплечиков.

3- разряд: замена засыпного аппарата и защитных сегментов колошника.

Годовая производительность ДП объемом 3200 и 5000  $\text{м}^3$  составляет соответственно: 3 и 4,6 млн. т чугуна.

На современных ДП применяют загрузочные устройства бесконусного типа; самонесущий кожух без мораторного кольца, современный профиль конструкции горна и лещади, комбинированную кладку лещади из углеродистых блоков и высокоглиноземистых огнеупоров, современные холодильники.

При реконструкции ДП увеличивают число чугунных леток и воздушных фурм, совершенствуют профиль, горн и лещадь, системы охлаждения печи, установку бесконусного загрузочного устройства, замену воздуходувных машин на более мощные. В зависимости от объема печи количество леток: 2000  $\text{м}^3$  – две; 2700  $\text{м}^3$  – три; 3200–5500  $\text{м}^3$  – четыре.

Число выпусков чугуна за сутки на печах: с одной леткой от 8 до 10; с двумя 10–14; с тремя-четырьмя 15–24.

## 9.2 Планировка доменных цехов и устройство литейных дворов

Цеха с блочным расположением печей имеют ряд расположенных в одну линию ДП со скиповым подъемом; общую бункерную эстакаду; рудный двор; ряд вдоль линии печей жд пути для уборки чугуна, шлака и колошниковой пыли. Особенность: печи попарно, объединены в блоки: две соседние печи имеют один общий литейный двор (рисунок 9.1а). Жд пути для уборки чугуна и шлака располагаются по разные стороны литейного двора.

Две соседние печи 1 одного блока имеют общий литейный двор 15 с одним мостовым краном. Воздухонагреватели 2 двух соседних печей смежных блоков расположены общей группой на одной площадке, что позволяет иметь для них общие: дымовую трубу 3 и дымовой боров. Над бункерной эстакадой с рудными 6 и коксовыми 7 бункерами и рудным двором 1 перемещается кран - перегружатель 4.

Со стороны бункерной эстакады и скипового подъемника 5 от печей пути 11 для уборки шлака и путь 12 для уборки коксовой мелочи. С противоположной стороны пути 16 для уборки чугуна и колошниковой пыли от ходовых путей 16 тупиковые постановочные пути для уборки чугуна 9, уборки пыли 10 и хозяйственный путь 13, пылеуловители 8 над тупиковыми путями для уборки пыли, проездной путь 14.

Заезды с чугуновозных путей на шлаковозные и наоборот возможны только с торцов цеха.

Преимущества: компактность цеха; недостатки - низкая пропускная способность путей уборки чугуна и шлака, сложное маневрирование составов, невозможен переезд с чугуновозных путей на шлаковые, встречное движение составов.

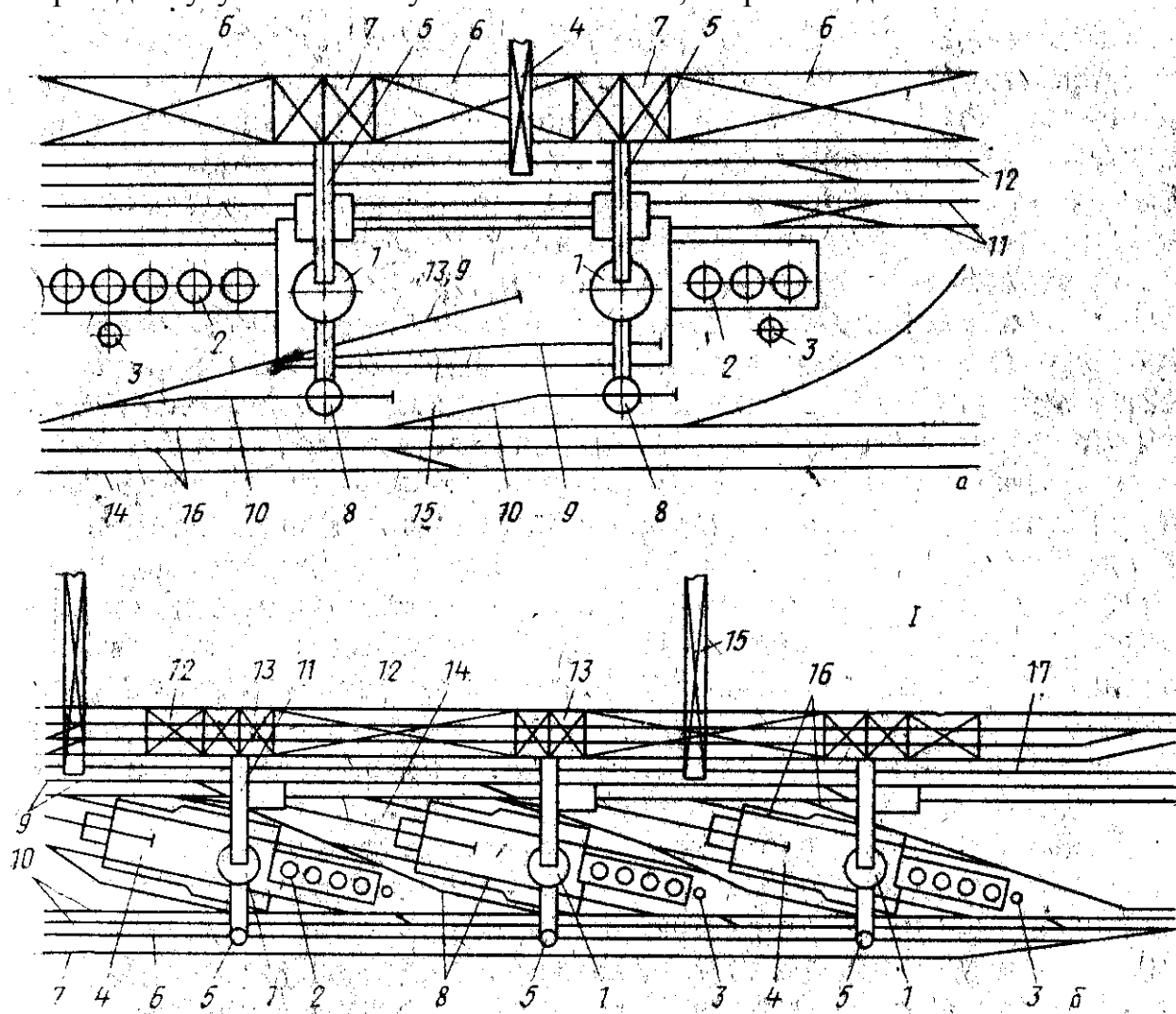


Рисунок 9.1 - Планировка доменных цехов с блочным расположением печей (а) и островным (б) (I – рудный двор)

Общий литейный двор затрудняет выполнение горновых работ – при выпуске чугуна с одной печи, поэтому нельзя работать на второй половине литейного двора. Затруднен ремонт печей, особенно в период, выпусков чугуна на работающей печи.

Цехи с островным расположением печей со скиповыми колошниковыми подъемными (рисунок 9.1б) расположение ДП в линию и отдельные потоки уборки чугуна и шлака: с разных сторон. Ряд жд путей, проложенных со стороны бункерной эстакады и скиповых подъемников 11, служит для уборки шлака 9 и коксовой мелочи 17; ряд продольных путей с противоположной от печей стороны – для уборки чугуна 10 и колошниковой пыли 6.

Островная планировка: к каждой ДП литейный двор, блок воздухонагревателей и постановочные пути для чугуна и шлака, расположены под углом (12–13°) к продольной оси цеха. Это позволяет иметь для каждой печи индивидуальные постановочные пути вдоль литейных дворов для чугуновозов и шлаковозов (пути 8 и 16) и переезды с одной, стороны на другую и обратно между соседними печами. Это обеспечивает более высокую пропускную способность уборочных жд путей, улучшение маневренности жд составов позволяет устанавливать под выпуск большее число ковшей.

Для уборки чугуна два уборочных пути 10, со съездами на два постановочных пути 8, располагаемых вдоль литейного двора 4 каждой печи; для уборки шлака ковшами к грануляционным установкам или на шлаковый отвал два уборочных ходовых пути 9 со съездами на два у каждого литейного двора постановочные пути 16 шлаковых ковшей. С ходовых путей 9 к каждому литейному двору отходит также тупиковый хозяйственный путь 14; путь 7 является проездным.

Подобные цеха имеют общую бункерную эстакаду (с рудными 12 и коксовыми бункерами 13), к которой примыкает рудный двор, с кранами - перегружателями 15. Особенность: расположение газоотводящих трубопроводов с противоположной от колошникового скипового подъемника стороны. Газоочистка с противоположной от бункерной эстакады и колошникового подъема стороны ДП и под сухим пылеуловителем 5 грубой очистки газа прокладывают жд путь 6 для уборки пыли.

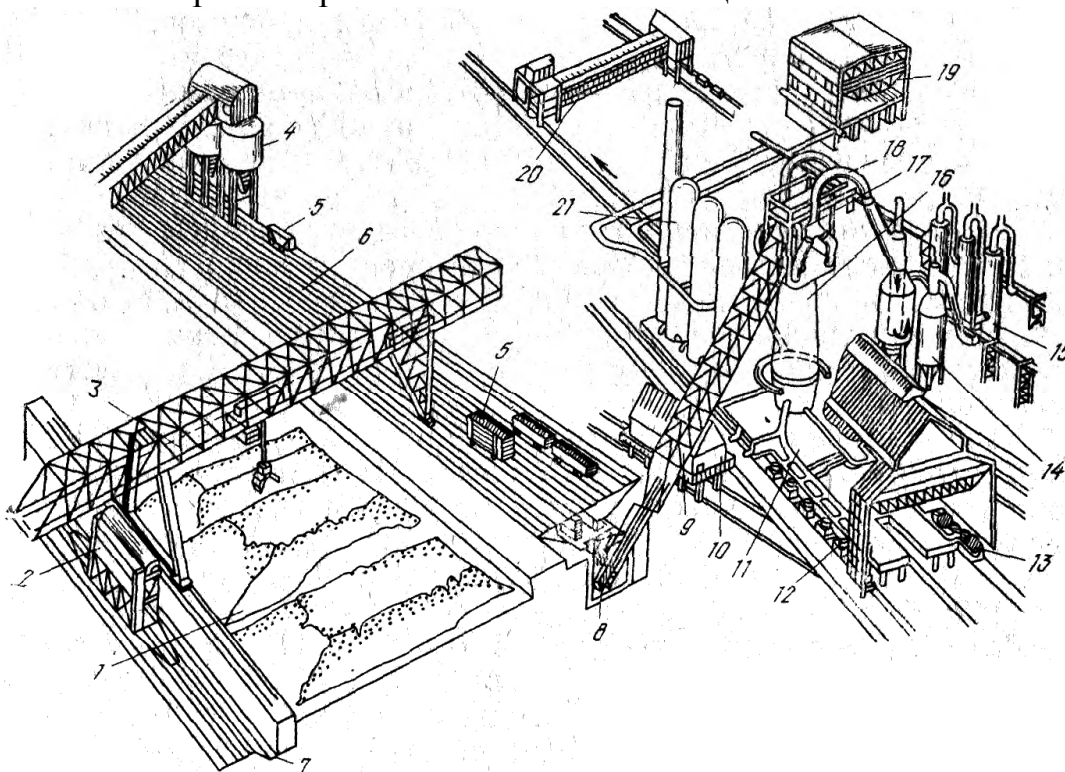
Блок воздухонагревателей (на одном фундаменте 2 и дымовая труба 3) располагают у печи вдоль путей для уборки чугуна и шлака с противоположной от литейного двора стороны. При двойном литейном дворе воздухонагреватели располагают вдоль уборочных путей за одним из литейных дворов или рядом с ним.

Разливочные машины 20 (рисунок 9.2) в торце ДЦ соединяют независимыми от других грузопотоков жд с уборочными чугуновозными путями цеха. Воздуходувная станция 19 в стороне от ДП, где воздух меньше загрязнен пылью. Под наклонным мостом 9 скипового подъемника машинное здание 10 со скиповой лебедкой и пультом управления. Склад холодного чугуна располагают на свободной площадке вблизи разливочных машин.

Депо-ремонта чугуновозных ковшей в одном из торцов ДЦ. При островной планировке расстояние между печами и в зависимости от их объема составляет: 1000 до 1300 м<sup>3</sup> - 100 м; более 1300 м<sup>3</sup> - 110 м; 2000–3200 м<sup>3</sup> – 123 - 165 м.

Особенность цехов: малое число ДП в связи с большой их производительностью. Годовая производительность печей объемом 3200 и 5000 м<sup>3</sup> до 3 и 4,6 млн. т чугуна.

Для новых цехов бесковшовая уборка шлака упрощает систему грузопотоков и имеет менее развитую сеть жд путей. Благодаря отсутствию бункерной эстакады, меньшему числу печей в цехе и меньшему числу рельсовых путей возможно применять различные варианты расположения объектов цеха.



1 – штабель материалов; 2 - башенный вагоноопрокидыватель; 3 – кран-перегрузатель; 4 – бункер коксоподачи (силос); 5 – перегрузочный вагон; 6 – бункерная эстакада; 7– траншея для разгрузки вагонов; 8 – скиповая яма; 9– скиповой подъем; 10 –машинное здание; 11– литейный двор; 12–шлаковозы; 13 - чугуновозы; 14 - пылеуловитель грубой, очистки газа; 15–аппараты тонкой очистки газа; 16 – доменная печь; 17 – колошниковое устройство; 18 – газоотводы; 19 – воздухоудельная станция; 20–разливочная машина; 21 – воздухонагреватели.

Рисунок 9.2 - Доменный цех с рудным двором

План доменного цеха с конвейерным колошниковым подъёмом и ковшевой уборкой шлака представлен на рисунке 9.3. Две доменные печи 3а и 3б оборудованы круглым литейным двором 4. и общей бункерной эстакадой 1 под углом по отношению к конвейерам колошниковых подъемов 2а и 2б. Материалы из бункерной эстакады выдаются на ленты колошниковых подъемов с конвейеров 1а и 1б.

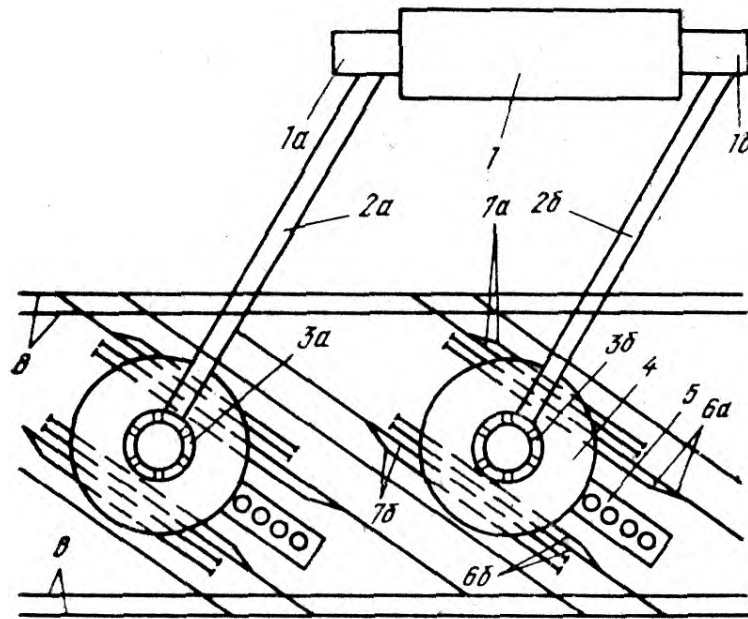


Рисунок 9.3 - План доменного цеха с конвейерным колошниковым подъёмом и ковшевой уборкой шлака

Для уборки чугуна под литейным дворами с двух его сторон расположены тупиковые пути 6а и 6б. Шлак убирают с двух сторон литейного двора, по тупиковым путям 7а и 7б. Тупиковые постановочные пути: связаны с двумя рядами ходовых путей 5. Блок воздухонагревателей 5 между рядами постановочных путей.

Планировка ДЦ с островным расположением печей, конвейерным колошниковым подъемом и бесковшовой уборкой шлака представлен на рисунке 9.4.

