

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова»

Р.Н. Савельева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОМЕННЫХ ЦЕХОВ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2011

УДК 669.013.5:001.1

Рецензенты:

Заведующий кафедрой машиноведения
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет»,
профессор, доктор технических наук
В.С.Славин

Начальник доменного отдела
ОАО «Магнитогорский Гипромез»
С.А.Захаров

Савельева Р.Н.

Проектирование доменных цехов: учеб. пособие. – Магнитогорск:
Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им.Г.И.Носова, 2011. – 49 с.
ISBN 978-5-9967-0179-7

В пособии изложены основы технологии проектирования современных доменных цехов, даны их характеристики и принципы компоновки. Представлена методика расчета потребного количества основного технологического оборудования.

Пособие предназначено для студентов специальности 150404 «Металлургический машины и оборудование».

УДК 669.013.5:001.1

ISBN 978-5-9967-0179-7

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И.Носова, 2011
© Савельева Р.Н., 2011

ВВЕДЕНИЕ

Доменные печи выплавляют основное количество первичного металла (более 95%). Доменный процесс – один из немногих промышленных процессов современной цивилизации, сохранивших свою сущность и значимость при всех технических революциях. Традиционная схема получения черных металлов (подготовка сырья – доменное производство – получение стали в конвертерах) является доминирующей в мировой промышленности.

Но, пожалуй, ни одному металлургическому агрегату не предрекали столь скорый конец, как доменной печи. Доменному процессу противопоставлялись различные альтернативные технологии, использующие, главным образом, уголь для получения жидкого металла. Однако жизнь опровергла неаргументированные прогнозы. В мире по-прежнему строят доменные печи, реконструируют и технически переоснащают агрегаты в действующих доменных цехах. Поэтому вопросу проектирования доменных цехов при изучении дисциплины «Технологические линии и комплексы металлургических цехов» уделяется такое же внимание, как и проектированию сталеплавильных и прокатных цехов.

В данном учебном пособии рассмотрены основные направления развития доменного производства, обеспечивающие дальнейший рост общего объема и эффективности выплавки чугуна, увеличение единичной мощности агрегатов, снижение расхода кокса, улучшение условий труда.

Описаны устройства и планировки доменных цехов, дана характеристика их основных участков и отделений. Рассмотрены наиболее распространенные планировки литейных дворов доменных печей.

Приведены существующие технологические схемы получения чугуна, дано их описание с сопоставительным анализом. Представлена методика расчета требуемого количества агрегатов в зависимости от объема производства в проектируемом цехе и потребного количества оборудования, обеспечивающего доставку и загрузку шихтовых материалов, а также уборку продуктов плавки.

Учебное пособие будет весьма полезно для студентов специальности 150404 «Металлургические машины и оборудование» при изучении дисциплины «Технологические линии и комплексы металлургических цехов», при курсовом и дипломном проектировании.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМЕННЫХ ЦЕХОВ

Для доменных цехов характерны большой объем и сложная система грузопотоков. Основными линиями грузопотоков являются:

- грузопотоки шихтовых материалов к бункерной эстакаде с агломерационных фабрик, фабрик окомкования, коксохимического цеха и ряда других источников снабжения за пределами завода;

- грузопотоки материалов от бункерной эстакады к колошниковому загрузочному устройству;

- грузопотоки уборки продуктов плавки – чугуна, шлака, колошниковой пыли;

- уборки коксовой мелочи;

- трубопроводная подача к печам дутья и природного газа и отвод колошниковога газа.

Устройство доменного цеха, характер размещения в нем основных объектов во многом определяются выбранной системой грузопотоков и транспорта.

При разработке проекта доменного цеха должны быть решены следующие основные задачи:

- выбор числа, полезного объема и устройства доменных печей;

- определение потребности и норм запаса основных материалов, обеспечивающих бесперебойную работу цеха;

- выбор схем доставки в цех шихтовых материалов, систем подачи материалов к колошниковому подъему и типа колошниковога подъема, схем уборки продуктов плавки и соответствующего оборудования;

- выбор планировки литейного двора и вспомогательных отделений – ремонта ковшей, разливочных машин и приготовления огнеупорных масс и др.;

- разработка наиболее рациональных грузопотоков и транспортных систем.

Закладываемые в проект решения по конструкции, объему и производительности доменных печей, технологии производства и обслуживающему печи оборудованию должны отвечать последним достижениям науки и техники в этой области.

Вновь сооружаемые доменные печи должны оснащаться конвейерными системами подачи шихтовых материалов к загрузочному устройству печи. Эти системы в наибольшей степени удовлетворяют требованиям непрерывности доменного процесса, проще в управлении и обладают высокой производительностью.

Загрузочные устройства доменных печей бесконусного типа с клапанным газозапираанием позволяют снизить удельный расход

кокса, повысят производительность печей, сократят простои последних и потребность в запасном оборудовании.

Доменные печи должны сооружаться с усовершенствованным профилем печи и с учетом разработок более совершенных конструкций футеровки и систем охлаждения печи.

Следует предусмотреть полную механизацию работ на литейном дворе. Печи объемом 2000 м³ и менее должны иметь по две чугунных летки, печь объемом 2700 м³ – три, печи объемом 3200–5500 м³ – четыре летки. Для забивки чугунной летки наиболее перспективны малогабаритные высоконапорные гидравлические машины, а для вскрытия – небольшие по высоте, что позволяет устанавливать их под площадкой для обслуживания фурменной зоны.

На вновь сооружаемых печах целесообразно предусматривать применение двух–трех взаимозаменяемых кольцевых мостовых кранов, обеспечивающих обслуживание практически всей производственной площади литейного двора и рабочей площадки печи.

Для нагрева дутья до температуры 1300°C рекомендуется конструкция воздухонагревателей с внутренней камерой горения, а для нагрева дутья более 1300°C для доменных печей полезным объемом 2000 м³ и более – с выносной камерой горения.

В линии очистки доменного газа следует применять усовершенствованные агрегаты, включающие газовые турбины, для использования энергии сжатого доменного газа с одновременной утилизацией его тепла.

Технология доменного процесса должна предусматривать использование предварительно подготовленных шихтовых материалов – офлюсованных агломерата и окатышей. Все нужные добавки (известняк, марганцевая руда и др.) желательно вводить в состав шихты при производстве агломерата и окатышей, изготовленных из железорудных концентратов, что должно обеспечить выход шлака не более 350 кг на 1 т чугуна. В последнее время в доменной шихте стали использовать металлизированные материалы. Суть получения этих материалов заключается в следующем. В процессе окускования шихты в виде окатышей или агломерата, или на отдельной стадии после окускования, материал подвергается восстановительной обработке с использованием не дефицитного восстановителя. При этом достигается значительное улучшение технико-экономических показателей доменной плавки, прежде всего производительности печи и расхода кокса.

Технология должна включать следующие методы интенсификации доменного процесса: вдувание природного газа; обогащение дутья кислородом; работу при избыточном давлении над

колошником до 0,25 МПа; вдувание в печь пылеугольного топлива (ПУТ), а также горячих восстановительных газов; автоматизацию процесса загрузки шихты в печь и другие мероприятия, направленные на сокращение продолжительности плавки, уменьшение расхода кокса, повышение качества и снижение себестоимости чугуна.

Режим работы печей предусматривает примерно следующее число выпусков чугуна за сутки: на печах с одной леткой от 8 до 10, на печах с двумя летками 10–14, на печах с тремя-четырьмя летками 15–20.