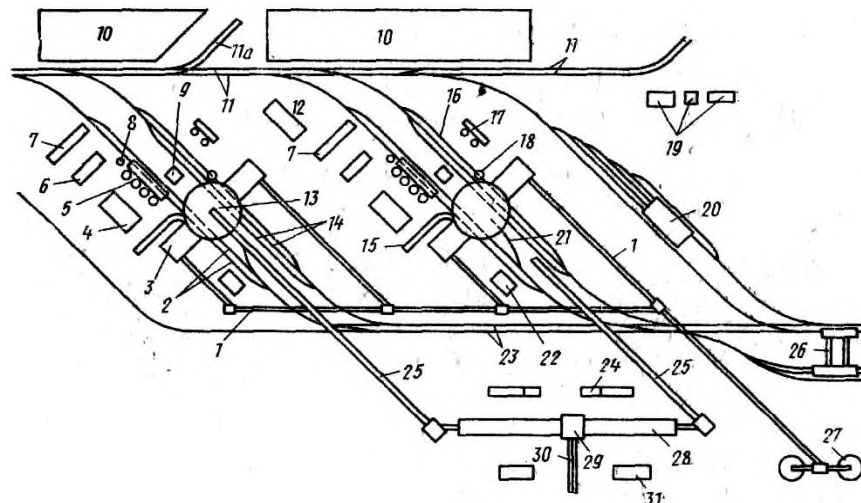


Рисунок 9.4 - План доменного цеха с конвейерным колошниковым подъемом и бесковшовой уборкой шлака

Две ДП оборудованы круглыми литейными дворами 13. С двух противоположных сторон каждого литейного двора по два сквозных пути 2 и 14 для уборки чугуна с выездами на ходовые пути 11 и 23. Жд пути 16 для уборки колошниковой пыли,

под пылеуловителями 18, вблизи от них газоочистка 17. Под литейным двором тупиковый хозяйственный путь 21 и эстакада 15 для автовъезда на площадку литейного двора для подвоза вспомогательных материалов и оборудования.

Блок воздухонагревателей 5 с дымовой трубой 8 размещен вдоль чугуновозных уборочных путей с наружной их стороны. Рядом расположена станция 6 подачи воздуха и здание управления печью 4. Между чугуновозными путями 2 и 14 размещены здания фильтров 9. Для каждого литейного двора вытяжная станция и газоочистка в зданиях 7. Общая для двух печей газотурбинная расширительная станция (ГТРС) 12.

ДП с двумя установками припечной грануляции 3 с двух противоположных сторон от печи снаружи чугуновозных путей. Сжатый воздух для них подают от воздуходувных станций 22. Гранулированный шлак от припечных установок транспортируют на склад 27 по конвейерным галереям 1.

Каждая печь имеет отдельную бункерную эстакаду 28, из которой материалы выдаются на конвейерный колошниковый подъем 25. Шихтовые материалы на обе эстакады доставляют по общему конвейеру 30 через перегрузочную станцию 29. Для каждой бункерной эстакады здание 24 управления шихтоподачей со станцией приточной вентиляции и блок 31 вытяжной вентиляции системы шихтоподачи с газоочисткой.

По путям 11 и 11а жидкий чугун транспортируют в КЦ, с путей 23 к разливочным машинам 26. За ходовыми путями 11 расположены сооружения 10 оборотного водоснабжения ДП, между путями 11 и 23 размещены АБК 19 и депо ремонта чугуновозных ковшей 20.

Косоугольная планировка (пути для чугуновозов и конвейеров шихтоподачи под углом 45° к ходовым путям) обеспечивает малую ширину зоны ДЦ, компактность планировки и минимальную протяженность конвейерных галерей технологических грузов способствует схема шихтоподачи по общему конвейерному тракту 30.

Особенность ДЦ с печами большого объема и бесковшовой уборкой шлака: четыре уборочных пути для чугуна, располагаемых по два с обеих сторон литейного двора, все эти пути могут быть тупиковыми. Обычно цех располагают так, чтобы основное направление внутрицеховых ЖД путей соответствовало основному направлению общезаводских путей.

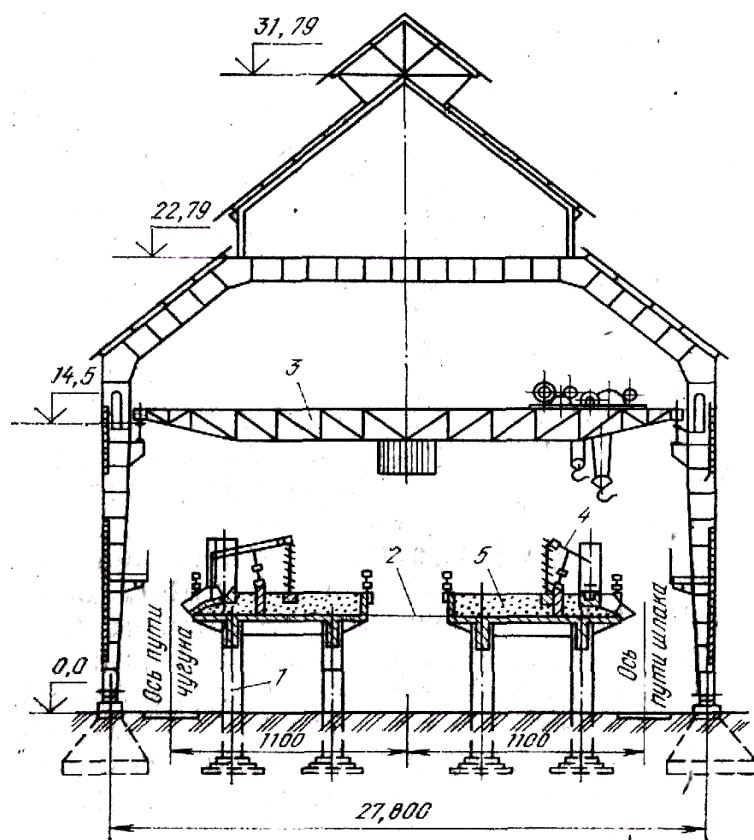
### **Устройство литейных дворов.**

Литейный двор - здание с рабочей площадкой, расположенной ниже чугунных леток с желобами, по которым жидкий чугун из леток поступает в ковши чугуновозы, а шлак – в ковши шлаковозов или к установкам припечной грануляции. Рабочую площадку располагают на высоте, позволяющей разместить ниже нее поворотные желоба и под ними чугуновозы и шлаковозы, перемещаемые по путям на нулевой отметке. Здесь также располагают механизмы для вскрытия и заделки чугунных леток, смены фурм, обслуживания желобов; пульты управления механизмами; закррома для песка, глины, огнеупорных масс.

Литейные дворы могут быть прямоугольной или круглой формы.

Здание прямоугольных литейных дворов – однопролетное с крышей, снабженной аэрационным фонарем (рисунок 9.5).





1 – колонна; 2 – проем в рабочей площадке; 3 – мостовой магнитно-грейферный кран; 4 – отсечное устройство; 5 – рабочая площадка

Рисунок 9.5 - Поперечный разрез прямоугольного литейного двора

Здание круглого литейного двора - в плане правильный многоугольник с кольцевым фонарем на крыше; на металлоконструкции этого здания опирается колошниковое устройство печи (рисунок 9.6).

В зданиях литейных дворов устанавливают мостовые краны грузоподъемностью 20/5 и 30/5 т с электромагнитами и грейферами.

Рабочая площадка литейных дворов выполнена из опирающихся на колонны железобетонных плит, покрытых засыпкой из песка и иногда сверху слоем шамотного кирпича. На новых литейных дворах применяются напольные передвижные машины, для которых необходимо жесткое покрытие рабочей площадки.

На литейном дворе размещены чугунные и шлаковые желоба, по которым продукты плавки самотеком поступают в ковши или на грануляционные установки. Главный желоб - расстояние от чугунной летки до шлакоотделительного устройства (скиммера). После скиммера главный желоб разделяется на чугунный и шлаковый транспортные желоба. Они имеют несколько ответвлений для направления продуктов плавки к местам их разливки, т. е. для распределения по ковшам (при многоносковой разливке) или оканчиваются сливным носком, под которым расположен качающийся или поворотный желоб, распределяющие продукты плавки по ковшам (при одноносковой разливке). Шлаковые желоба объединяют в общую сеть со шлаковыми желобами, идущими от главного чугунного желоба.

Желоба составлены из литых чугунных секций, опирающихся на кладку из кирпичей. Их футеруют огнеупорным шамотным кирпичом или углеродистыми

блоками, а сверху набивают желобной массой. Шлаковые желоба не футеруют и не набивают. Уклон стационарных желобов составляет от 3–5 до 8–17%.

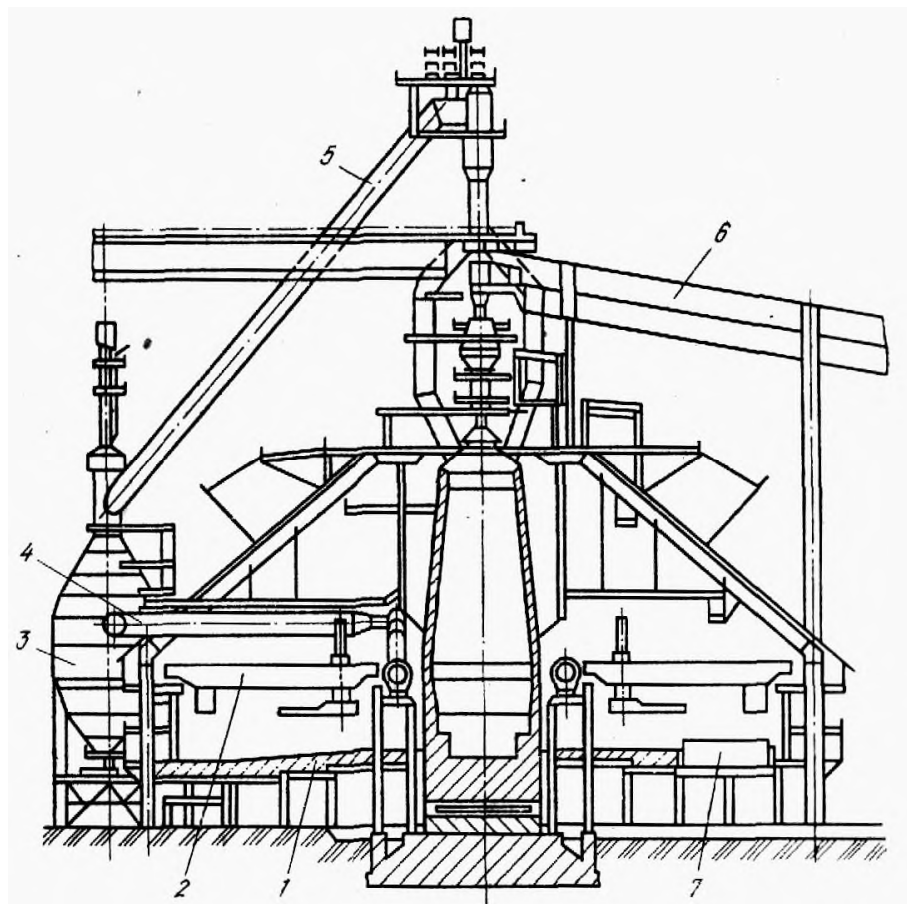
Литейные дворы ДЦ подразделяются:

- по форме в плане на прямоугольные и круглые;
- по числу дворов на ДП – одинарные и двойные один двор на две печи;
- в зависимости от способа разливки чугуна и шлака (много- или одноносковая) и наличия подвижных желобов – литейные-дворы с разветвленной сетью стационарных желобов и многоносковой разливкой чугуна и шлака, литейные дворы с поворотными или качающимися желобами и одноносковой разливкой продуктов плавки, литейные дворы с много- и одноносковой разливкой продуктов плавки одновременно;

- от числа главных чугунных желобов (по числу чугунных леток) – от одного до четырех;

- от способа выдачи шлака на переработку – в ковши шлаковозов, на припечные грануляционные установки, дворы с выдачей части шлака в ковши и части – на установки припечной грануляции;

- от наличия на дворе самостоятельных шлаковых желобов – литейные дворы с самостоятельными шлаковыми желобами (у печей, имеющих шлаковые летки) и дворы без таких желобов.

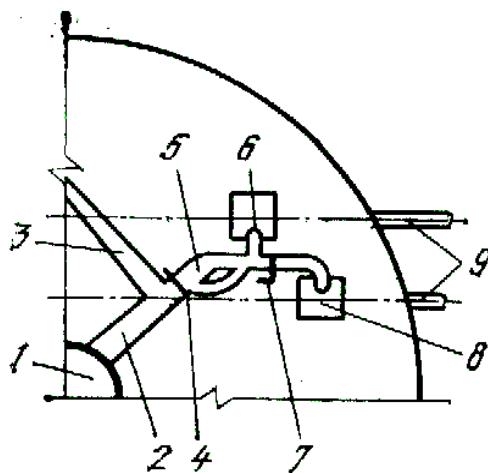


1 - рабочая площадка; 2 – кольцевой мостовой кран; 3 – пылеуловитель; 4 – газопровод горячего дутья; 5 – наклонный газоотвод; 6 - конвейерный колошниковый подъем; 7 – проем в рабочей площадке

Рисунок 9.6 - Поперечный разрез круглого литейного двора

Круглый литейный (рисунок 9.6) двор при разливке чугуна в миксерные ковши имеет четыре главных горновых желоба 2. Шлак отводят из главных желобов по шлаковым: желобам 3 на установки припечной грануляции. Для уборки чугуна под рабочей площадкой литейного двора проложено четыре жд пути (по два смежных пути с противоположных от ДП сторон).

Выпуск чугуна в миксерные ковши обеспечивается без поворотных или качающихся желобов, так как в связи с его большой емкостью изменять направление слива чугуна за время выпуска приходится не более одного раза. Конец стационарного желоба при этом делают раздвоенным и каждый из его сливных носков располагают над одним из двух смежных чугуновозных путей (рисунок 9.7).



- 1 – доменная печь; 2 – главный желоб; 3 – шлаковый желоб; 4 – скиммер;  
 5 – чугунный желоб; 6 – сливной носок; 7 – отсечное устройство;  
 8 – проем в рабочей площадке; 9 – чугуновозные пути

Рисунок 9.7 - Круглый литейный двор при выпуске чугуна в миксерные ковши

### **Желоба для одноносковой разливки.**

Метод одноносковой разливки чугуна и шлака в сравнении с многоносковой через развитую сеть стационарных желобов имеет следующие преимущества: уменьшается протяженность стационарных желобов, в связи с чем уменьшается площадь литейного двора; улучшаются условия труда, т.к. уменьшается длина стационарных желобов сокращается объем работ по их обслуживанию, в связи с меньшей протяженностью желобов уменьшаются потери чугуна в виде скрапа и расход материалов на ремонт желобов.

Для печей большого объема с четырьмя летками рекомендуются круглые литейные дворы они обеспечивают лучшие условия для обслуживания печи, механизации работ мостовым краном (кольцевого) и для размещения желобов, в том числе для отвода шлака к установкам припечной грануляции. Их диаметр для ДП= 3200–5500 м<sup>3</sup> составляет 80–84 м. Литейные дворы прямоугольной формы подлежат реконструкции.

На печах объемом 2000 м<sup>3</sup> и более предусмотрено устройство двух леток и двух литейных дворов.

Мостовые краны на литейных дворах прямоугольной формы перемещаются вдоль двора над рабочей площадкой они имеют одну тележку на ней смонтированы

механизмы главного и вспомогательного подъемов с грейферами, электромагнитами и клещами.

Зона действия мостовых кранов на прямоугольных литейных дворах охватывает 50–70% площади двора. В связи с этим у печи приходится устанавливать дополнительные грузоподъемные механизмы (консольно-поворотные краны, электрические тали, лебедки и др.), что загромождает площадку литейного двора.

### **9.3 Системы шихтоподачи**

Для работы ДП требуется бесперебойная подача материалов к загрузочному устройству на высоту 60–80 м порциями с определенным темпом и последовательностью. Количество загружаемых в современную ДП ЖРМ до 20 тыс. т кокса 6500 т в сутки.

Система шихтоподачи должна обеспечить прием: транспортировку, хранение, набор, взвешивание и подачу материалов на колошник к загрузочному устройству. В ней три участка или звена: подача материалов с фабрик окускования, КХЦ и с внешней ЖД сети на бункерную эстакаду; подача из бункеров эстакады к колошниковому подъему; колошниковый подъем.

ДП работают на окускованном сырье, и с рудного двора в печи поступает незначительное количество материалов, а рудные дворы используют как склады для цехов окускования.

Рудный двор расположен вдоль линии ДП, ограничен с одной стороны бункерной эстакадой 6, а с другой – приемной траншеей 7. Материалы хранятся в штабелях 1, их вместимость должна обеспечивать работу цеха 1,5–2 мес. Приемная траншея 7 для разгрузки поступающих материалов; вдоль нее проложен жд путь для прибывающих вагонов и по ширококолейному рельсовому пути перемещается башенный вагоноопрокидыватель 2.

Рудный двор обслуживается грейферным краном-перегрузателем 3, который передвигается вдоль двора над штабелями. Поступающие на разгрузочный путь открытые вагоны с материалами принимает башенный вагоноопрокидыватель 2 и переворачивает их вверх колесами, высыпая материалы в приемную траншею 7. Из траншеи материалы перегружают в штабель грейфером крана-перегрузателя. Для подачи материалов к печам порцию нужного материала захватывают грейфером из штабеля и подают в перегрузочный вагон 5, который перемещается по рельсам бункерной эстакады 6 и разгружает материал в бункер.

### **9.4 Бункерная эстакада**

Бункерная эстакада предназначена для хранения у печи оперативного запаса материалов, их приемки, механизации набора и передачи материалов к колошниковому подъему (рисунки 9.8 и 9.9).

До недавнего времени доменные печи оборудовали скиповыми подъемниками и общей бункерной эстакадой - вытянутое вдоль цеха железобетонное сооружение на высоте 9–12 м, состоящее из отдельных бункеров и оборудования. Располагают эстакаду вблизи печей со стороны скиповых подъемников. Бункера расположены в

два ряда (18–32 бункера на одну печь). Над бункерами проложены два ЖД пути 8 для доставки агломерата и добавок в бункера 5. Ленточный конвейер 4 для доставки кокса в бункера 3. Под бункерами рельсовый путь 7 для вагон - весов 2, доставляющих материалы от бункеров 5 к скиповой яме 11. Бункера оборудованы барабанными затворами 6 для выдачи материалов в вагон - весы.

Под бункерами эстакады против печей находятся скиповые ямы 11, куда опускается сип 10 для приема материалов, выдаваемых из вагон - весов через направляющий лоток 9, или кокса, выдаваемого из бункеров 3 через весовую воронку 1. Коксовые бункера располагают над скиповой ямой, чтобы уменьшить число перегрузок кокса, при которых он измельчается.

В других эстакадах материалы от бункеров 5 доставляют к скипу продольным конвейером. Бункера в них размещают как в два, так и в один ряд и оборудуют вибрационными питателями и грохотами для выдачи материалов на конвейер. Материалы в бункера такой эстакады подают как конвейерами, так и железнодорожным транспортом.

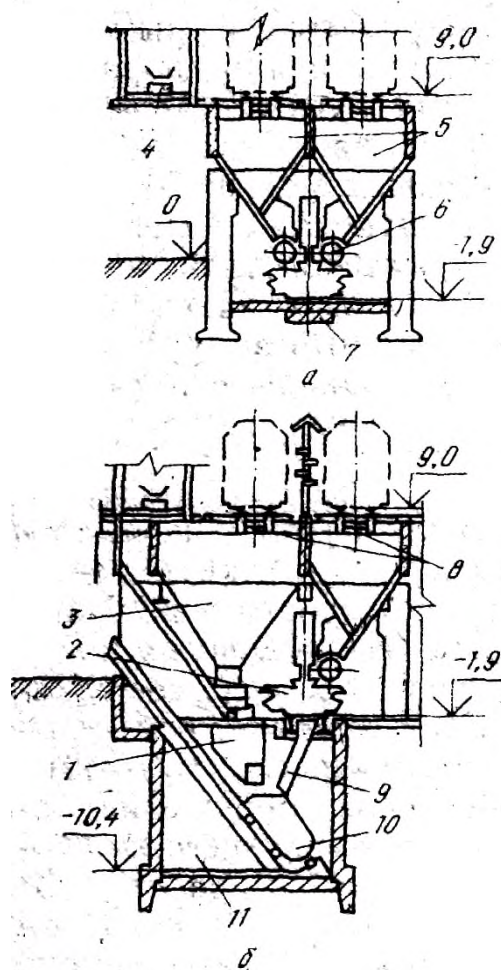


Рисунок 9.8 - Бункерная эстакада с вагон-весами (а – поперечный разрез по бункерам; б – по скиповой яме)

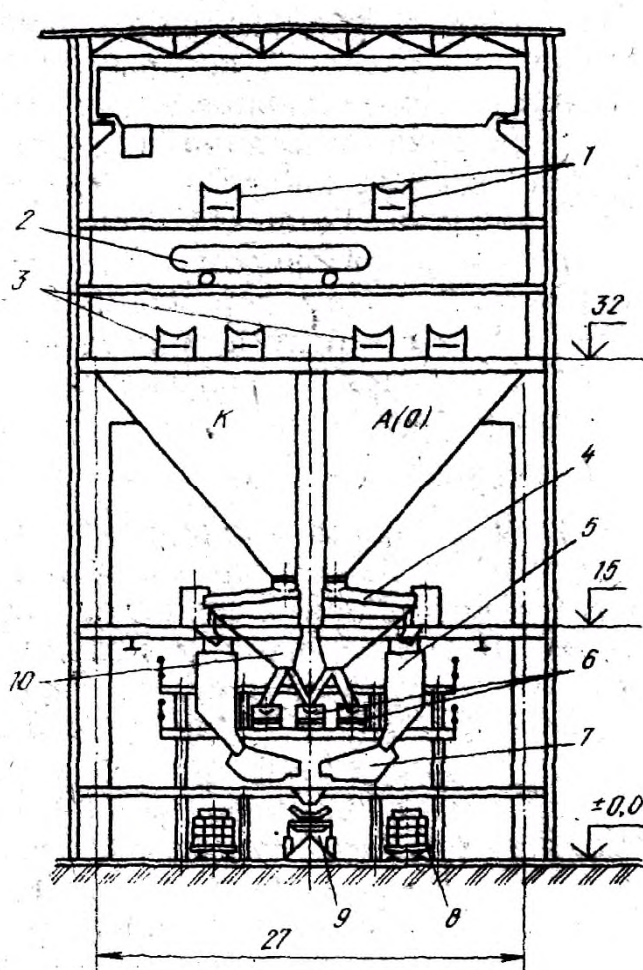


Рисунок 9.9 - Поперечный разрез бункерной эстакады с конвейерной выдачей материалов

Бункера металлические или железобетонные с покрытием их внутренней поверхности стальными плитами, рельсами. Сверху бункера перекрыты защитными решетками с размером ячеек до 250x250 мм. Для предотвращения смерзания мате-



риалов подбункерные помещения отапливаются. Коксовых бункеров обычно два или четыре; их общую емкость:  $0,7 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  полезного объема печи (запас на 6 ч работы). Объем бункеров для рудных материалов при их подаче жд транспортом из расчета  $2,5 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  полезного объема печи (запас на 20–24 ч работы). При конвейерной подаче с близко расположенных фабрик окускования норма запаса уменьшается.

Для ДП с конвейерным колошниковым подъемом вместо общей бункерной эстакады сооружают отдельные на одну - две печи бункерные эстакады, которые в связи с большой длиной конвейера подачи шихты на колошник располагают на значительном (250–450 м) расстоянии от печи.

Эстакада: однопролетное здание с расположенными на высоте 32 м в два ряда бункерами (А, О, К), в которых хранится оперативный запас материалов. Их доставляют конвейерами 1 и распределяют по бункерам передвижными реверсивными конвейерами 2 и 3. Из бункеров материалы с помощью грохотов 4 через бункерные весы 5 и питатели 7 выдают на конвейер 9, доставляющий их на колошник печи. Емкость бункеров для агломерата и окатышей соответствует запасу на 8–12 ч работы печи, для кокса – на 5–8 ч.

Материалы на бункерные эстакады подают конвейерным или рельсовым транспортом (передаточные вагоны; спец. ЖД вагоны - окатышевозы, коксовозы; полувагоны с откидывающимися люками в днище).

При подаче материалов ЖД транспортом и разгрузке вагонов на бункерной эстакаде ее высота 9–12 м. Бункера такой эстакады из-за ограниченной высоты имеют небольшой объем, поэтому необходимо сооружать большого числа бункеров, под каждым из которых обычно установлены грохоты для выдачи материалов и отсева мелочи (под бункерами для добавок – питатели), взвешивающие устройства и далее питатели. Получается сложная система выдачи материалов с большим числом механизмов, узлов перегрузки и точек пыления (в тракте набора, взвешивания и транспортировки агломерата в таких системах устанавливают 20–40 грохотов).

При конвейерной подаче материалов в бункера эстакады отпадает ограничение в ее высоте и возможно создание бункеров большой емкости и уменьшение их числа, поэтому упрощается система выдачи материалов из бункеров и уменьшается число точек пыления в местах перегрузок. Эстакады с конвейерной загрузкой материалов рекомендуются для новых цехов.

Материалы из вагонов на нулевой отметке, выгружают в приемные бункера разгрузочного отделения и из них наклонным конвейером на бункерную эстакаду.

## **9.5 Подача шихты на колошник**

Применяются два способа подачи шихтовых материалов на колошник – скиповый и конвейерный. Высота подъема материалов для крупных печей 70–80 м.

Скиповый подъемник (рисунок 9.10): наклонный мост 5, два перемещающихся по мосту скипа 3, скиповая лебедка 1 и система канатов 4 и блоков для подвески и перемещения скипов.

Наклонный мост: сварная металлоконструкция, внутри которой проложены два рельсовых пути 7, по г) по которым движутся скипы. Угол наклона моста к го-

ризонту 47–54°, а на участке скиповой ямы 6 до 60°. Наклонный мост имеет две опоры – фундамент у скиповой ямы и колонну 2 (пилон), опирающуюся на фундамент доменной печи.

Скип состоит из кузова 3, передних 1 и задних 5 скатов (колес) и упряжного устройства с двумя продольными тягами 2, связанными поперечной траверсой 6, крепится к цапфам 4 кузова. К траверсе прикреплены балансиры 7, а к ним – тяги 9, к которым через блоки 10 крепят два каната, идущие к скиповой лебедке. Балансиры 7 и тяга 8 служат для выравнивания натяжения канатов, вместимость скипа  $V_{ск} = 0,00651V$ , где  $V$  – объем печи (4,5; 8; 10; 13,5 и 20 м<sup>3</sup>).

Грузоподъемность скиповой лебедки 1 для печей объемом 1033–3200 м<sup>3</sup> составляет 15–39 т.

Загрузка материалов в скип 3б происходит в скиповой яме 6, разгрузка – на колошнике в приемную воронку засыпного аппарата опрокидыванием (наклона) скипа 3а. Время подъема (опускания) скипа 35–45 с, со скоростью 3–4 м/с.

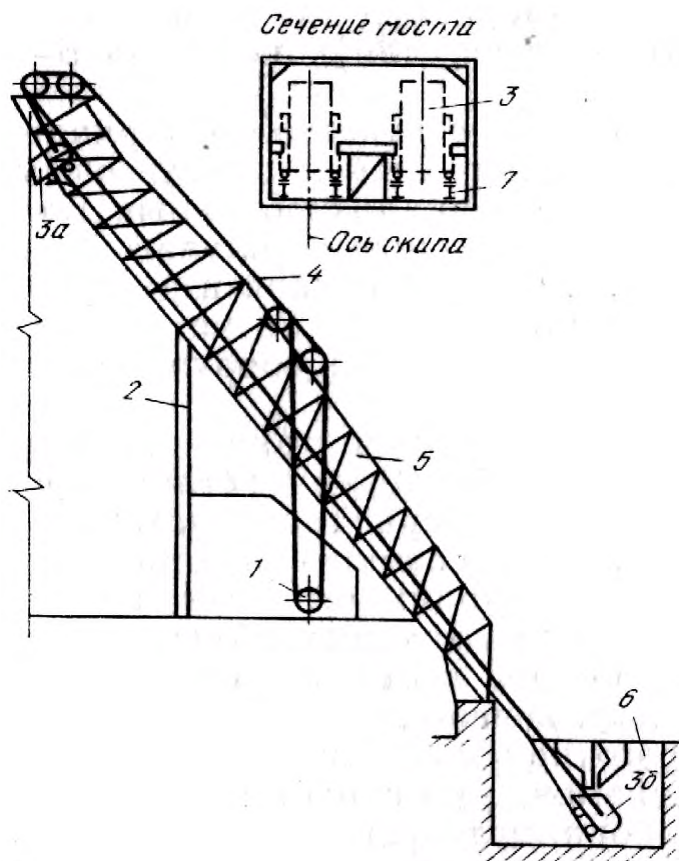


Рисунок 9.10 - Схема скипового подъемника

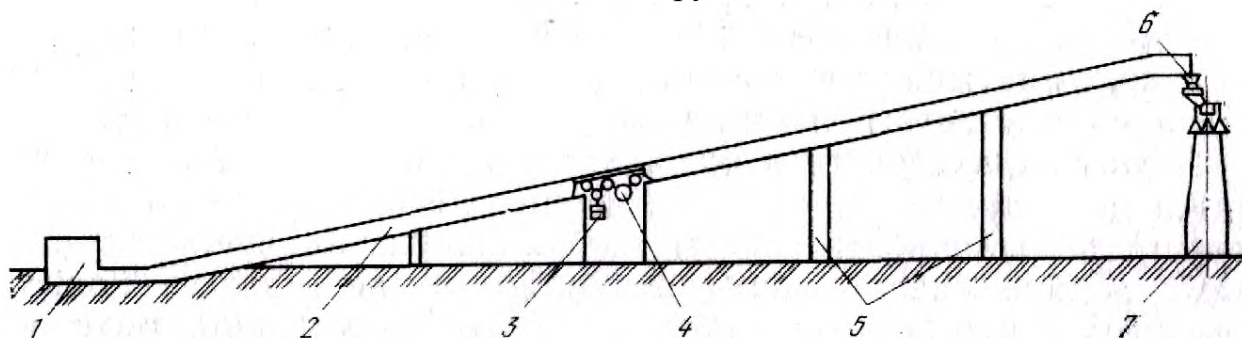
Конвейерный подъемник (рисунок 9.11). Материалы на колошник печи от бункерной эстакады подают наклонным ленточным конвейером, размещаемым в закрытой наклонной галерее. При транспортировке агломерата этот угол не должен превышать 12°; обычно угол наклона конвейера к горизонту 10–11°. Малый угол наклона обуславливает большую длину конвейера 250–500 м. В конвейерах колошниковых подъемников применяют резинотросовые ленты из теплостойкой резины, ширина 1,2–2,0, скорость движения 2,0 м/с.

Преимущества системы: возможность подачи в одной порции агломерата, ока-



тышей и добавок послойной их укладки на ленте при ее движении под подающими бункерами. Для конвейерной системы необходимы засыпные аппараты, которые должны иметь не менее двух специальных воронок-бункеров для приема подаваемых конвейером материалов.

Конвейерный колошниковый подъем: наклонная галерея, в которой размещен конвейер, смонтирована на нескольких опорах. Материалы с конвейерной ленты поступают в приемную воронку 6 загрузочного устройства печи. Натяжное устройство ленты в этом подъемнике выполнено в виде груза.



- 1 – бункерная эстакада; 2 – галерея ленточного конвейера; 3 – контргруз для натяжения ленты; 4 – натяжной вал; 5 – опоры; 6 – загрузочное устройство; 7 – доменная печь

Рисунок 9.11 - Конвейерный колошниковый подъемник с грузовым натяжным устройством

Конвейерный подъемник печи объемом  $5000 \text{ м}^3$ : лента; приводная станция; хвостовой барабан 8 на натяжной тележке 9; натяжную станцию 14; головной барабан 1, разгружающий материалы в приемную воронку 2 загрузочного аппарата; отклоняющие барабаны 3 и систему роликов, поддерживающих ленту (на схеме не показана). Лента шириной 2 м размещена в наклонной галерее круглого сечения диаметром 6 м; угол наклона ленты составляет  $10^\circ 30'$ , скорость движения 2,0 м/с. Рабочая (груженная) ветвь ленты опирается на трехроликовые желобчатые опоры, расположенные с шагом 1,2 м; холостая ветвь – на двухроликовые опоры с шагом 3 м. Материалы загружают на ленту в бункерной эстакаде отдельными порциями объемом до  $37,5 \text{ м}^3$  с интервалами 17 с.