Основными показателями работы доменной печи являются ее суточная производительность и расход кокса на 1 т чугуна. Эффективность работы печей характеризуется также коэффициентом использования полезного объема (КИПО) – отношением ее полезного объема в кубических метрах к суточной производительности в тоннах либо удельной производительностью – величиной, обратной КИПО. Для современных доменных печей средние значения удельной производительности порядка $1,82 \text{ т/м}^3 \cdot \text{сут}$, удельного расхода кокса – 490 кг.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

2.1. Устройство доменных цехов

Современный доменный цех включает в себя несколько печей, отделение приемных бункеров (бункерную эстакаду или отдельные эстакады для каждой печи), систему подачи шихты к загрузочному устройству (скиповую яму и подъемник с машинным зданием либо наклонный ленточный конвейер), литейный двор, воздухонагреватели с газозооухопроводами, систему газоочистки, отделение разлики чугуна, склад холодного чугуна, воздуходушную станцию доменного дутья, системы придоменной грануляции шлака, а также отделения приготовления огнеупорных масс и ремонта чугуновозных ковшей.

Некоторые доменные цехи имеют склад шихтовых материалов (рудный двор) с вагоноопрокидывателями и перегрузочными кранами, бункерную эстакаду с машинами периодического действия – перегрузочными вагонами и вагон-весами, скиповую систему загрузки материала в печь, литейный двор со стационарными желобами для уборки жидкого чугуна и шлака в ковши (рис. 2.1).

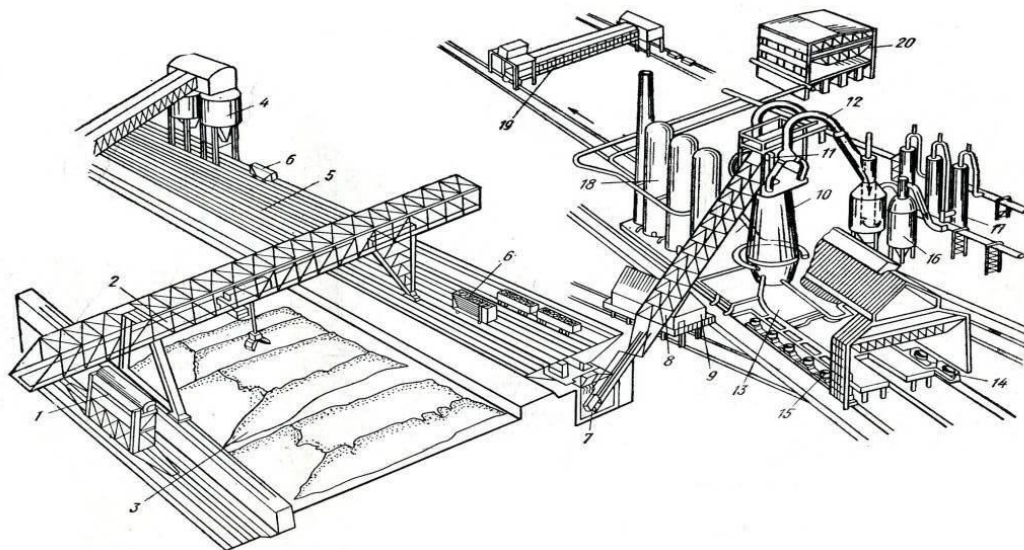


Рис. 2.1. Устройство доменного цеха с рудным двором:

- 1 – вагоноопрокидыватель; 2 – перегрузочный вагон; 3 – штабеля материалов рудного двора;
 4 – бункера коксоподачи; 5 – бункерная эстакада; 6 – перегрузочные вагоны (рудный и коксовый);
 7 – скиповая яма; 8 – скиповый подъемник; 9 – машинное здание; 10 – доменная печь;
 11 – колошниковое устройство; 12 – газоотводы; 13 – литейный двор; 14 – чугуновозы; 15 – шлаковозы;
 16 – пылеуловители; 17 – агрегаты тонкой очистки газа; 18 – воздухонагреватели; 19 – разливочная машина; 20 – воздуходувная станция

На ряде металлургических предприятий склады шихтовых материалов расположены вне доменного цеха. Рудосодержащие компоненты шихты поступают с окомковательной фабрики в перегрузочных вагонах на бункерную эстакаду цеха и затем с помощью конвейеров подаются к скиповому подъемнику печи, а кокс с коксохимического предприятия ленточным конвейером непосредственно загружается в коксовые бункера эстакады и далее в скипы. Литейный двор доменного цеха оснащают подвижными желобами для слива чугуна и шлака в ковши или агрегатами придоменной грануляции шлака.

Новые доменные цехи с печами большого объема (5000–5500 м³) строят с конвейерной системой шихтоподачи (рис. 2.2). Все компоненты шихты от отделения приемных бункеров подают ленточными конвейерами непосредственно к загрузочному устройству печи.

Рудный двор (склад) в доменных цехах предназначен для приемки сырых материалов, хранения требуемого их запаса, усреднения, последующей подачи их на бункерную эстакаду и затем в печь. Так подают материалы в печь, когда основу шихты доменных печей составляет железная руда. Сейчас большинство доменных печей работает на окучкованном сырье и с рудного двора в печи поступает незначительное количество материалов, а рудные дворы используют как склады сырья для фабрик окучкования.

Материалы на рудном дворе хранятся в штабелях, емкость которых рассчитывается исходя из производительности доменного цеха, месторасположения металлургического завода по отношению к источникам сырья.

Основное оборудование старых рудных дворов – вагоноопрокидыватели, грейферные перегрузочные краны, перегрузочные вагоны. Так как в последние годы к усреднению материалов предъявляются все более высокие требования, то новые типы рудных дворов оснащены штабелеукладчиками, усреднителями (заборщиками) шихты, подающими и отводящими ленточными конвейерами. Некоторые новые механизированные дворы снабжены роторными экскаваторами, самоходными скреперами, бульдозерами и т.д. Эти рудные дворы характеризуются высокой производительностью обслуживаемого оборудования и меньшими капитальными затратами, чем дворы с перегрузочными кранами.

Бункерная эстакада предназначена для хранения у печи требуемого оперативного запаса материалов, их приемки, а также механизации набора и непрерывной подачи на колошник доменной печи.