Конвейерную систему подачи применяют на больших ДП, т.к. скиповые подъемники не обеспечивают требуемый темп загрузки. Ее преимущества: большая производительности (30000 т материалов в сутки), снижение на 15–20% кап. затрат на сооружение колошникового подъема и эксплуатацию; создании единой системы подачи шихты на колошник непрерывным транспортом с полной ее автоматизацией; облегчении строительства доменной печи, так как печь и конвейерный подъемник являются независимыми сооружениями; отсутствии необходимости в скиповой яме (все оборудование находится на поверхности, что облегчает обслуживание); освобождении территории около печи для размещения других агрегатов (например, установок припечной грануляции); большем сроке службы ленты конвейера, чем скиповых канатов; возможности подачи в одной порции нескольких материалов послойной их укладкой на ленте.

## 9.6 Подача материалов к колошниковому подъему

Существуют следующие системы подачи к скиповому подъемнику: вагон-весами, ленточных конвейеров и через центральные бункера эстакады.

Подача вагон-весами (рисунок 9.12). Бункерная эстакада подобных систем имеет два ряда бункеров с железнодорожными путями над ними. По ближайшему к печи пути 1 к коксовым бункерам 12 с помощью перегрузочных вагонов 7 подают кокс (часто вместо них применяют конвейер); по средним путям 2 и 3 в бункера 5 подают прочие материалы от внешних источников снабжения с помощью железнодорожных вагонов 6, имеющих открывающиеся люки в днище и с рудного двора при помощи перегрузочных вагонов 8.

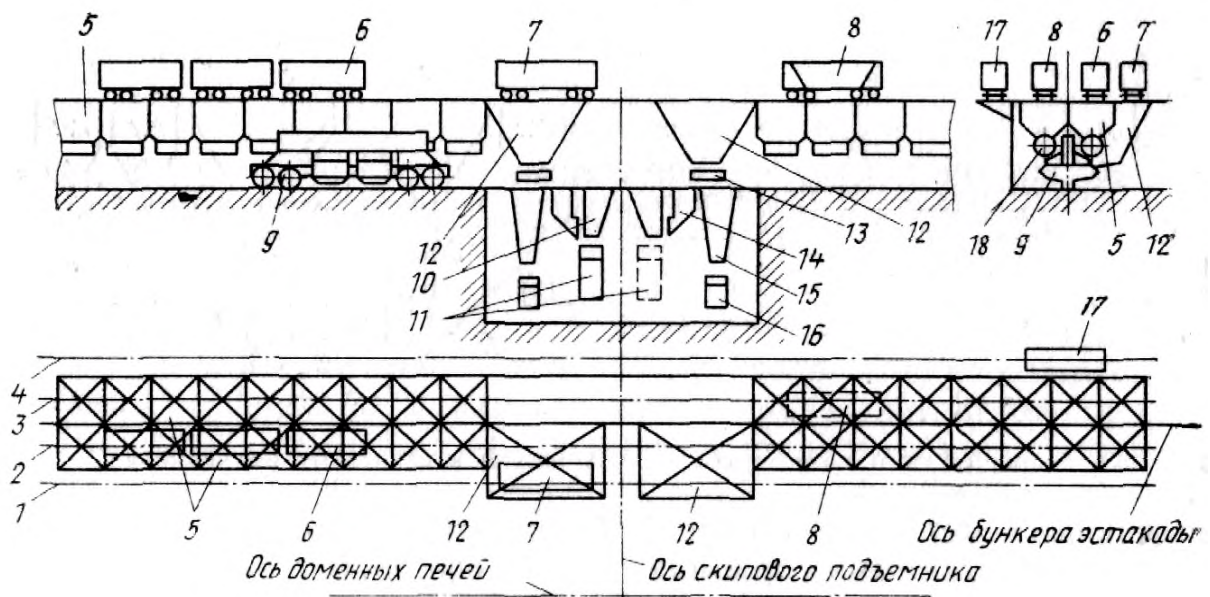


Рисунок 9.12 - Подачи материалов к скиповому подъемнику вагон-весами

Перегрузочные вагоны 7 и 8 (трасферкары): самоходный вагон с бункером, имеющим снизу две створки, открываемые с электро- или пневмопривода. Он имеет бункер емкостью 30 м<sup>3</sup>, коксовый – 60 м<sup>3</sup> и одну открываемую створку. Путь 4, расположенный на консоли эстакады над рудным двором для разгрузки вагонов 17 на рудный двор. Под бункерами 5 с барабанными затворами 18 для выдачи материалов, проложен вдоль эстакады жд путь для движения вагон-весов 9.

Вагон-весы предназначены для набора, взвешивания, транспортировки материалов (кроме кокса) от бункеров к скиповой яме и разгрузки их в скипы. Вагон-весы – самоходный электровагон грузоподъемностью 30 или 40 т с двумя бункерами (карманами), с днищем в виде открываемых пневмоприводом створок, он оборудован весами. Вагон останавливают под бункером 5, после чего имеющийся на вагоне выдвигной механизм вращает барабанный затвор 18 бункера, выдавая материалы в карман вагон-весов. Далее вагон движется к скиповой яме, останавливается и выгружает материалы из карманов в скип 11 через направляющий лоток 10.

Кокс из расположенных над скиповой ямой бункеров 12 выдают грохотом-питателем 13. Крупные куски с грохота поступают в воронку-весы 14, откуда дози-

рованная порция попадает в скип 11. Коксовая мелочь бункер 15 с затвором, а из него в скип 16 подъемника коксовой мелочи, выдающий мелочь в сборный бункер откуда вагонами в аглоцех.

Недостатки: ограниченная производительность из-за холостых пробегов, ожиданий скипа, длительным набором материалов; невозможен отсев мелочи агломерата и других материалов; трудность автоматизации работы вагон - весов; значительное пылевыведение; напряженные условия работы машиниста. Для больших печей вагон - весы не применяют. Они используются на печах объемом 1719 м<sup>3</sup> и менее.

Системы с конвейерной подачей к скиповому подъемнику (рисунок 9.13). В бункерных эстакадах бункера располагаются в один или два ряда; материалы в них подают конвейерами или совместно конвейерами и вагонами. В системе бункеров 20 эстакады расположены в один ряд по 10 бункеров с каждой стороны скиповой ямы, т. е. две самостоятельные линии подачи материалов. Агломерат из бункеров А с грохотов-питателей 3, отсеивающих мелочь, подается на пластинчатый конвейер 4, которым его транспортируют к скиповой яме, и перекидным лотком 5 загружают в одну из двух весовых воронок 16. Для корректировки массы агломерата над скиповой ямой расположены два бункера довеса 6, из которых материал добавляют в весовые воронки малыми порциями. Отвешенную порцию материалов высыпают в скипы 14, открывая затвор весовой воронки 16.

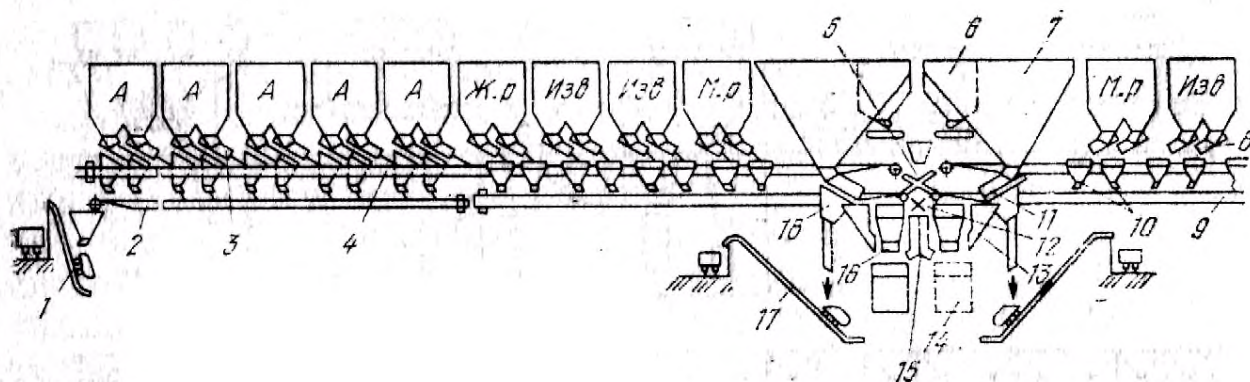


Рисунок 9.13 - Схема системы конвейерной подачи шихты к скиповому подъемнику

Отсеянная грохотом мелочь агломерата попадает на конвейер 2 и по нему в бункер мелочи, из которого скиповым подъемником 1 выдается в вагоны для отправки на аглофабрику. Добавки (железная, марганцевая руда и известняк) через электровибрационные питатели 8 поступают в весовые воронки 10 и далее по конвейеру через перекидной лоток 12 в промежуточный бункер 15, из которого их загружают в скип с агломератом.

Подача в скипы кокса так же, как и в системе с вагон - весами. Из расположенного над скиповой ямой бункера 7 кокс с грохотом-питателем 11, отсеивающего мелочь, поступает в весовую воронку 13 и далее в скип. Мелочь кокса через бункер 18 скиповым подъемником 17 выдают в вагоны для отправки на аглофабрику.

Недостаток подобных систем - большое число бункеров, механизмов и большое число точек пыления.

Система подачи материалов к скиповому подъемнику через центральные бун-



кера применяется на печах объемом 3200 м<sup>3</sup> (рисунок 9.14). Она является более совершенной, чем две предыдущие, так как обеспечивает загрузку большей части шихты (агломерата и кокса) в скипы непосредственно из расположенных над ними бункеров, позволяя исключить конвейеры подачи агломерата. Эти располагаемые в центре эстакады бункера должны иметь большой объем, чтобы вместить требуемый запас материалов.

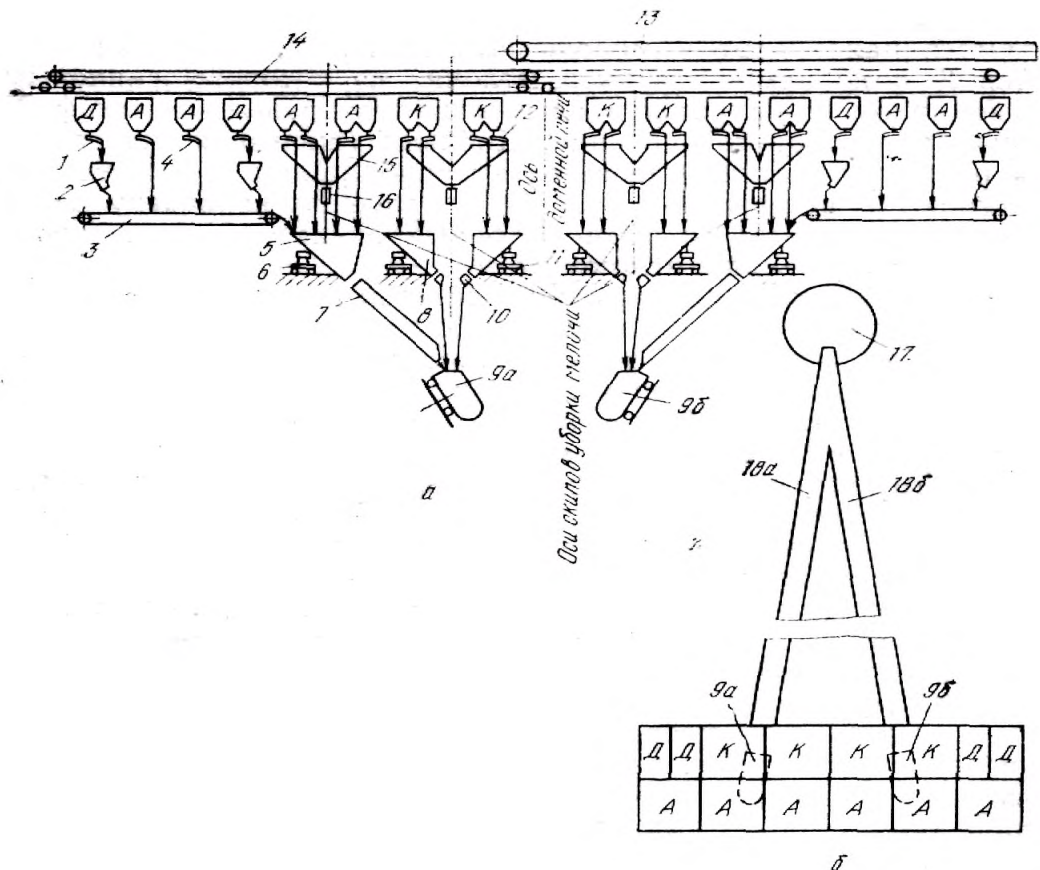


Рисунок 9.14 - Схема системы подачи шихты к скиповому подъемнику через центральные бункера

По каждой из двух доменной печи 17 ветвей 18а и 18б моста передвигается один скип (9а и 9б). Под ветвями раздвоенного моста две скиповые ямы на удалении друг от друга, что позволяет размещать над ними бункера большого объема. Обязательным является также применение конвейерной доставки материалов на бункерную эстакаду, поскольку конвейерная система в отличие от рельсовой не ограничивает высоту эстакады, позволяя сооружать бункера большой высоты и объема.

Над скиповой ямой по два бункера для кокса и агломерата. У торцов центральных бункеров (справа и слева) расположены по два бункера для добавок и один резервный для агломерата, из которых материалы в скипы подают конвейерами.

Схема системы доставки материалов в бункера эстакады и их загрузки в скипы. Материалы на бункерную эстакаду подают конвейерами 13 и распределяют по бункерам реверсивными передвижными конвейерами 14.

Система загрузки скипов состоит из двух одинаковых независимых линий, каждая из которых подает материалы к одному из скипов. Кокс из бункеров К вибрационными грохотами 12, отсеивающими мелочь, подают в весовые воронки 5 и да-

лее по наклонному желобу (течке) 10 в скип 9а. Аналогичным образом подают в скип агломерат из бункеров А (вибрационными грохотами 12, отсеивающими мелкие фракции, и далее через весовую воронку 5 и течку 7). Отсеянная грохотами 12 мелочь кокса и агломерата попадает в точки-бункера 15 и далее с помощью специальных скипов 16 или конвейеров выдается в вагоны для отправки на аглофабрику.

Добавки из бункеров Д вибрационными питателями 1 подают в весовые воронки 2 добавок и затем на конвейер 3, транспортирующий их в весовую воронку 5 агломерата. Агломерат из резервных бункеров А после грохотов 4 подают конвейером 3 в весовую воронку 5. Весовые воронки для кокса и агломерата снабжены весопрверочными устройствами 6 и 11. Работа системы автоматизирована.

#### **Подача материалов к конвейерному колошниковому подъему.**

Скиповой подъемник не всегда обеспечивает темп загрузки крупных печей, поэтому их загружают конвейерами.

Конвейерная подача материалов от бункеров до колошника (рисунок 9.15) предусматривает конвейерный колошниковый подъем и конвейерную подачу материалов к нему от бункеров. По обе стороны от наклонного конвейера 8, подающего материалы на колошник, находятся две группы расположенных в два ряда бункеров для агломерата, окатышей, кокса и добавок. Агломерат и окатыши выдают соответственно из бункеров А и О в весовые воронки 2 грохотами 1, отсеивающие мелочь. Из воронок отвешенные порции материалов подаются питателями 3 на сборный конвейер 5, который доставляет их к перегрузочному узлу 19, где их перегружают на наклонный конвейер 8. Кокс из бункеров К с помощью вибрационных грохотов 9, отсеивающих мелочь, подается в весовые воронки 10 и далее питателями 11 на конвейер 5 с последующей перегрузкой на конвейер 8. Добавки подаются на сборочный конвейер 5 через весовые воронки 7 питателями 6.

Отсеянная грохотами 1 мелочь агломерата и окатышей поступает на конвейер 4 и далее сборочными конвейерами 18 в бункер мелочи 16. Отсеянная мелочь кокса конвейерами 12 и 13 направляется в бункер мелочи 14. В случае необходимости мелочь агломерата и окатышей можно загружать в бункер 14 при помощи перекидных шиберов 17. Из бункеров 14 и 16 отсеянные материалы выдаются в железнодорожные вагоны питателями 15, снабженными увлажнителями. Конвейеры 5 и 8 работают непрерывно и материалы выдаются на них порциями с определенными интервалами в соответствии с заданной программой загрузки.

Материалы от бункеров эстакады до колошника подаются одним конвейером. Наклонный конвейер 8 колошникового подъема проходит через бункерную эстакаду; материалы из расположенных над конвейером бункеров эстакады выдаются на движущуюся ленту конвейера.

Бункерная эстакада состоит из пяти каналов выдачи на конвейерный подъемник агломерата, четырех каналов кокса, двух каналов окатышей, четырех каналов добавок и одного канала для окатышей или кокса.

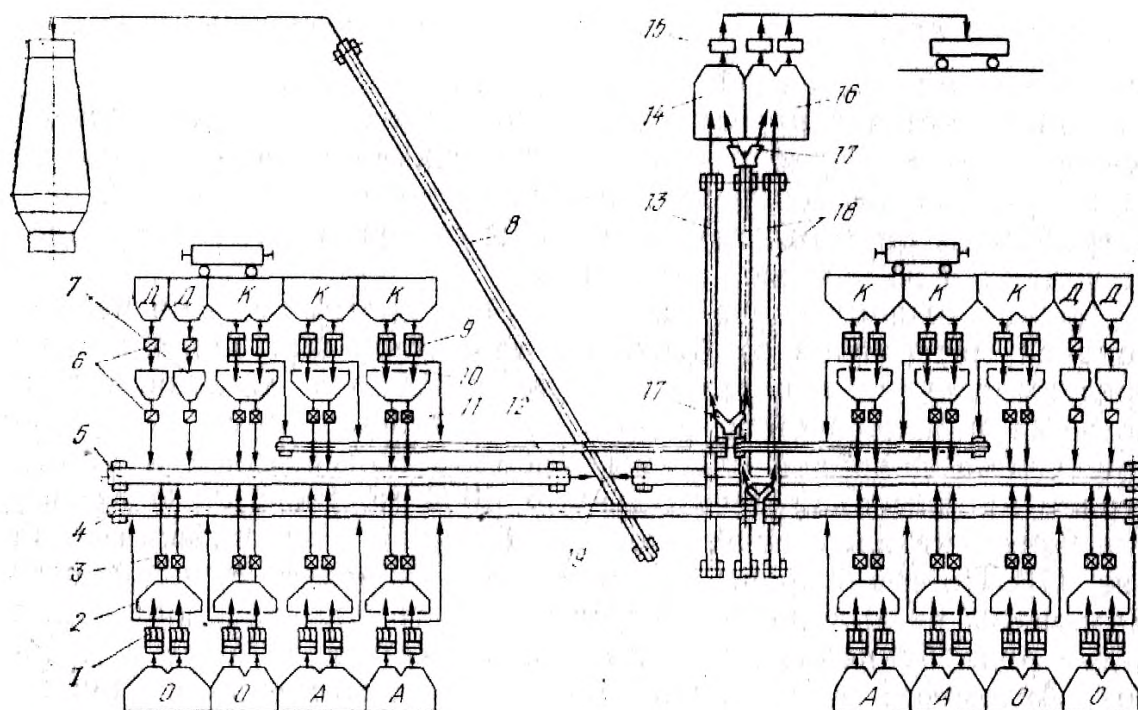


Рисунок 9.15 - Схема системы шихтоподачи печи объемом 5000 м<sup>3</sup>

В каждом канале агломерата, окатышей и кокса материал из соответствующих бункеров А, О и К выдают в весовую воронку 4 емкостью 80 м<sup>3</sup> с помощью трех самобалансных грохотов 1, отсеивающих мелочь. Применение в одном канале трех грохотов 1 повышает производительность и улучшает эффективность грохочения. Из весовой воронки 4 материал с помощью самобалансного питателя 2 типа выдается на конвейер 8. Отсеянная мелочь поступает на продольные ленточные конвейеры 6, с которых ее перегружают на поперечные конвейеры 7. Добавки из бункеров Д передаются электровибрационными питателями 9 в весовые воронки 5 и далее с помощью питателей 3 на ленту конвейерного подъемника 8. Материалы на конвейер 8 выдаются по заданной программе, работа системы шихтоподачи автоматизирована.

### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1 Какие бывают виды планировок доменных цехов?
- 2 Какие основные грузопотоки существуют в доменных цехах?
- 3 Какие участки входят в состав доменных цехов?
- 3 Опишите основные типы литейных дворов доменных цехов.
- 4 В чем заключается расчет потребности оборудования доменных цехов?
- 5 Опишите виды шихтоподач доменных цехов?

## 10 Участки и отделения доменного цеха и организация в них работ

### 10.1 Уборка чугуна

Для приема чугуна от печей и его транспортировки применяют открытые грушевидные ковши и ковши миксерного типа. В миксерных ковшах чугун транспортируют в переливные отделения СЦ, в открытых ковшах – в миксерное отделение СЦ или на разливочные машины ДЦ.

Рекомендуется специализированное отделение для внепечной десульфурации чугуна. Чугуновозные ковши по пути из ДЦ в СЦ проходят это отделение, где с помощью погружаемых фурм в чугун вводят десульфуратор (гранулированный магний, порошки на основе извести и др.).

Основные характеристики чугуновозов:

Параметры ковша:

Вместимость, т.....	100	140
Длина, м.....	3,99	4,72
Ширина, м.....	3,6	3,75
Высота, м.....	3,7	3,81

Параметры чугуновоза:

длина по осям сцепок, м.....	8,2	9,0
ширина, м.....	3,0	3,75
высота, м.....	4,21	4,3
масса (с чугуном), т.....	150	203.

### 10.2 Разливочное отделение

Разливочное отделение, включает несколько разливочных машин, обычно располагают в одном из торцов цеха и соединено с печами независимыми от других грузопотоков жд путями. Машины могут быть расположены по отдельности, с самостоятельным путем подачи чугуновозных ковшей или блоками из нескольких машин с общим путем подачи. Рекомендуется иметь по две разливочные машины в блоке, поскольку при большем их числе не обеспечивается независимая подача ковшей с чугуном к каждой машине.

Разливочное отделение (блок) с двумя машинами: в его состав входят здание разливки 13; две разливочные машины 5, размещенные в наклонных галереях 6; здания выдачи чугуна 5; отделение 7 подготовки известкового раствора; помещения 11 опрыскивателей; система оборотного водоснабжения (отстойник, насосная циркуляционная станция, шламовая насосная, сети водоснабжения).

Здание разливки двухпролетное. В пролете А–Б имеется железнодорожный путь 1 для установки чугуновозов 2, стелы, кантовальные устройства для наклона ковшей, маневровое устройство для подачи чугуновозов к стелу и отвода опорожненных чугуновозов; пролет Б–В, оборудованный кран-балкой 3, служит для уборки скрапа и доставки запасного оборудования по пути 4, в пролете размещены пульты управления машинами. В зданиях 8 выдачи чугуна расположены приводы машин (конвейеров), устройства для выбивки и погрузки чушек в вагоны, подаваемые на



пути 9 и 10. Разливочная машина (рис. 180) включает две наклонные параллельно движущиеся конвейерные ленты 8, снабженные приводом и натяжным устройством 2; кантовальное устройство 5; стенд 1; разливочный желоб 6; водопровод 10 с брызгалами для охлаждения мульд с чугуном; опрыскиватели 9 мульд известковым раствором и расположенные в здании 12 выдачи чугуна устройства 13 для выбивки чушек из мульд, а также устройства 15–17 для погрузки чушек чугуна в вагоны.

Конвейер - две составленные из шарнирно соединенных пластин цепи, на которых болтами закреплены мульды – изложницы для чугуна.

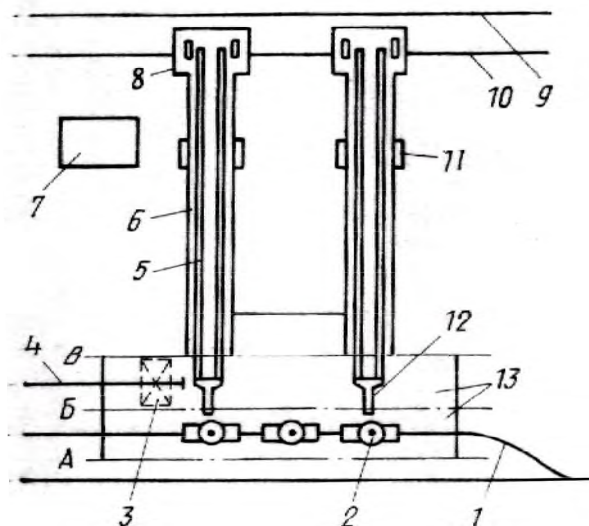


Рисунок 10.1 - Разливочное отделение

Цепи перемещаются по роликам 7, смонтированным на наклонных неподвижных опорах 11. Цепи вращаются двумя приводными звездочками 14. Натяжение перемещения холостых звездочек 3 натяжного устройства 2. Изложницы стальные одноместные для одной чушки (45 кг) и двухместными для двух чушек (2×23 и 2×18 кг).

Выпускаются три модификации машин: для ковшей вместимостью 100 т, 140 т и комбинированные – для 100 и 140-т ковшей. Их характеристики: масса чушек 18, 23 и 45 кг; число изложниц в ленте 308 при массе чушек 45 кг и 154 – при массе чушек 18 и 23 кг; скорость движения ленты 11,3 м/мин; угол наклона ленты 9°44'; производительность при массе чушек 18, 23 и 45 кг составляет соответственно-122, 156 и 204 т/ч; высота машин 11,84 м, ширина 17,2 м, длина 59,06 м; длина конвейера машины 45,3 м.

Организация разливки и уборки чугуна. Чугуновоз устанавливают против стенда 1 так, чтобы ось ковша совпадала с осью разливочного желоба 6.

Крюком кантовального устройства 5 наклоняют чугуновозный ковш 4, сливая из него чугун в желоб 6; ковш при этом опирается лапами на стенд 1. Через два сливных носка желоба чугун поступает в мульды двух движущихся вверх конвейерных лент 8. В процессе движения чугун в мульдах затвердевает, чушки и мульды охлаждаются водой, подаваемой водопроводом 10 через брызгала.

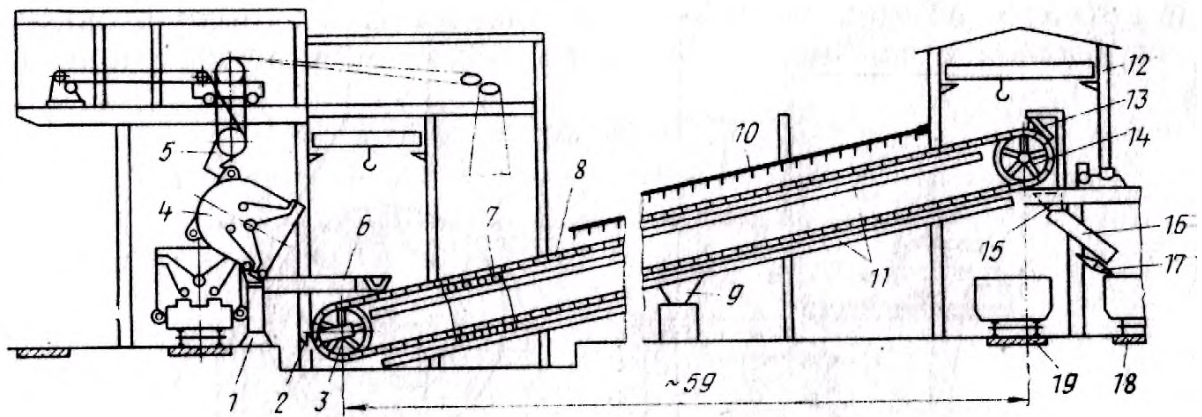


Рисунок 10.2 - Разливочная машина

При огибании конвейером приводных звездочек 14 чушки чугуна выбиваются устройством 13 и выпадают из мульд и падают в желоб 15, затем по перекидным желобам 16 и 17 попадают в жд платформы. Верхний 16 и нижний 17 перекидные желоба с лебедками направляют либо в сторону жд пути 18, либо в сторону пути 19, что позволяет подавать чушки в платформы, стоящие на двух смежных путях 18 и 19, без остановки разливочной машины. Чушки поливают водой и по мере наполнения платформ их передвигают по рельсовому пути с помощью лебедки. Опрыскивателем 9 мульды покрывают известковым раствором. Платформы с чушками направляют на склад холодного чугуна, где чушки магнитным краном перегружают в штабели для хранения, а затем в вагоны для отправки потребителям.

Роторное охлаждающее устройство, располагается под разгрузочным концом разливочной машины (рисунок 10.3). Падающие с конвейеров чушки по наклонному желобу 2 поступают в вертикально расположенное и наполовину погруженное в воду колесо 3, вращающееся с частотой  $0,5 \text{ мин}^{-1}$ . Попадая в карманы 5 колеса, чушки вместе с ним движутся через слой воды, где охлаждаются, а затем поднимаются вверх. В верхней точке колеса они высыпаются из карманов на желоб 4, по которому поступают в вагоны 1 МПС. При этом способе не требуется дополнительной перегрузки чушек на складе холодного чугуна.

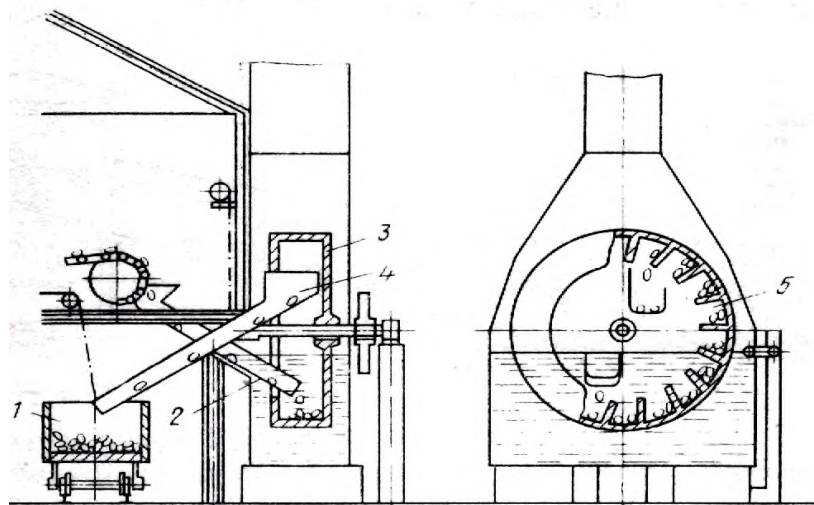


Рисунок 10.3 - Роторная установка для охлаждения и погрузки чугуна в вагоны

### 10.3 Ковшевая уборка шлака

Из доменных печей объемом 3200– 5500 м<sup>3</sup> с четырьмя чугунными летками, практически весь шлак выпускают через чугунные летки вместе с чугуном; разделение чугуна и шлака происходит в главном желобе, от которого шлак отводят по шлаковому отводному желобу. По шлаковым желобам литейного двора шлак поступает либо в ковши шлаковозов, устанавливаемых под сливными носками желобов (ковшевой способ уборки шлака), либо на установки припечной грануляции (бесковшевой способ уборки). Шлаковозами жидкий шлак транспортируют на ШПУ (внепечные установки).

Для новых печей сооружают установки припечной грануляции, однако в большинстве ДЦ из-за недостатка территории и по ряду других причин сооружение припечных грануляционных установок невозможно. Поэтому основная часть доменного шлака вывозится от печей в шлаковых ковшах.

Уборка шлака от печей ковшами. Применяют стальные или чугунные ковши вместимостью 11, 16 и 16,5 м<sup>3</sup>. В ДЦ формируют составы из 6–9 шлаковозов, которые отправляют на ШПУ. Там перед сливом шлака с помощью специальной установки пробивают корку на поверхности шлака. После слива шлака на участке выбивки ковшевых остатков из ковшей удаляют шлаковые остатки–коржи или скардовины.