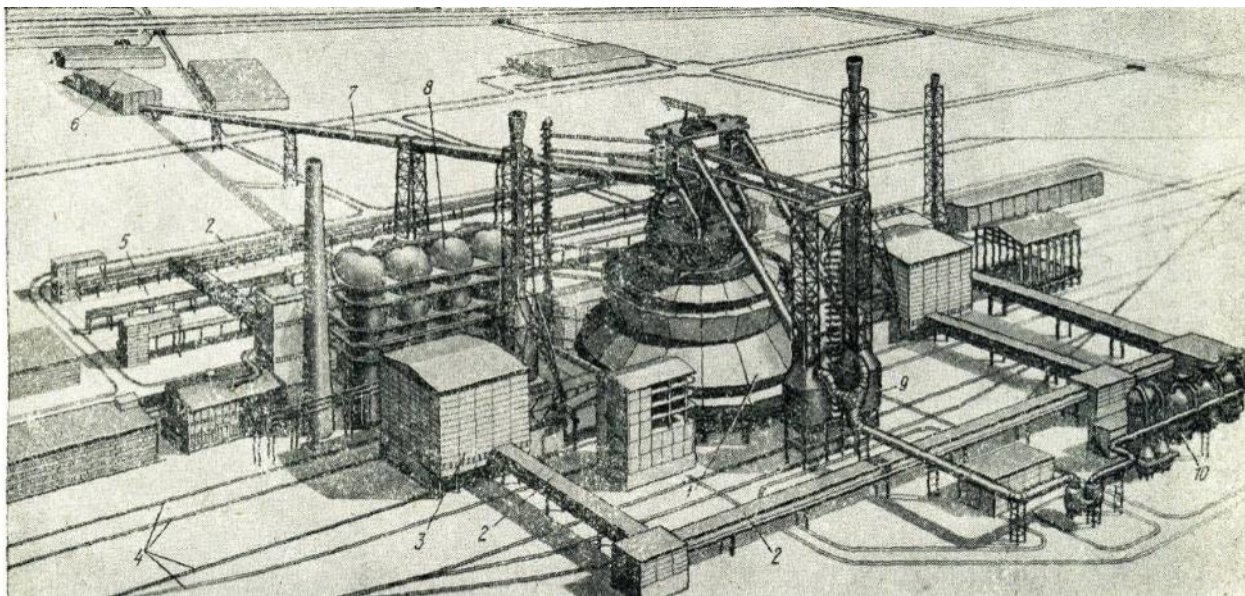


Рис. 2.2. Устройство доменного цеха с конвейерной подачей шихты на колошник печи:
 1 – круглый литейный двор; 2 – конвейерный тракт; 3 – установки внепечной грануляции шлака;
 4 – чугуновозные уборочные пути; 5 – склад гранулированного шлака; 6 – бункерная эстакада;
 7 – конвейерный колошниковый подъем; 8 – блок воздушонагревателей; 9 – сухие пылеуловители;
 10 – аппараты тонкой очистки доменного газа

В строившихся до недавнего времени доменных цехах с печами, оборудованными скиповыми подъемниками, сооружали общую бункерную эстакаду, которая располагалась вблизи печей со стороны скиповых подъемников. Бункера в такой эстакаде расположены вдоль фронта доменных печей в два ряда (18–32 бункера на одну печь). Подача материалов в бункера осуществлялась железнодорожным транспортом. Высота эстакады не превышала 10–12 м. Коксовые бункера располагались над скиповой ямой с тем, чтобы уменьшить число перегрузок кокса, при которых он измельчается в связи с малой прочностью.

Число бункеров зависит от производительности доменных печей, удельных норм расхода материалов и их запаса. В строившихся ранее цехах при доставке рудных материалов железнодорожным транспортом емкость рудных бункеров рассчитывалась на хранение 20–24-часового запаса материалов, емкость коксовых бункеров – на хранение 6-часового запаса. При конвейерной подаче с близко расположенных фабрик окускования норма запаса уменьшается и составляет 8–12 часов для агломерата и окатышей и 5–8 часов – для кокса. В этом случае высота бункеров может быть значительно увеличена, а их число сокращено.

Для доменных цехов и печей с конвейерным колошниковым подъемом вместо общей бункерной эстакады обычно сооружают отдельные, на одну-две печи, бункерные эстакады, которые в связи с большой длиной конвейера подачи шихты на колошник располагают на значительном расстоянии от печи.

Материалы на бункерные эстакады подают конвейерным или рельсовым транспортом (перегрузочные вагоны; специализированные железнодорожные вагоны-окатышевозы, коксовозы).

Подача шихты на колошник доменной печи к ее загрузочному устройству осуществляется двумя способами – скиповым (рис. 2.3) и конвейерным (рис. 2.4). В первом случае все материалы подаются скипами из скиповой ямы бункерной эстакады, а во втором – конвейерами из шихтовых бункеров, расположенных вдали от доменной печи.

Главные факторы, обусловившие использование конвейеров для загрузки доменных печей большого объема, – значительное увеличение производительности печей, при котором скиповые подъемники не могли обеспечить требуемый темп загрузки, и применение хорошо подготовленной шихты. При конвейерной подаче материалов упрощаются обслуживание и ремонт оборудования, исключаются значительные динамические нагрузки на несущие стальные конструкции, снижается стоимость строительства из-за

отсутствия скиповой ямы и появляется возможность раздельного строительства доменной печи и системы загрузки шихты.

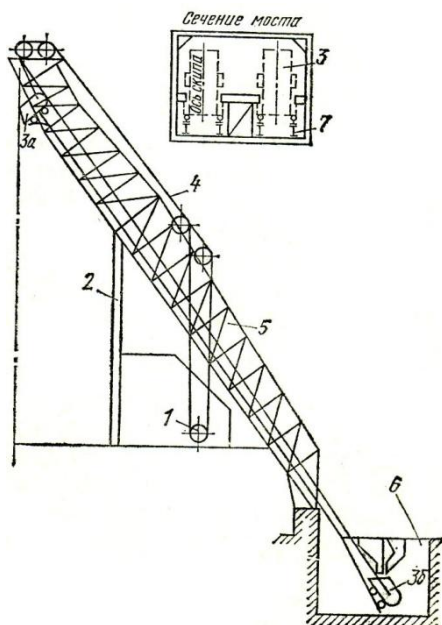


Рис. 2.3. Скиповый подъемник доменной печи:
1 – скиповая лебедка; 2 – колонна; 3а и 3б – скипы;
4 – система канатов; 5 – наклонный мост; 6 – скиповая
яма

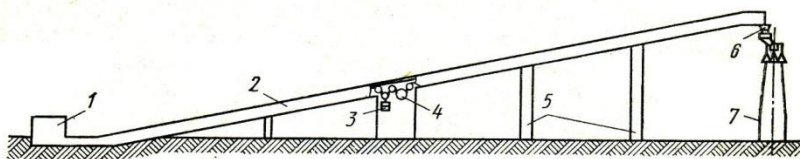


Рис. 2.4. Конвейерный колошниковый подъемник:
1 – бункерная эстакада; 2 – галерея ленточного конвейера;
3 – контргруз для натяжения ленты; 4 – натяжной вал;
5 – опоры; 6 – засыпной аппарат; 7 – доменная печь

Конвейерная подача шихты на колошник лучше приспособлена для комплексной автоматизации доменной печи. Увеличивается производственная площадь вокруг доменной печи для уборки жидких продуктов плавки, в том числе размещения установок при-домоной грануляции шлака.

Литейный двор предназначен для уборки жидкого чугуна и шлака при их выпуске из печи. На производительность современных доменных печей весьма влияет своевременность уборки продуктов плавки – чугуна и шлака.

Для приема жидкого чугуна и его транспортировки применяют открытые грушевидные ковши емкостью до 140 т и ковши миксерного типа (передвижные миксеры) вместимостью до 600 т. В миксерных ковшах чугун транспортируют в отделение перелива сталеплавильных цехов, а в открытых ковшах – в миксерное отделение сталеплавильного цеха или на разливочные машины доменного цеха.

Значительный рост производительности доменных печей потребовал дальнейшего увеличения емкости еще довольно широко распространенных открытых грушевидных ковшей, что оказалось практически невозможным. Этим требованиям отвечают чугуновозы с закрытым ковшом миксерного типа. Кроме того их применение позволяет уменьшить протяженность желобов на литейном дворе и сократить число переливов чугуна, что значительно снизит тепловые потери. Поэтому чугуновозы с ковшом миксерного типа наиболее перспективны.

Уборка шлака в ковшах емкостью 11–16,5 м³ является серьезным препятствием увеличения полезного объема доменных печей и роста производства чугуна. Поэтому уборку и переработку шлака следует предусматривать на установках придомоной грануляции шлака с получением строительного материала – гранулированного шлака.

Схема установки для грануляции шлака у доменных печей объемом 3200 и 5000 м³ представлена на рис. 2.5.