Гидровыбивка: в дне ковша сверлят отверстие и приваривают к нему патрубок. Наклонив опорожненный ковш в патрубок подают воду, она проникает в зазор между стенкой ковша и коркой шлака и, испаряясь, выталкивает скардовины. Для облегчения выбивки корок шлака и предотвращения приваривания попадающего в ковш чугуна внутреннюю поверхность ковшей опрыскивают раствором извести и подсыпают шлаковым щебнем. Время оборота ковша составляет 5–6 ч, длительность пребывания шлака в ковшах 1,1–2,5 ч.

Недостатки ковшевой шлакоуборки: большой парк шлаковых ковшей и сложность организации ритмичной подачи их к печам и ШПУ (на ММК эксплуатируется более 120 ковшей и ежедневно вывозится ~400 ковшей со шлаком); необходимость очистки ковшей после каждого слива шлака; большие потери шлака в виде ковшевых остатков (~ 25%), что уменьшает выход ценной продукции из шлакового расплава; необходимость опрыскивания ковшей известковым раствором и подсыпки шлаковым щебнем; низкая стойкость ковшей (срок службы ~1 год); большие трудозатраты на ремонт шлаковозов. 3

Шлаковозы: для приема шлака и транспортирования его на установки переработки иногда на шлаковый отвал. Шлаковозы перемещают по жд путям с помощью локомотива. Шлаковозы различаются вместимостью шлакового ковша (11, 16 и 16,5 м<sup>3</sup>), формой и конструкцией механизма кантования ковша (винтовой или зубчатый).

### 10.4 Переработка жидких шлаков и припечная грануляция

На внепечных (центральных) установках из доменного шлака: получают граншлак, щебень, пемзу, шлаковату, литые изделия; на припечных – граншлак.

Внепечную грануляцию шлаков осуществляют мокрым и полусухим способом.

Установки мокрой грануляции – это бассейновые и желобные.

Бассейновая установка: бассейн с водой вместимостью от 200 до 5500 м<sup>3</sup> и глубиной 2–6 м. Вдоль него с одной стороны проложен жд путь, по которому подают шлаковозы с жидким шлаком, с другой стороны – два пути для жд вагонов, в которых вывозят граншлак. Над бассейном и отгрузочными путями по эстакадам перемещается мостовой или козловой кран с грейфером.

Жидкий шлак сливают в бассейн кантованием. Попадающий в воду шлак в результате ее бурного испарения дробится на капли размером 1–10 мм. Застывшие гранулы грейферным краном выгружают на площадку для вылеживания и обезвоживания или в жд вагоны. Грейферы кранов снабжены отверстиями диаметром 10–12 мм для стекания воды. Расход воды на грануляцию 3–4 м<sup>3</sup>/т шлака. Мощность установки зависит от размеров бассейна, достигая 0,8–1 млн/т шлака в год.

Желобная установка: шлакоприемная ванна, стальной или чугунный желоб длиной от 3 до 20 м с уклоном на 5–15° и сопла, подающие в начало желоба воду под давлением 0,15–0,5 МПа в количестве до 3 м<sup>3</sup>/т шлака. Из стоящего на насыпи на жд пути шлаковоза сливают шлак в приемную ванну, откуда он льется в желоб по которому под небольшим напором стекает вода. Вода с образующимися гранулами шлака (пульпа) поступает в бассейн либо на склад. Влажность граншлака бассейновых и желобных установок составляет 20–25%.

Полусухая грануляция на барабанных и гидрожелобных установках. Барабанная установка: шлакоприемную ванну 2, наклонный направляющий лоток 3 с соплами для подачи воды, вращающийся барабан 4 с лопастями и бетонированную площадку 8, обслуживаемую грейферным краном 5. Воду в лоток через сопла подают под давлением 0,2–0,5 МПа в количестве 0,8–1,0 м<sup>3</sup>/т шлака; барабан длиной 1,5–2,0 м и диаметром 1,2–1,4 м имеет частоту вращения до 600 мин<sup>-1</sup>.

Из шлаковоза 1 шлак сливают в приемную ванну и затем по лотку шлак с водой попадают на лопасти барабана, которые дробит шлак и воду на мелкие частицы и отбрасывают их на склад на расстояние 20–40 м. В полете капли шлака охлаждаются воздухом и водой и затвердевают. Излишняя вода благодаря уклону площадки 8 стекает в отстойник 7, откуда она поступает в систему оборотного водоснабжения.

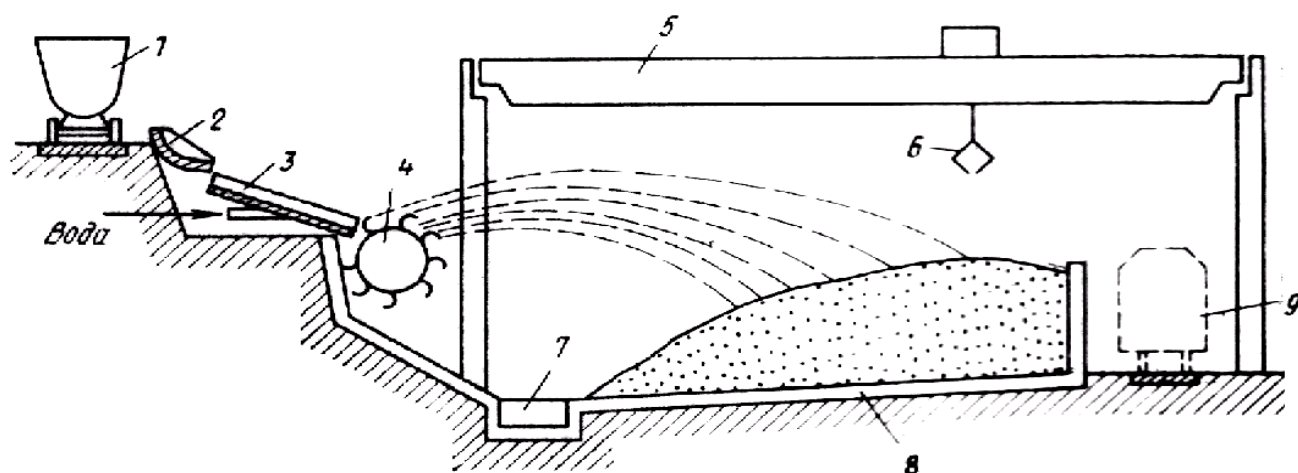


Рисунок 10.4 - Схема барабанной грануляционной установки

Граншлак загружают краном 5 с помощью грейфера 6 в жд вагоны 9, его



влажность 5–10%.

Гидрожелобная установка: насыпь 1 со сливным жд путем 2 для шлаковозов 3; шесть–десять гидрожелобных агрегатов, расположенных перпендикулярно сливному пути; склад гранулированного шлака с поперечными эстакадами 10, по которым передвигаются грейферные краны 9, и систему оборотного водоснабжения.

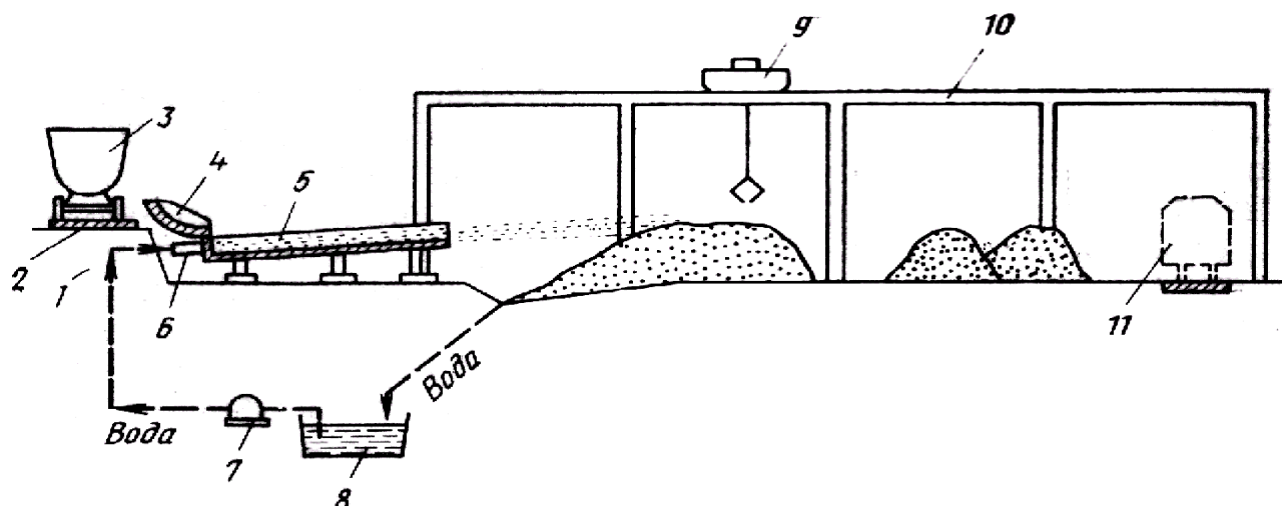


Рисунок 10.5 - Схема гидрожелобной грануляционной установки

Гидрожелобной агрегат имеет приемную ванну 4; стальной гидрожелоб 5 длиной 9–10,5 м, расположенный с подъемом к концу под углом  $3^\circ$ ; гидронасадку 6, подающую воду в начало желоба. Гидронасадка выполнена из отверстий диаметром 15–25 мм или в виде щели общим сечением  $0,004–0,008 \text{ м}^2$ ; воду в гидронасадку подают под давлением  $0,4–0,7 \text{ МПа}$  в количестве  $2,5–3,5 \text{ м}^3/\text{т}$  шлака.

Перед грануляцией пробивают корку застывшего шлака в ковше с помощью копра и затем сливают шлак из шлаковоза 3 в приемную ванну, откуда он поступает в гидрожелоб, где поток воды дробит жидкий шлак на капли, охлаждает их и отбрасывает на расстояние до 40 м. Шлак на складе перегружают в штабели и затем в жд вагоны 11 грейферным краном 9, влажность отгружаемого шлака составляет  $\sim 10\%$ . Излишняя вода, благодаря уклону площадки склада, стекает в отстойник 8 и отсюда после осветления (отстаивания) с помощью насосов 7 вновь подается в гидронасадку 6; в систему добавляют свежую (подпиточную) воду ( $0,5–0,8 \text{ м}^3/\text{т}$  шлака), а также известковый раствор для уменьшения выделений сероводорода при грануляции.

Гидрожелобный способ грануляции более механизированный обеспечивает меньшую влажность гранулята, быстрое опорожнение ковшей, взрывобезопасному.

В установку входят грануляционные агрегаты, копры для пробивания корки шлака в ковшах; пульта управления; склад граншлака, с мостовыми или порталными грейферными кранами; газоочистка; система оборотного водоснабжения и служебно-бытовые помещения. Производительность установок по граншлаку 750–1500 тыс. т/год. Число гидрожелобов в составе установки определяется с учетом производительности одного гидрожелоба 160–180 тыс. т/год. Скорость слива шлака не должна превышать 4–5 т/мин, число одновременно кантуемых ковшей 2–3, а длительность обработки состава шлаковозов на установке должна быть меньше времени между подачами составов от печей. Годовая производительность установок

должна быть на 30% выше, чем требуется для переработки образующегося шлака.

Грануляционные агрегаты располагают перпендикулярно сливному пути с расстоянием между ними равным длине шлаковоза по сцепкам. Агрегаты размещаются в закрытом корпусе, чтобы обеспечивалось улавливание парогазовых выделений, их очистка от сернистых соединений (известковой водой) и выброс газа и пара через трубу необходимой высоты. Расход воды на один агрегат до  $15 \text{ м}^3/\text{мин}$  при давлении  $0,5\text{--}0,7 \text{ МПа}$ , свежей воды  $0,7\text{--}0,8 \text{ м}^3/\text{т}$  шлака.

Склад вмещает 7–10-суточный запас продукции. Он представляет собой бетонированную площадку с расположенными перпендикулярно шлаковозному пути крановыми пролетами (эстакадами) шириной 24 м. Длина склада – 120 м; высота штабелей граншлака до 7 м. Высота насыпи для сливного шлаковозного пути 5–8 м. Площадка склада должна иметь уклон в сторону отстойников системы оборотного водоснабжения, а вблизи грануляционных агрегатов уровень площадки должен быть ниже, чем в остальной части. Для уменьшения водопотребления применяют вододутьевые установки, где дробление шлака осуществляется водовоздушным потоком.

Припечная грануляция представлена на рисунке 10.6. Гранулятор в закрытом кожухе, что предотвращает выделение в атмосферу паров воды и сернистых газов, которые вредны для здоровья и вызывают коррозию оборудования, водяной пар сильно затрудняет работу персонала и вызывает зимой обледенение оборудования.

Их преимуществ: меньшие капитальные и эксплуатационные расходы за счет сокращения большого парка шлаковозов и транспортных средств; более полное использование шлака, поскольку при перевозке в ковшах 15–30% шлака теряется в виде корок на поверхности и настывшей на ковшах; уменьшается численность персонала; обеспечивается взрывобезопасность; работа установки поддается автоматизации; управление всеми механизмами со специального пульта.

ДП оборудуют двумя такими установками, располагаемыми с двух противоположных сторон литейного двора, каждая установка имеет две автономные рабочие линии; к одной из них шлак от печи поступает по ответвлению ба шлакового желоба, а к другой – по ответвлению бб.

Под желобом ба гранулятор 5, подающий воду под давлением, которые дроблят стекающий с желоба шлак на гранулы. Смесь воды, пара и гранул поступает в бункер 1, решетка 4 предотвращает попадание в бункер крупных предметов. Пар и газы поступают в скруббер 7 и удаляются через трубу 9 в атмосферу. В скруббер через форсунки 8 подают известковую воду, которая поглощает из пара и газов сернистые соединения.

Шлаководяная пульпа, из нижней части бункера 1 поступает в колодец 18 эрлифта, поднимающего ее вверх. Для обеспечения работы эрлифта в нижний конец его подъемной трубы 11 подают воздух, а чуть ниже – воду для взмучивания пульпы. Поднимаемая эрлифтом пульпа попадает в сепаратор 10, где происходит отделение отработанного воздуха, а затем самотеком по наклонному трубопроводу сливается в обезвоживатель 12 карусельного типа, который приводом 14 вращается. Обезвоживатель разделен на шестнадцать секций 13 с решетчатым откидывающимся дно.

Пульпа поступает в каждую из секций и за время вращения обезвоживателя вода пульпы стекает через решетчатое дно секций 13 в водосборник 15, откуда по-

стует в бункер 1. Днища секций 13 открываются над бункером 17 и гранулы высыпаяются в него, где осушиваются подаваемым снизу воздухом. Из бункера 17 гранулы попадают на конвейер 16 и далее на склад.

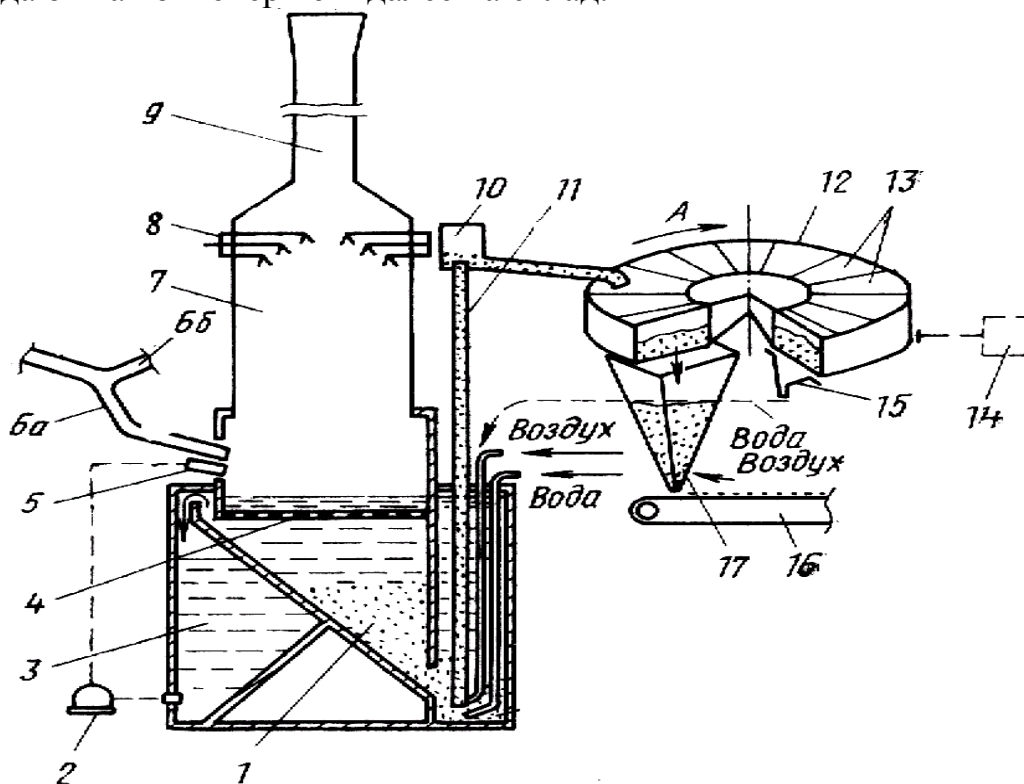


Рисунок 10.6 - Установка придоменной грануляции шлака

Над карусельным обезвоживателем установлен кожух-паросборник, из которого пар поступает в скруббер 7. Гранулятор работает на оборотной воде; осветленную воду подают к нему насосом 2 из камеры 3 оборотной воды, куда она переливается из бункера 1 через его край.

Выход шлака из печей объемом 1400–1800 м<sup>3</sup> 2–3 т/мин; из печей объемом 2000–5000 м<sup>3</sup> 3–10 т/мин. Максимальное количество шлака за один выпуск на печах объемом 3200–5000 м<sup>3</sup> до 200–250 т, длительность выпуска 40–60 мин. Расход воды 3–6 м<sup>3</sup>/т шлака, свежей воды для подпитки 0,6–0,8 м<sup>3</sup>/т. Влажность гранулята, поступающего на склад, 14–20%.

#### Получение щебня, пемзы и шлаковой ваты.

Шлаковый щебень – второй по объему продукт переработки доменных шлаков – получают на установках переработки ковшевых остатков и части щебня литьем.

Получение щебня из ковшевых остатков. Внутреннюю поверхность ковша вначале в течение 7 орошают водой, благодаря чему из-за усадки шлака облегчается отделение корок шлака (коржей) от стенок ковша. Далее ковш кантуют и, при необходимости, остатки шлака выбивают копром. Коржи выпадают из ковша в траншею, оборудованную магнитно-грейферными кранами. Здесь крупные куски шлака разбивают, сбрасывая на них слитки и электромагнитом отбирают скрап чугуна. Далее шлак грейфером крана грузят в бункера системы, обеспечивающий дробление и рассев шлака на куски размеров (0– 40 мин). Мощность установки 310 тыс. м<sup>3</sup> щебня в год.

Производство литого щебня. Шлак из нескольких ковшей сливают в бетониро-

ванную траншею и поливают его водой, после чего сливают новую порцию шлака. Поливка исключает образование монолита из нескольких залитых слоев.

### **10.5 Уборка колошниковой пыли**

Для уборки колошниковой пыли в ДЦ специальные жд пути, под пылеуловителями грубой очистки. Уборку пыли проводят с помощью полувагонов или саморазгружающихся вагонов (думпкаров), которые устанавливают под ними.

Выпуск пыли из пылеуловителей в вагоны производят по определенному графику. Для выпуска пыли широко применяют шнековые устройства. Под нижней горловиной пылеуловителя установлен отсечной тарельчатый клапан и ниже него два горизонтально расположенных шнека, заключенные в закрытый корпус. При открывании клапана пыль сыпается из пылеуловителя на шнеки, которые перемещают ее к выгрузочному отверстию корпуса. При движении пыль увлажняется несколькими форсунками в корпусе устройства. Производительность устройства – 100 м<sup>3</sup> пыли в час.

Шнеки не всегда работают надежно, поэтому начали применять более простое устройство - расположенный под горловиной пылеуловителя тарельчатый клапан и далее наклонную пылеспускную трубу диаметром 0,4–0,5 м. При открывании отсечного клапана пыль высыпается в вагон по наклонной трубе; движение пыли происходит под воздействием избыточного давления газа в пылеуловителе. Для увлажнения пыли в трубу в нескольких местах по ее периферии и оси подают воду.

### **10.6 Воздуходувная станция**

Для подачи дутья (воздуха под давлением) к воздухонагревателям и от них к фурмам доменных печей служат воздуходувные станции, представляющие собой отдельное здание с установленными в нем воздуходувками, имеющими в качестве привода паровые турбины. В отдельных цехах для недавно строившихся печей соорудили электровоздуходувные станции (ЭВС), оборудованные воздуходувками с электроприводом. Их располагают на некотором удалении от печей, где воздух менее загрязнен пылью, и соединяют с воздухонагревателями воздухопроводом, опирающимся на колонны.

Следует сооружать паровоздуходувную станцию – ПВС (или ПВС совместно с ТЭЦ) для обеспечения дутьем ДП сжатым воздухом кислородной станции, а также сжатым воздухом и паром всех потребителей завода. Для доменного дутья в ПВС устанавливают компрессорные агрегаты, тип привода которых (паровой или электрический) должен выбираться на основе технико-экономического сравнения.

### **10.7 Очистка доменного газа**

В ДП удельный выход доменного газа составляет 120–200 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> полезного объема в час; избыточное давление газа на колошнике равно 0,1–0,25 МПа, температура 120–450°С; содержание пыли в газе составляет 10–30 г/м<sup>3</sup> и паров воды 30–100 г/м<sup>3</sup>. Перед подачей в горелочные устройства для предотвращения выхода их из строя



(засорение и др.) содержание пыли в газе должно быть не более  $5 \text{ мг/м}^3$ , в связи с чем требуется обязательная его очистка и охлаждение до  $35\text{--}40^\circ\text{C}$ , чтобы ограничить количество влаги в газе, подаваемом потребителям.

Для каждой ДП сооружают индивидуальную систему газоочистки; газ к газоочистным устройствам, располагаемым на нулевой отметке, подают от колошника по наклонному газопроводу (на печах объемом  $5000 \text{ м}^3$  их два). На печах, с повышенным давлением газов, газоочистка имеет несколько последовательно установленных газоочистных аппаратов, после которых газ проходит дроссельную группу (дроссельное устройство) либо поступает в газовую утилизационную бескомпрессорную турбину (ГУБТ). Схема грубой газоочистки газа от пыли служит сухой пылеуловитель, для полутонкой – скруббер; тонкая очистка происходит в трубах Вентури и дроссельной группе.

От колошника 1 газы по наклонному газопроводу поступают в сухой инерционный пылеуловитель 2 диаметром до 16 м, имеющий сужение вверху и внизу. Газ в него поступает сверху и изменяет направление движения на  $180^\circ$ , а крупные частицы пыли осаждаются в нижнем конусе пылеуловителя, откуда пыль периодически выпускают в жд вагоны. Остаточное содержание пыли в газе составляет  $5\text{--}9 \text{ г/м}^3$ . Далее газ попадает в безнасадочный скруббер 3 диаметром 6–9 и высотой 25–40 м.

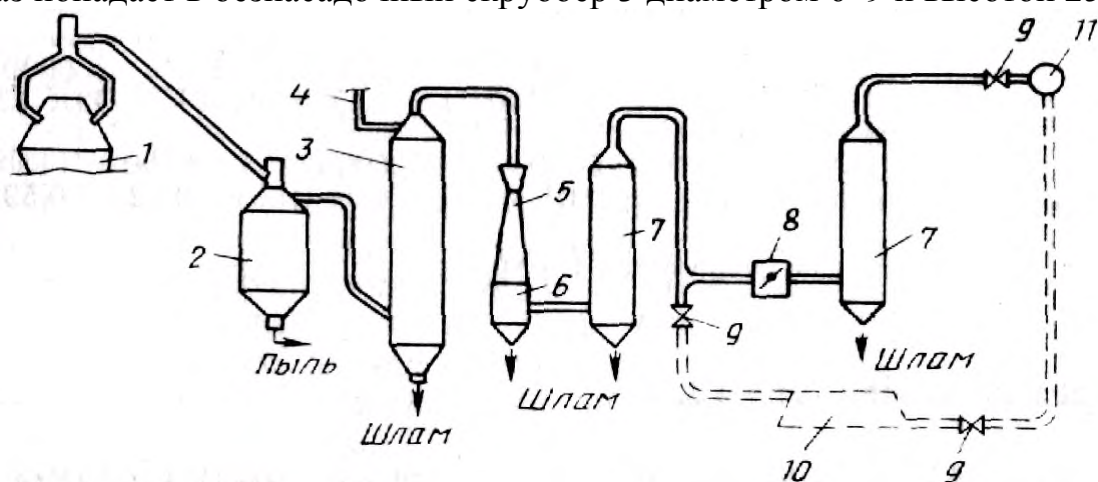


Рисунок 10.7 - Схема системы очистки доменного газа

В скруббере частицы пыли захватываются подаваемой через форсунки водой и осаждаются в нижней части скруббера в виде шлама; газ здесь охлаждается до  $35\text{--}40^\circ\text{C}$ . Расход воды в скруббере составляет  $3\text{--}10 \text{ л/м}^3$  газа, остаточное содержание пыли в газе  $2\text{--}4 \text{ г/м}^3$ . Затем газ проходит через нерегулируемую низконапорную трубу (трубы) 5 Вентури, где частицы пыли поглощаются каплями воды; часть их осаждается в бункере каплеуловителя 6, а часть в капле-уловителе 7. После низконапорной (перепад давления  $3\text{--}6 \text{ кПа}$ ) трубы Вентури газ содержит пыли  $20\text{--}40 \text{ мг/м}^3$ . Далее при отсутствии ГУБТ в системе газоочистки газы проходят дроссельную группу 8, которая предназначена для поддержания повышенного давления газа на колошнике и его регулирования, а также для тонкой очистки газа от пыли. Группа представляет собой пять параллельных патрубков, в четырех из которых установлены дроссели-поворотные диски с приводом от электродвигателей. Поворачивая диски на некоторый угол, уменьшают или увеличивают сечение патрубков, по которым проходит газ; уменьшение сечения патрубков ведет к повышению давле-

ния газов в печи. Три дросселя обеспечивают грубую регулировку давления газа; дроссель, связанный с регулятором, поддерживает постоянное давление газа в доменной печи.

Перед патрубками расположены форсунки которыми в поток газа подают воду для обеспечения тонкой очистки газа от пыли. В патрубках дроссельной группы скорость газа 250–300 м/с, поэтому они работают как газоочистной аппарат по тому же принципу, что и трубы Вентури, обеспечивая поглощение пыли каплями воды. Далее газ проходит через каплеуловитель 7 и через задвижку 9 поступает в газопровод 11 очищенного доменного газа. Содержание пыли в газе после дроссельной группы 2–3 мг/м<sup>3</sup>. По газопроводу 4 газ отводят на колошник для уравнивания давления в межконусном пространстве.

При наличии ГУБТ в системе газоочистки доменный газ: после труб Вентури через задвижку 9 поступает в ГУБТ 10, а после нее в общецеховой газопровод 11. В турбине давление газа снижается, поэтому в системе очистки газа не используется дроссельная группа. Она сохраняется на случай: неполадок и ремонтов ГУБТ; при остановке ГУБТ газ пропускают через дроссельную группу, что обеспечивает работу ДП на повышенном давлении.

В связи с большим расходом воды (до 10 л/м<sup>3</sup> газа) при мокрой системе газоочистки сооружают дорогостоящую и занимающую большую площадь систему оборотного водоснабжения (отстойники, куда поступает шлам от газоочистных аппаратов – отделение шлама; градирни для охлаждения осветленной воды; насосная для подачи осветленной воды на градирни и затем для орошения скруббера, труб Вентури и дроссельной группы).

ГУБТ и газотурбинная расширительная станция. Для экономии энергоресурсов оборудуют ГУБТ, предназначенными для выработки электроэнергии за счет использования энергии повышенного давления доменного газа. Турбина служит приводом электрогенератора, вырабатывающего электроэнергию. ГУБТ позволяет вернуть до 40% энергии, израсходованной на сжатие доменного дутья; себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ГУБТ, примерно в два раза ниже, чем вырабатываемой ТЭЦ.

Для предотвращения конденсации влаги в турбине и забиванию ее пылью, температура газа перед турбиной должна быть 120–140°C. Поскольку при мокрой газоочистке газ охлаждается до 35–40°C, перед турбиной устанавливают подогреватель доменного газа, обеспечивающий нагрев за счет сжигания 3–6% подаваемого газа, или поверхностный подогреватель, использующий физическое тепло других отбросных источников). В системе газоочистки ГУБТ устанавливают после газоочистных аппаратов параллельно дроссельной группе. При пропуске доменного газа через ГУБТ давление на колошнике печи регулируется диафрагмой ГУБТ, а дроссельная группа находится в закрытом положении. При остановке ГУБТ или повышении давления перед ней сверх допустимого, автоматически включается в работу дроссельная группа.

## 10.8 Расчет потребности в основном оборудовании

Производительность скипового подъемника из-за неравномерности загрузки во времени и возможным увеличением производительности ДП рассчитывают с запасом, чтобы загруженность подъемника не превышала 60–75% производительности. Эту зависимость выражают расчетным коэффициентом загруженности подъемника  $K_p$  - отношение потребного для печи с заданной производительностью числа подач ( $Z_{\Pi}$ ) к теоретически возможному числу подачи ( $Z_T$ ) при непрерывной работе подъемника:

$$K_p = (Z_{\Pi}/Z_T)100 \leq 60 \div 75.$$

Расчет производительности подъемника заключается в том, что находят величины  $Z_{\Pi}$  и  $Z_T$  и вычисляют  $K_p$ ; если величина  $K_p > 60 \div 75\%$ , то необходимо изменение параметров подъемника (увеличение вместимости скипа и др.), чтобы величина  $K_p$  снизилась до требуемой.

Теоретически возможная производительность скипового подъемника (возможное число подач)  $Z_T = 24 \cdot 60 \cdot 60/t$  подач в сутки, где  $t$  – время подъема одной подачи, с:

$$t = n_k \cdot (t_{\Pi} + t_k) + n_{ж} \cdot (t_{\Pi} + t_{ж}),$$

где  $t_{\Pi}$  – время подъема скипа на колошник, с;

$t_k$  и  $t_{ж}$  - время остановок скипа при загрузке соответственно кокса и железосодержащей части шихты в скип, с;

$n_k$  и  $n_{ж}$  – число скипов кокса и железосодержащих материалов в подаче.

Время подъема скипа 35–50 с учетом длины подъемника, скорости движения, время разгона в начале пути и торможения в конце; время стоянки скипа при загрузке кокса составляет 12–15 с, при загрузке железосодержащей части шихты 16–20 с.

Необходимое число подач ( $Z_{\Pi}$ ) определяют по заданной суточной производительности ДП ( $\Pi_c$ , т/сут). С учетом величины удельного расхода кокса и железосодержащей шихты на 1 т чугуна суточный расход кокса  $Q_K = (0,35 \div 0,50)\Pi_c$ , т/сут, а суточный расход железосодержащей шихты  $Q_{ж} = (1,75 \div 2,1)\Pi_c$ , т/сут.

Необходимое число подач по коксу:

$$Z_{\Pi} = Q_K / (P_k \cdot n_k),$$

где  $P_k$  – масса кокса в скипе, т.

Аналогично определяют необходимое число подач по железосодержащей части шихты и для расчета коэффициента загруженности подъемника  $K_p$  берут большую величину.

Масса материала в скипе:

$$P = V_{ск} \cdot q \cdot k,$$

где  $V_{ск}$  – объем скипа,  $m^3$ ;

$q$  – насыпная плотность материала,  $t/m^3$ ;

$k=0,85$ – коэффициент заполнения скипа.

Насыпная плотность кокса  $\sim 0,45$ ; агломерата 1,9; окатышей 1,9  $t/m^3$ . Требуемая производительность скипового подъемника обычно достигается при объеме скипа  $V_{ск} = 0,0065 \cdot V_{п}$ , где  $V_{п}$  – полезный объем печи.