Жидкий шлак из доменной печи по желобу стекает в гранулятор, где под механическим воздействием струй воды раздробляется на гранулы. Смесь пара, воды и гранул поступает в бункер-отстойник, заполненный водой. Решетка предотвращает попадание крупных предметов. При погружении в воду частицы шлака охлаждаются и затвердевают, а образовавшийся пар выбрасывается в атмосферу через трубу. Из бункера шлаководяную пульпу подают с помощью эрлифта в сепаратор, а из него она сливается по трубе в обезвоживатель карусельного типа, выполненный в виде кольца, разделенный на отсеки. В каждом отсеке установлены

сменные коробки. При вращении обезвоживателя каждый его отсек заполняется пульпой, стекающей из сепаратора. Через отверстия в днищах отсеков вода стекает в водосборник, а оттуда в бункер-отстойник. Выгруженный из обезвоживателя гранулированный шлак высыпается в бункер сушки, где его продувают поступающим снизу воздухом. Из этого бункера гранулы попадают на конвейер и далее на склад. Сливающаяся из бункера-отстойника вода после осветления насосом подается в гранулятор на очередной цикл грануляции.

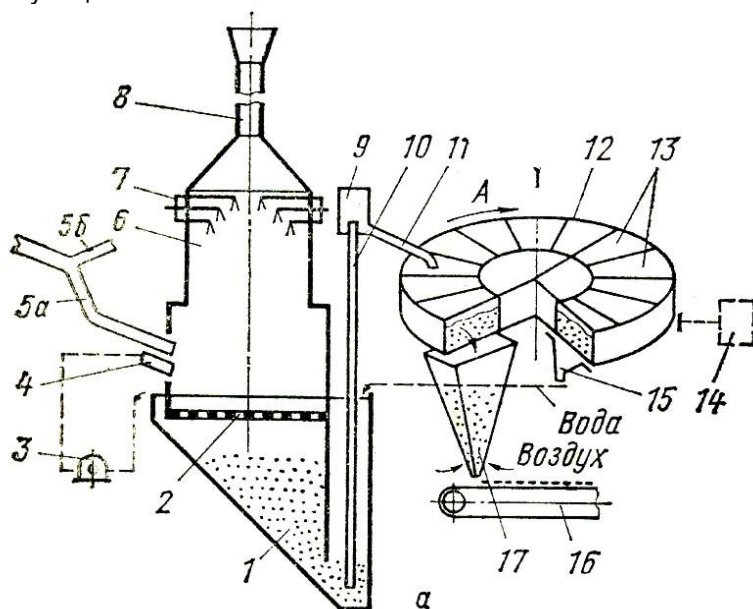


Рис. 2.5. Схема установки придоменной грануляции шлака:
 1 – бункер-отстойник; 2 – решетка; 3 – насос; 4 – гранулятор;
 5 – желоб; 6 – скруббер; 7 – форсунки; 8 – вытяжная труба;
 9 – сепаратор; 10 – эрлифт; 11 – сливная труба;
 12 – обезвоживатель; 13 – сменные коробки; 14 – привод
 обезвоживателя; 15 – водосборник; 16 – конвейер;
 17 – бункер сушки

Воздухонагреватели – это объединенные в блок мощные аппараты для нагрева воздуха, в которые холодный воздух нагнетают воздуходувными машинами. Количество нагревателей в блоке должно быть не менее четырех, причем три в работе, а один в ремонте.

На современных доменных печах сооружают воздухонагреватели с встроенными и выносными камерами горения, причем последние имеют существенные преимущества, значительно повышающие срок их службы и экономичность: при одинаковых габаритах значительно возрастают объем и поверхность насадок, повышается надежность работы из-за отсутствия внутри воздухонагревателя высокотемпературной камеры горения.

В состав комплекса блока воздухонагревателей, помимо воздухонагревателей, входят:

- нагревательный тракт для подачи газа и воздуха в камеру горения и отвода продуктов горения (этот тракт связывает камеру горения с газовой сетью завода);

- тракт холодного дутья, состоящий из системы воздухопроводов с клапанами, который связывает воздуходувные машины с воздухонагревателями и трактом горячего дутья;

- тракт горячего дутья, который представляет систему воздухопроводов с оборудованием, связывающую доменную печь с воздухонагревателями.

Система газоочистки для каждой доменной печи индивидуальная и обычно включает несколько последовательно установленных газоочистных аппаратов. Перевод доменных печей на работу с повышенным давлением газа на колошнике, уменьшение в связи с этим скорости отвода газа, обогащение кислородом воздушного дутья, замена в шихте железной руды агломератом и окатышами привели к значительному снижению запыленности доменного газа и уменьшению размеров частиц пыли. В этих условиях запыленность доменного газа на выходе из печи колеблется в пределах $5\text{--}20 \text{ г/м}^3$ в зависимости от давления под колошником. Так как доменный газ широко используется на металлургических заводах в качестве топлива, допустимая величина содержания пыли в очищенном газе не должна превышать $4\text{--}5 \text{ мг/м}^3$.

Большая часть печей оборудована системой очистки газов, показанной на рис. 2.6.

От колошника 2 доменной печи 1 газы по наклонному газоходу 3 отводятся в систему газоочистки. В сухом пылеуловителе 4 инерционного или центробежного типа доменный газ очищается от крупной пыли до конечного содержания пыли $5\text{--}10 \text{ г/м}^3$. Из бункера пылеуловителя пыль удаляется периодически в железнодорожные вагоны.

Далее газ поступает в полный форсуночный скруббер 5, где частицы пыли захватываются подаваемой через форсунки водой и осаждаются в нижней части скруббера в виде шлама. Газ здесь охлаждается до температуры $35\text{--}40^\circ\text{C}$, а запыленность его после скруббера составляет $2\text{--}4 \text{ г/м}^3$ и меньше.

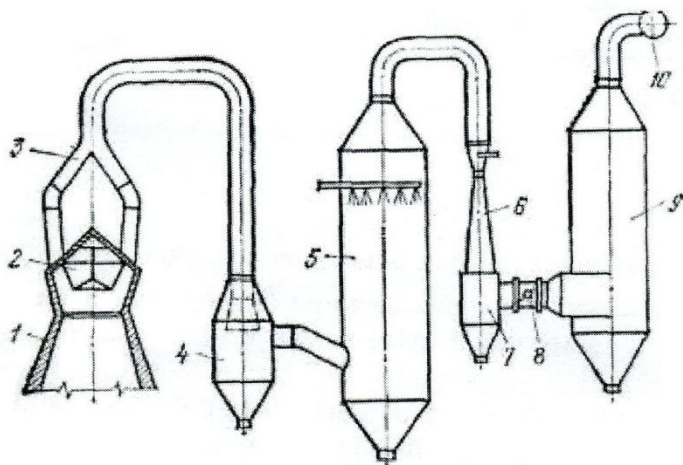


Рис. 2.6. Схема системы отвода и очистки доменного газа

Окончательная очистка доменного газа осуществляется в скоростном пылеуловителе с трубами Вентури 6. В трубе или трубах Вентури (в зависимости от объема доменной печи) происходит укрупнение мелкодисперсной пыли. Наиболее крупная пыль и капли жидкости удаляются из газа в инерционном пыле- и каплеуловителе 7, а затем очистка газа от пыли до требуемого конечного содержания осуществляется в центробежном скруббере 9. Очищенный газ отводится в коллектор чистого газа 10 и оттуда потребителям. Для повышения давления газа в доменной печи перед центробежным скруббером установлена дроссельная группа 8. Она же одновременно обеспечивает очистку газа, работая по тому же принципу, что и труба Вентури.

Вновь сооружаемые доменные печи, а также печи многих существующих цехов, с целью экономии энергоресурсов оборудуют газовыми утилизационными бескомпрессорными турбинами (ГУБТ), предназначенными для выработки электроэнергии за счет использования энергии повышенного давления доменного газа.

При работе с ГУБТ рекомендуются следующие схемы очистки доменного газа:

- сухой инерционный пылеуловитель, полный форсуночный скруббер, блок их пяти-семи труб Вентури, центробежные скрубберы (каплеуловители);
- сухой инерционный пылеуловитель, испарительный скруббер, сухие электрофилтры.