Производительность вагон-весов зависит от их грузоподъемности и организации совместной работы со скиповым подъемником. Средняя часовая производительность вагона:

$$П_{ч} = 3600 \cdot P \cdot k / t \text{ (т/ч)},$$

где  $P$  – грузоподъемность вагон-весов, т;

$k = 0,9$ –коэффициент заполнения карманов;

$t$  – длительность цикла работы вагон-весов (с), включающая время набора материала из бункеров и их разгрузки в скип, передвижения от скиповой ямы к соответствующим бункерам и обратно и время простоя в ожидании скипов.

Величину  $t$  определяют путем построения графика совместной работы вагон-весов и скипового подъемника. Длительность определяемого таким образом цикла достигает 250 с, хотя длительность собственно доставки очередной порции материалов вагоном не превышает 1 мин.

Производительность, скорость и ширину ленты конвейерного подъемника определяют с учетом следующих условий:

а) конвейер работает непрерывно, выдавая материалы с помощью подвижной воронки поочередно в один из двух бункеров загрузочного устройства печи;

б) порции шихты укладывают на ленту с разрывами, необходимыми для срабатывания распределительной воронки. Коэффициент снижения производительности подъемника из-за разрывов между порциями шихты  $\psi_c = 0,6 \div 0,8$ ; определяется:

$$\psi_c = t_{ш} / (t_{ш} + t_{ои}),$$

где  $t_{ш}$  – длительность транспортировки лентой порции шихты одной подачи (одного цикла);

$t_{ои}$  – общая длительность интервалов между порциями шихты в одной подаче, мин.

$$t_{ои} = n \cdot t_{и},$$

где  $n$  – число порций шихты в подаче;

$t_{и}$  – интервал между порциями шихты.

Минимальное значение  $t_{и}$  равно длительности срабатывания распределительной воронки (15–35 с зависимости от конструкции загрузочного устройства), максимальное значение  $t_{и}$  определяется программой загрузки шихты данной

печи.

Длительность транспортировки лентой порции шихты одной подачи

$$t_{ш} = V / (F \cdot v),$$

где  $V$  – объем всех порций шихты в подаче, м (максимальный объем одной порции равен объему бункера загрузочного устройства, т. е. 50–80 м<sup>3</sup>);

$v$  – скорость движения ленты (обычно 2 м/с);

$F$  – площадь поперечного сечения материала на ленте, которую при желобчатой ленте и транспортировке среднесыпучих материалов ( $\varphi_1 = 15^\circ$ ) приближенно можно считать  $F = 0,18 \cdot B^2 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ \cdot 2,28 = 0,11 \cdot B^2$  ( $B$  – ширина ленты, м);

в) система загрузки должна позволять повышать производительность печи по сравнению с номинально необходимой на 50–70%, т. е. коэффициент форсирования печи  $\psi_{\phi} = 1,5 \div 1,7$ .

С учетом этих коэффициентов и заданной (минимальной) производительности ДП по жидкому чугуна ( $\Pi_{\text{ч}}$ , т/сут) потребная суточная объемная производительность подъемника (м<sup>3</sup>/сут):

$$\Pi_{\Pi} = \left[ \frac{\Pi_{\text{ч}}(0,35 \div 0,5)}{q_{\text{к}}} + \frac{\Pi_{\text{ч}}(1,75 \div 2,1)}{q_{\text{ж}}} \right] \psi_{\phi}$$

где  $q_{\text{к}}$  и  $q_{\text{ж}}$  – соответственно насыпная плотность кокса (0,45 т/м<sup>3</sup>) и железосодержащей части шихты (1,9 м<sup>3</sup>/т для агломерата и окатышей);

$\psi_{\phi} = 1,5 \div 1,7$  – коэффициент форсирования печи;

$\psi_{\text{с}}$  – коэффициент снижения производительности из-за разрывов порций на ленте подъемника.

Возможная объемная производительность ( $\Pi_{\text{в}}$ , м<sup>3</sup>/сут) наклонного желобчатого конвейера при транспортировке среднесыпучих грузов ( $\varphi_1 = 15^\circ$ ) определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{в}} = 24 \cdot 400 \cdot B^2 \cdot v (K/K_{\text{н}}), \text{ м}^3/\text{сут},$$

где  $B$  – ширина ленты, м;

$v$  – скорость движения ленты, м/с;

$K$  – коэффициент снижения производительности наклонного конвейера (0,95 при угле наклона 10–15°);

$K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности (1,0–1,1 при загрузке материалов на ленту питателями).

Если принять, что  $K_{\text{н}} = 1,05$ , то величина  $\Pi_{\text{в}} = 8680 \cdot B^2 \cdot v$ , м<sup>3</sup>/сут. Подставив найденные значения  $\Pi_{\text{в}}$  и  $\Pi_{\Pi}$  в равенство  $\Pi_{\text{в}} = \Pi_{\Pi}$ , можем из него определить необходимую ширину  $B$  ленты подъемника, задав скорость ее движения  $v$ , либо определить необходимую скорость  $v$ , задав величину  $B$ .

При конвейерном колошниковом подъеме на ДП объемом 3200–5000 м<sup>3</sup> применяют ленту шириной 2000 мм при скорости ее движения 2 м/с, что соответствует

производительности конвейера по агломерату и окатышам ~3500 т/ч и с запасом обеспечивает требуемый темп подачи шихты на колошник.

Объем бункеров бункерных эстакад рассчитывают на хранение 8–12 ч запаса агломерата и окатышей и 5–8 ч запаса кокса.

Производительность вагоноопрокидывателя (П, вагонов в сутки) определяют по формуле

$$П = (1440 - t_{п}) / t_{р},$$

где  $t_{р}$  – задолженность вагоноопрокидывателя на разгрузку одного вагона, мин;

$t_{п}$  – время простоев в сутки, мин.

Задолженность башенного или роторного вагоноопрокидывателя на разгрузку одного вагона (подача вагона на люльку или ротор, опрокидывание вагона и его выдача) 2–3 мин. Обычно вагоноопрокидыватель занят разгрузкой 35–40% рабочего времени и разгружают ~70 вагонов за смену; иногда достигает 80% рабочего времени и количество разгружаемых вагонов достигает 170.

Число чугуновозных ковшей. Необходимое в доменном цехе число ковшей или парк ковшей (открытых и миксерных):

$$n = n_{об} + n_{рем} + n_{рез}, \text{ шт.},$$

где  $n_{об}$ ,  $n_{рем}$  и  $n_{рез}$  – число ковшей, находящихся в обороте, ремонте и резерве соответственно.

Число ковшей, находящихся в обороте:

$$n_{об} = П \cdot t_{об} \cdot K / 24 \cdot P \cdot b, \text{ шт.},$$

где П – суточная производительность цеха, т/сут;

$t_{об}$  – длительность цикла оборота ковша (5 ч для открытого ковша и 7 ч для миксерного);

$K = 1,25$  – коэффициент неравномерности выпусков чугуна;

P – номинальная вместимость ковша, т;

b – коэффициент заполнения ковша чугуном (0,8 для открытых и 0,9 для миксерных).

Число ковшей, одновременно находящихся в ремонте:

$$n_{рем} = n_{об} \left( \frac{t_{гр}}{m_1 t_{об}} + \frac{t_{хр}}{m_2 t_{об}} \right),$$

где  $t_{гр}$  и  $t_{хр}$  – длительность горячего и холодного ремонтов соответственно, ч;

$m_1$  и  $m_2$  – стойкость футеровки (число наливов) между горячими и холодными ремонтами соответственно, шт.

Для открытых 100–140-т ковшей и для 450-т миксерных ковшей длительность холодных ремонтов составляет 52 и 144 ч, горячих – 8 и 8 ч; число наливов между холодными ремонтами  $m_2$  равно 420 и 550, между горячими  $m_1$  – 180 и 250.

Число резервных ковшей составит:

$$n_{\text{рез}} = \frac{K\Pi_{\text{max}}}{mPb} \left( n_{\text{п}} - \frac{n_{\text{п}} - 1}{2} \right) \text{ шт.},$$

где  $\Pi_{\text{max}}$  – максимальная производительность одной печи (т/сут);

$m$  – расчетное число выпусков чугуна в сутки на печи с максимальной производительностью;

$n_{\text{п}}$  – число печей в цехе.

Расчетное число выпусков чугуна (шт) принимают следующим: на печах с одной леткой  $m = 8 \div 10$ ; при двух чугуновых летках до 14; при трех–четырёх летках – до 24.

Число разливочных машин ( $n$ ) рассчитывают, исходя из необходимости обеспечить разливку чугуна при его минимальном потреблении СЦ, т. е. при остановках на ремонт конвертеров или МП. Разница между суточной выплавкой чугуна и его потреблением СЦ -  $Q_c$  (т/сут), а суточную производительность одной машины  $\Pi_c$  (т/сут), то потребное число машин:

$$n = Q_c / \Pi_c.$$

Суточная производительность одной машины при бесперебойной подачи ковшей определится:

$$\Pi_c = (P \cdot t_c / t_{\text{ц}}) \cdot 0,995, \text{ т/сут},$$

где  $P$  – масса чугуна в ковше, т;

$t_{\text{ц}}$  – длительность цикла разливки одного ковша, час;

0,995 – коэффициент учета потерь чугуна при разливке;

$t_c$  – время работы машины в сутки (его принимают равным 20 ч, остальное время затрачивается на ремонт желоба и эксплуатационные нужды самой машины).

Длительность цикла разливки одного ковша складывается из времени  $t_1$  разливки и времени  $t_2$  между двумя разливками, затрачиваемого на захват и подъем ковша, обратный поворот порожнего ковша, замену ковша  $t_2 = 10 \div 15$  мин.

Длительность разливки одного ковша:

$$t_1 = 60 \cdot P \cdot l / n_{\text{л}} \cdot q \cdot v, \text{ ч},$$

где  $l = 0,3$  м – расстояние между изложницами;

$n_{\text{л}} = 2$  – число лент;

$q$  – масса чушки, т;

$v$  – скорость движения ленты, м/мин.

Изложницы выполняют одноместными для получения чушек массой 45 кг или двухместными для получения двух чушек массой по 23 или 18 кг. Скорость движения ленты машин составляет 9,1 – 13,8 м/мин. В паспортной технической характери-

стике разливочной машины обычно указывают ее производительность при непрерывной разливке; эта теоретическая производительность:

$$P_0 = 0,12 \cdot (q \cdot v) \cdot l.$$

Число шлаковозов при ковшевой уборке шлака в доменном цехе:

$$n = n_{об} + n_{рем} + n_{рез},$$

где  $n_{об}$ ,  $n_{рем}$  и  $n_{рез}$  – количество шлаковозов, находящихся соответственно в обороте, ремонте и резервных.

Число шлаковозов, находящихся в обороте:

$$n_{об} = (Q \cdot K \cdot t_{об} / 24 \cdot V \cdot q \cdot b) (\beta_n + \beta_v),$$

где  $Q$  – суточный выход шлака по цеху, т/сут;

$K = 1,25$  – коэффициент неравномерности выпусков по массе шлака;

$t_{об} = 5$  ч – длительность оборота ковша;

$V$  – вместимость ковша (11 или 16 м<sup>3</sup>);

$q = 1,6$  т/м<sup>3</sup> – плотность жидкого шлака;

$b = 0,8$  – коэффициент заполнения ковша;

$\beta_n$  и  $\beta_v$  – доля нижнего и верхнего шлака соответственно.

Величины  $\beta_n$  и  $\beta_v$  следующие: на печах с 6–8 выпусками  $\beta_n = \beta_v = 0,5$ ; на печах с 13–14 выпусками  $\beta_n = 0,85$  и  $\beta_v = 0,15$ ; при числе выпусков  $> 16$   $\beta_n = 1,0$  и  $\beta_v = 0$ .

Число шлаковозов, одновременно находящихся в ремонте:

$$n_{рем} = n_{об} \cdot (t_p / t),$$

где  $t_p$  – длительность капитальных, средних и текущих ремонтов шлаковозов за кампанию от капитального до капитального ремонтов, сут;

$t$  – рабочее время шлаковоза между капитальными ремонтами, сут.

За шестилетний период проводят капремонт – 3 сут, два средних по 2,5 сут и пять текущих по 1 сут в год, т. е. всего ремонты занимают 14 сут. Рабочее межремонтное время составит:  $t = (6 \times 365 - 14)$  сут.

Число резервных шлаковозов принимают равным числу ковшей, устанавливаемых одновременно под выпуск верхнего и нижнего шлака на печи с максимальным выходом шлака, и рассчитывают по формуле:

$$n_{рез} = \frac{Q_1 K}{V q b} \left( \frac{\beta_n}{m_n} + \frac{\beta_v}{m_v} \right), \text{ шт.},$$

где  $Q_1$  – количество шлака, выпускаемого на печи с его максимальным выходом, т/сут;

$m_n$  и  $m_v$  – расчетное число выпусков нижнего и верхнего шлака за сутки соот-



ветственно.

Расчетное число выпусков нижнего шлака равно числу выпусков чугуна: до 10 при одной чугунной летке на печи; до 14 при двух летках и до 24 при трех–четырёх летках. Выпуски верхнего шлака при двух–четырёх чугунных летках существующими нормами не предусмотрены; на печах с одной чугунной леткой величина  $m_v$  достигает 20.

Расчеты жд транспорта определяются объемом внутрицехового и межцехового грузооборота (объем перевозок жидкого и чушкового чугуна, жидкого шлака, огнеупоров, сырья, оборудования и др.). Его рассчитывают на основании данных о производительности печей и величине расходных коэффициентов материалов на тонну выплавляемого чугуна. Все элементы и устройства жд транспорта должны обеспечить выполнение расчетного суточного объема перевозок.

Число жд путей определяют на основании расчета их занятости всеми видами передвижений и стоянок вагонов и составов (например, занятость постановочных путей для уборки чугуна на один выпуск складывается из длительности подачи состава с чугуновозами, ожидания выпуска чугуна в ковши, уборки состава). Пропускная способность путей определяют аналитическим или графическим методом. По первому методу расчетную занятость ( $C$ , %) пути определяют из соотношения:  $C = T \cdot 100 / 1440$ , где  $T$  – время, необходимое для выполнения всех видов передвижений по рассчитываемому пути в течение суток, мин.

Расчетная занятость пути заводского транспорта составляет 80%. Если расчетная занятость превышает эту допустимую величину, то следует предусматривать дополнительный путь. При проектировании жд транспорта ДЦ принимают решение о том, какие из постановочных путей у литейного двора, используемые для уборки жидких чугуна и шлака, можно делать тупиковыми. Для дп с двумя постановочными путями для чугуна и двумя для шлака один из каждых двух путей должен быть сквозным, а один можно делать тупиковым.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

- 1 Какие участки входят в состав доменных цехов?
- 2 Опишите основные типы литейных дворов доменных цехов.
- 3 В чем заключается расчет потребности оборудования доменных цехов?
- 4 Опишите виды шихтоподач доменных цехов?

## Рекомендуемая литература

1. Авдеев В.А., Друян В.М., Кудрин Б.И. Основы проектирование металлургических заводов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002 – 464 с.
2. Вегман Е.Ф. Краткий справочник доменщика.-М.: Металлургия. 1981. –240 с.
3. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства. / Григорьев В.П., Нечкин Ю.М., Егоров А.В. и др. – М.: МИСиС, 1995. - 512 с.
4. Коробов Н.И. Проектирование металлургических предприятий. – М.: Металлургия 1989. – 164 с.
5. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х т. Т2. / Целиков А.И. , Полухин П.И., Гребник В.М. и др. М.: Металлургия, 1988. – 422 с.
6. Металлургия чугуна. / Под ред. проф. Ю.С. Юсфина. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 774 с.
7. Якушев А.И, Проектирование сталеплавильных и доменных цехов. – М.: Металлургия, 1981. – 216 с.

Братковский Евгений Владимирович

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ И ДОМЕННЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие по дисциплине  
«Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»  
для бакалавров, обучающихся по направлению  
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Подписано в печать 18.11.2015		
Формат 60x90 $\frac{1}{16}$ Рег.№ 75	Печать офсетная Тираж 25 экз.	Уч.-изд.л. 8,0

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал  
462359 Оренбургская обл. г. Новотроицк ул. Фрунзе 8.  
E-mail: [nfmisis@yandex.ru](mailto:nfmisis@yandex.ru)  
Контактный тел. 8(3537) 679729.