При очистке по первой схеме газ будет охлаждаться до 40–50°C и перед турбиной его придется подогревать, так как по техническим условиям ГУБТ температура поступающего в них доменного газа должна быть 100–200°C. При очистке по второй схеме газ будет охлаждаться до 100–120°C и поступать в ГУБТ с требуемой температурой.

Отделение разливки чугуна располагается обычно в одном из торцов доменного цеха. В отделении находятся разливочные машины (обычно одна или две), размещенные в наклонных галереях, и оборудование для подачи чугуновозов к машинам, кантования ковшей для слива жидкого чугуна в движущиеся мульды машины, охлаждения жидкого чугуна и погрузки чушек на железнодорожные платформы. На машинах разливают весь выплавляемый в доменных печах литейный чугун и частично передельный.

В состав разливочного отделения входят также участок для приготовления известкового раствора, пролет для уборки скрапа и мусора и вспомогательные помещения. Ремонтные и уборочные работы в отделении выполняют с помощью мостового крана.

Чугун в доменных цехах разливают на машинах конвейерного типа. По числу лент различают два типа машин: одноленточные и двухленточные. В современных доменных цехах большой производительности применяют двухленточные машины.

2.2. Планировка доменных цехов

Основным требованием, предъявляемым к планам доменных цехов, является рациональное расположение всех основных сооружений, агрегатов, машин, устройств и транспортных путей, обеспечивающих нормальную работу цеха.

Существующие доменные цехи характеризуются многообразием отдельных проектных решений. Помимо различий в устройстве, производительности и числе доменных печей, цехи различаются устройством литейного двора и организацией выпуска чугуна в чугуновозные ковши и шлака – в шлаковозные; системами подачи материалов к колошниковому подъему (вагон-весами, конвейерами, через центральные бункера); устройством и расположением бункерных эстакад; системой шлакоуборки (ковшовая и бесковшовая) и др. В целом можно выделить три разновидности планировки доменных цехов: с блочным расположением печей; с островным расположением печей и скиповым подъемом материалов на колошник; с островным расположением печей и конвейерной подачей материалов на колошник.

Цехи с блочным расположением печей имеют ряд расположенных в одну линию доменных печей, оборудованных скиповым колошниковым подъемом; общую, расположенную рядом с печами вдоль их фронта, бункерную эстакаду; ряд идущих вдоль линии печей железнодорожных путей для уборки чугуна, шлака и колошниковой пыли. Характерной особенностью цеха является то, что печи объединены в блоки.

В первых строившихся цехах с блочным расположением печей железнодорожные пути для уборки продуктов плавки располагались с одной стороны от печей, что предопределяло низкую пропускную способность путей. В дальнейшем по мере увеличения объема печей и их производительности для повышения пропускной способности уборочных путей, железнодорожные пути для уборки чугуна стали располагать по одну сторону от печей и литейных дворов, а пути для уборки шлака – по другую.

Одна из разновидностей планировки подобного цеха с блочным расположением печей показана на рис. 2.7.

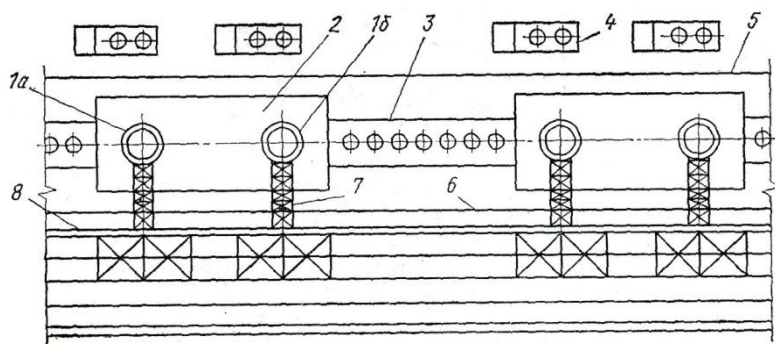


Рис. 2.7. План доменного цеха с блочным расположением печей

При такой планировке две доменные печи 1а и 1б объединяли в один блок с общим литейным двором 2. Основные железнодорожные пути 5 и 6 для уборки жидких продуктов плавки расположены параллельно общей оси доменных печей, литейных дворов и воздухонагревателей 3. Газоочистные устройства 4 располагали со стороны, противоположной скиповому подъемнику 7 и бункерной эстакаде 8.

При блочном расположении доменных печей достигается компактность цеха, но общий литейный двор затрудняет обслуживание чугунных и шлаковых леток. При этом отсутствует в пределах цеха связь между путями 5 и 6.

Для устранения отмеченных недостатков был разработан типовой проект доменного цеха с островным расположением печей.

Цехи с островным расположением печей и скиповым подъемником представляют большую часть доменных цехов отечественных металлургических заводов. План одной их разновидностей подобных доменных цехов представлен на рис. 2.8.

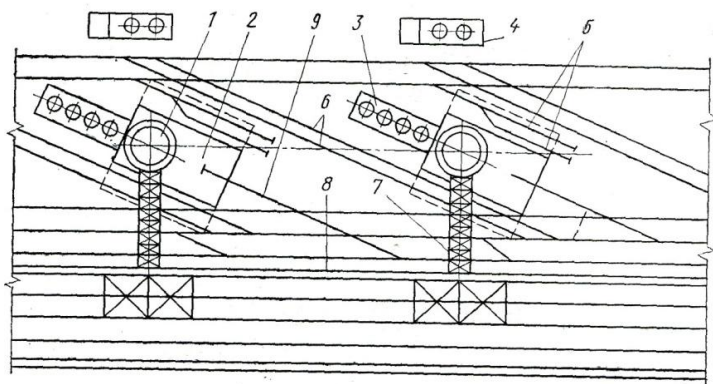


Рис. 2.8. План доменного цеха с островным расположением печей со скиповыми колошниковыми подъемами

При такой планировке железнодорожные пути, расположенные с двух сторон доменных печей, соединены между собой, имеются тупиковые пути для установки чугуновозов и шлаковозов и хозяйственный путь 9 для обслуживания литейных дворов 2. Все это создает хорошие условия для работы железнодорожного транспорта, обслуживания доменных печей в процессе эксплуатации при ремонтах, обеспечивает независимую работу каждой доменной печи.

Характерной особенностью такой планировки является расположение доменных печей 1 по одной оси, а блок воздушонагревателей 3, литейных дворов 2 и погрузочных путей для чугуновозов 5 и шлаковозов 6 каждой печи – под углом к этой оси. Газоочистные устройства 4, как и при блочном расположении, находятся со стороны, противоположной скиповому подъемнику 7 и бункерной эстакаде 8.

В последние годы планировка доменных цехов и организация в них грузопотоков совершенствовались и претерпели заметные изменения. К числу решений, наиболее существенно повлиявших на планировку, число и тип входящих в состав цеха объектов и транспортных систем, можно отнести:

- увеличение рабочего объема печей до 5500 м^3 и соответственно их производительности;
- применение предварительно подготовленного сырья;
- применение конвейерной подачи материалов к колошниковому подъему;
- увеличение числа чугунных леток, отказ от выпуска шлака через шлаковые летки на больших печах;
- устройство круглых литейных дворов;
- применение бесковшовой уборки шлака (припечной грануляции).

Современные цехи с высокопроизводительными печами большого объема строятся **с островным расположением и конвейерным колошниковым подъемом** (рис. 2.9).

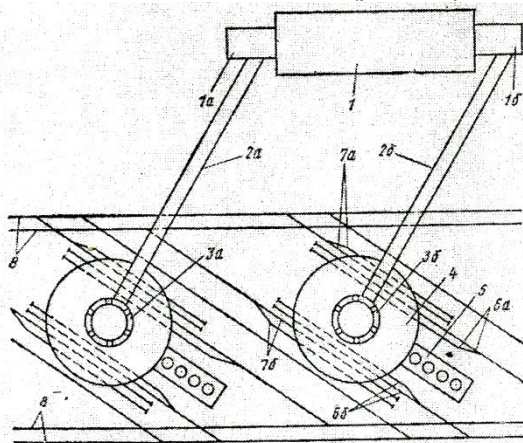


Рис. 2.9. План доменного цеха с островным расположением печей и конвейерным колошниковым подъемом

При такой планировке шихту из бункеров 1 к печам 3а и 3б подают конвейерами, расположенными в наклонных галереях 2а и 2б, из загрузочных отделений 1а и 1б. Литейный двор 4 выполнен круглым. Тупиковые пути для чугуновозов 6а и 6б и для шлаковозов 7а и 7б располагают с двух сторон, а блоки воздухонагревателей 5 – под углом к оси доменных печей.

Данная планировка позволяет применить и бесковшовую уборку шлака (припечную грануляцию). В этом случае доменная печь оборудуется установками припечной грануляции. Такие планировки имеют доменная печь №6 объемом 3200 м^3 Новолипецкого металлургического комбината и №5 объемом 5580 м^3 Череповецкого металлургического комбината.

План **цеха с островным расположением печей, конвейерным колошниковым подъемом и бесковшовой уборкой шлака** представлен на рис. 2.10.

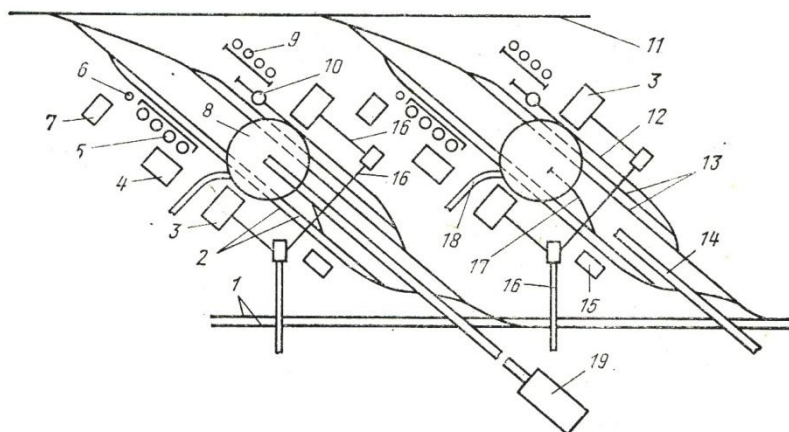


Рис. 2.10. План доменного цеха с конвейерным колошниковым подъемом и бесковшовой уборкой шлака

Доменные печи оборудованы круглыми литейными дворами 8. С противоположных сторон каждого литейного двора проложены железнодорожные пути 2 и 13 для уборки чугуна, имеющие выезды на пути 1 и 11. Под пылеуловителями 10 проложены железнодорожные пути 12 для уборки колошниковой пыли. Вблизи от пылеуловителей размещены газоочистные устройства 9. Транспортные пути 17 и 18 служат для подвоза вспомогательных материалов и оборудования на площадку литейного двора.

Блок воздухонагревателей 5 с дымовой трубой 6 размещен с наружной стороны чугуновозных уборочных путей. Рядом расположена станция 7 подачи воздуха в камеры горения воздухонагревателей и здание 4 управления печью. Печи имеют отдельную бункерную эстакаду 16, расположенную вдоль конвейерного тракта колошниковой подъема 14.

Каждая доменная печь оборудована двумя установками 3 припечной грануляции, сжатый воздух для которых подают от воздуходувной станции 15. Гранулированный шлак от припечных установок транспортируют на склад по конвейерным галереям 16.

2.3. Планировка литейных дворов

Литейный двор представляет собой примыкающее к доменной печи здание с рабочей площадкой, расположенной несколько ниже уровня леток и предназначенной для размещения желобов, по которым чугун направляется из доменной печи в ковши чугуновозов, а шлак – в ковши шлаковозов либо непосредственно к агрегатам припечной грануляции.

Конфигурация литейного двора определяется количеством и расположением чугунных и шлаковых леток, типом, количеством и расположением мостовых кранов для обслуживания литейного двора. Существуют литейные дворы прямоугольной формы с односторонним и двусторонним расположением чугунных леток и круглой формы. До 60-х годов литейные дворы оснащали только стационарными желобами. В дальнейшем, с созданием и развитием способа одноноскового выпуска чугуна и шлака, литейные дворы стали оборудовать подвижными желобами поворотного или качающегося типа в сочетании со стационарными желобами уменьшенной протяженности.

Литейный двор прямоугольной формы со стационарными желобами, по которым чугун и шлак из печи поступают в ковши чугуновозов и шлаковозов, установленных на железнодорожных путях под сливными носками желобов, представлен на рис. 2.11.

К летке для выпуска чугуна примыкает главный желоб, который разветвляется на систему желобов, подающих чугун в ковши чугуновозов, устанавливаемых на железнодорожных путях под сливными носками желобов. В главном желобе происходит отделение шлака, выходящего из чугунной летки вместе с чугуном. Начинающиеся от шлаковых леток шлаковые желоба направлены в противоположную сторону литейного двора и обеспечивают подачу жидкого шлака в ковши шлаковозов, устанавливаемых под сливными носками желобов. Расстояние между сливными носками равно длине чугуновоза или шлаковоза. Желоба оборудованы отсечными устройствами, с помощью которых потоки чугуна и шлака направляются к носкам желобов для слива в ковши.

Доменные печи полезным объемом до 2000 м³ имеют, как правило, одну чугунную, две шлаковые летки и литейные дворы со стационарными желобами. С повышением объема и производительности печей количество чугуна и шлака, проходящего по желобам, увеличилось, время между выпусками продуктов плавки сократилось, а трудоемкость работ по обслуживанию желобов возросла. Вместе с тем увеличились размеры литейного двора и общая протяженность желобов, что повлекло за собой повышение

потерь чугуна в виде скрапа, остающегося в желобах после выпуска. В связи с этим все более широко начал внедряться способ механизированного одноноскового выпуска продуктов плавки в ковши, впервые предложенный и опробованный на Магнитогорском металлургическом комбинате.

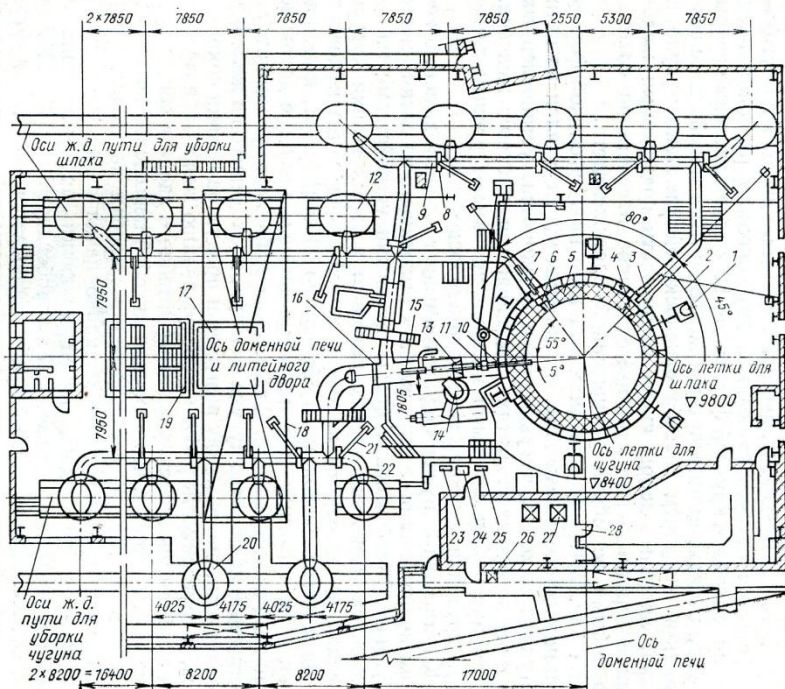


Рис. 2.11. План литейного двора прямоугольной формы со стационарными желобами:

- 1 – колонна шахты печи; 2 – монорельс для смены воздушных фурм; 3 и 7 – шлаковые стопоры; 4 и 6 – шлаковые летки;
- 5 – доменная печь; 8 – отсечное устройство для шлака; 9 – желоб для шлака; 10 – чугунная летка; 11 – пневматический молоток;
- 12 – шлаковоз; 13 – сверлильная машина; 14 – электропушка;
- 15 – устройство для сушки главного желоба; 16 – главный желоб для чугуна; 17 – закром для песка; 18 – мостовой кран;
- 19 – контейнеры с леточной массой; 20 – чугуновоз; 21 – отсечное устройство для чугуна; 22 – желоб для чугуна; 23 – 25 – пульта управления; 26 – лебедка атмосферного клапана пылеуловителя;
- 27 – лебедка атмосферного клапана доменной печи; 28 – пульт управления доменной печью

Сущность этого способа заключается в том, что чугун или шлак разливают в ковши посредством подвижного желоба (поворотного или качающегося типов), расположенного под носком стационарного желоба. Подвижный желоб может поочередно направлять струю чугуна (или шлака) в ковши, находящиеся на двух смежных железнодорожных путях.

План литейного двора прямоугольной формы с поворотными желобами представлен на рис. 2.12. К началу выпуска первый ковш состава чугуновозов (или шлаковозов), находящегося на ближайшем к печи пути, располагают под носком стационарного желоба. Выходящий из печи чугун (шлак) попадает в этот ковш. Поворотный желоб в период наполнения первого ковша отведен в сторону. После окончания наполнения этого ковша желоб поворачивают (в горизонтальной плоскости), в результате чего струю чугуна (шлака) направляют в ковш, находящийся на втором пути против носка поворотного желоба. В это время первый состав передвигают с помощью лебедки или толкателя и устанавливают второй ковш под носком стационарного желоба. Затем отводят в сторону от стационарного носка и операции повторяют в указанном порядке до окончания выпуска чугуна (шлака).

План литейного двора круглый формы с качающимися желобами представлен на рис. 2.13. При разливке через качающейся желоб с двумя носками чугун посредством стационарного желоба направляется в среднюю углубленную часть качающегося желоба, а затем сливается в зависимости от наклона желоба в ковш, стоящий на первом или втором пути.

Выпуск чугуна в миксерные ковши легко обеспечивается без поворотных и качающихся желобов, так как в связи с большой емкостью подобного ковша 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. Вначале чугун сливают через один носок и в случае заполнения миксерного ковша поднимают отсечное устройство, и чугун начинает поступать через второй носок в другой ковш, стоящий на смежном пути.

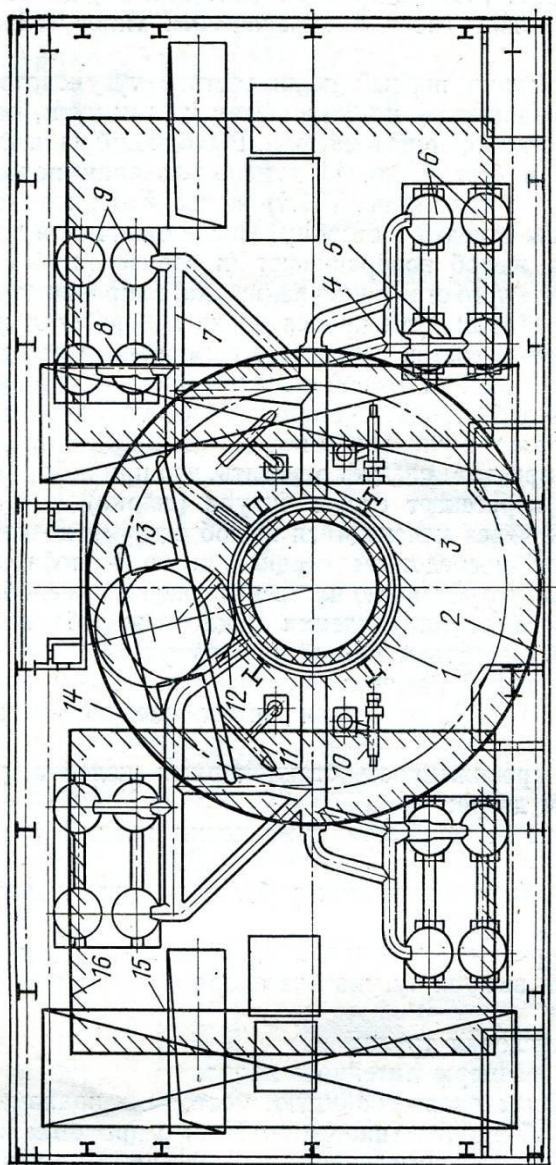


Рис. 2.12. План литейного двора прямоугольной формы с поворотными желобами :

- 1 — доменная печь; 2 — здание литейного двора; 3 — главный желоб; 4 — стационарный желоб для чугуна; 5 — поворотный желоб для чугуна; 6 — чугуновозы; 7 — стационарный желоб для шлака; 8 — поворотный желоб для шлака; 9 — шлаковозы; 10 — пушка для забивки чугунной летки; 11 — машина для вскрытия чугунной летки; 12 — шлаковый столор; 13 — радиально-хордовый кран; 14 — граница зоны действия хордового крана; 15 — мостовой кран; 16 — граница зоны действия мостового крана

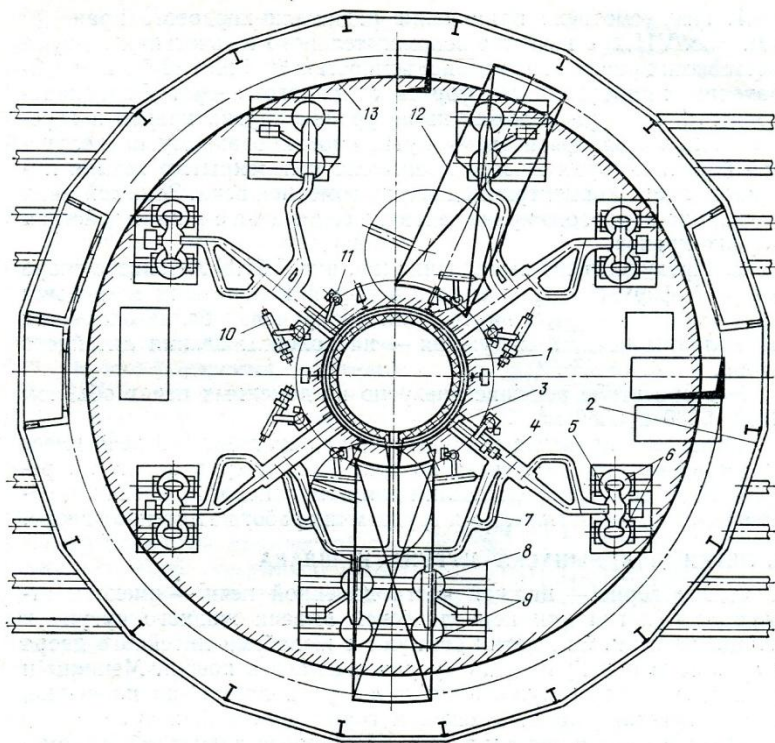


Рис. 2.13. План литейного цеха с качающимися желобами:
 1 – доменная печь; 2 – здание литейного двора; 3 – главный желоб; 4 – стационарный желоб для чугуна; 5 – качающийся желоб для чугуна; 6 – чугуновозы; 7 – стационарный желоб для шлака; 8 – качающийся желоб для шлака; 9 – шлаковозы; 10 – электропущка; 11 – сверильная машина; 12 – кольцевой кран; 13 – граница зоны действия кольцевого крана

При проектировании современных доменных цехов с печами большого объема рекомендуются круглые литейные дворы, оборудованные качающимися желобами. Круглая форма двора обеспечивает наилучшие условия для обслуживания печи, механизации работ с помощью мостового крана (кольцевого) и для размещения желобов, в том числе предназначенных для отвода шлака к установкам припечной грануляции.

2.4. Технологические схемы доменного производства и их характеристики

При выборе технологической схемы работы доменного цеха производится критический анализ различных существующих решений и выбирается вариант, наиболее подходящий к условиям проектируемого цеха.

Рассмотрим две наиболее распространенные в настоящее время технологические схемы – со скиповой и конвейерной подачи шихтовых материалов на колошник доменной печи.

По первой схеме (**со скиповой подачей материалов на колошник**) работает большая часть доменных цехов отечественных металлургических заводов (рис. 2.14).

Материалы в вагонах поступают на рудный двор, где с помощью вагоноопрокидывателя разгружаются в траншею. Из траншеи материал забирают грейферной тележкой перегрузочного крана, которая перегружает материал в штабеля путем послойной его укладки с целью усреднения. Из штабелей материал передают грейфером в рудный перегрузочный вагон, который транспортирует их на бункерную эстакаду, где разгружает в бункера.

Агломерат с аглофабрики подают в бункера бункерной эстакады в вагонах или конвейером.

Кокс из силоса передают коксовым передаточным вагоном или конвейером с разгрузочной тележкой в коксовые бункера, расположенные непосредственно у скиповой ямы.

Затворами бункеров служат грохоты, которые отсеивают мелочь, а крупную фракцию выдают на конвейер. Каждая доменная печь имеет два конвейера, расположенные симметрично относительно оси подъемника. Для направления материала из конвейера в любую из двух весовых воронок служит подвижный лоток. Из весовых воронок, имеющих емкость скипа, материалы выдают в скип.

Из бункера с коксом, под которым расположен грохот, крупный кокс поступает в весовую воронку и затем в соответствии с программой загрузки доменной печи в скип.

На колошник доменной печи все шихтовые материалы подают скиповым подъемником. Из скипа материал выгружается в приемную воронку загрузочного устройства.

До недавнего времени большинство отечественных доменных печей были оснащены двухконусными загрузочными устройствами. Однако в последние годы созданы загрузочные устройства, улучшающие распределение шихтовых материалов при загрузке в

доменную печь, с повышенной стойкостью их основных элементов, работающих при повышенном давлении газа под колошником: бесконусные с вращающимся лотком, двухконусные клапанного, в сочетании с подвижными плитами колошника. Наиболее перспективно бесконусное загрузочное устройство.

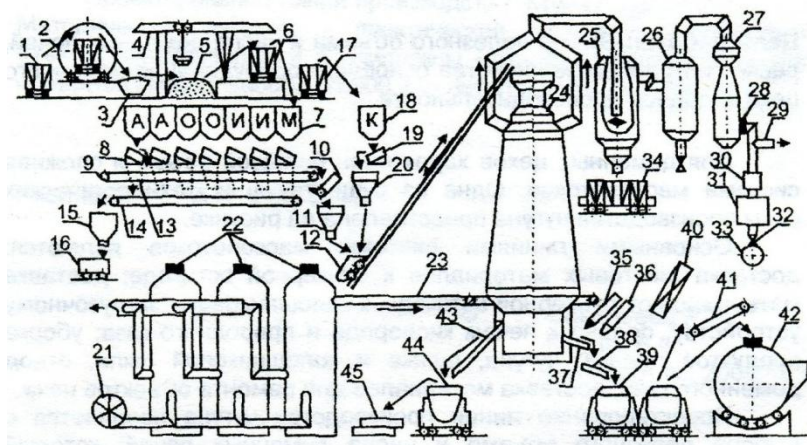


Рис. 2.14. Технологическая схема производства чугуна с конвейерной подачей к скиповому подъемнику:

- 1 – вагон; 2 – вагоноопрокидыватель; 3 – приемная траншея;
- 4 – перегрузочный кран; 5 – штабель; 6, 17 – перегрузочный вагон; 7 – бункеры эстакады; 8, 19 – грохот-питатель;
- 9, 14 – конвейер; 10 – перекидной лоток; 11, 20 – весовая воронка;
- 12 – скип; 13 – воронка; 15 – бункер мелочи; 16 – тележка;
- 18 – бункер для кокса; 21 – воздуходувная машина;
- 22 – воздухонагреватель; 23 – трубопровод дутья; 24 – доменная печь; 25 – пылеуловитель; 26 – скруббер; 27 – трубы Вентури;
- 28, 32 – задвижка; 29 – наполняющий межконусное пространство газопровод; 30 – дроссельное устройство; 31 – водоотделитель;
- 33 – коллектор газовой сети завода; 34 – вагон для колошниковой пыли; 35 – сверлильная машина; 36 – электропущка;
- 37 – стационарный желоб для чугуна; 38 – качающийся желоб;
- 39 – чугуновоз; 40 – кран литейного двора; 41 – разливочная машина; 42 – миксер; 43 – желоб для слива шлака; 44 – шлаковоз;
- 45 – установка для грануляции шлака

Воздушное дутье после предварительного нагрева в воздухонагревателях подают в доменную печь через кольцевой воздухопровод, а природный газ через фурменные приборы, расположенные по окружности печи.

Чугун из доменной печи выпускают через чугунную летку. Для ее вскрытия служит сверлильная машина, а для забивки – пушка. Направляют чугун в ковши чугуновозов посредством подвижного желоба (поворотного или качающегося), расположенного под носком стационарного желоба. Жидкий чугун в ковшах подают в сталеплавильные цехи (на данной схеме в миксерное отделение сталеплавильного цеха) или в разливочное отделение доменного цеха к разливочной машине для получения твердого чушкового чугуна.

Шлак из шлаковой летки по желобам (стационарному и подвижному) сливают в ковш шлаковоза и подают на установку для грануляции шлака.

Доменный газ отводят через газопроводы к очищающим устройствам.

Одна из разновидностей **конвейерной системы подачи материалов на колошник доменной печи** представлена на рис. 2.15.

Конвейер колошникового подъема расположен на нулевой отметке и вдоль него вытянуто здание бункерной эстакады.

Кокс, агломерат и окатыши из соответствующих бункеров выдаются в бункерные весы с помощью грохотов-питателей, которые отсеивают мелочь. Отвешенные материалы выдают на конвейер через регулируемый затвор бункерных весов (открыванием затвора на определенную величину).

Добавки (известняк, марганцевая руда и др.) из бункеров выдаются питателями в бункерные весы и из них на ленту. Добавки выдаются эпизодически в порции агломерата и окатышей. Отсеянная грохотами мелочь через сборные бункера выдается на конвейеры уборки мелочи.

Линии подачи горячего дутья и природного газа в доменную печь, а также отвода и очистки колошникового газа, аналогичны тем, что рассмотрены в первой схеме.

В отличие от рассмотренной выше, линия уборки шлака оборудована установками припечной грануляции, к которым жидкий шлак поступает по желобам.

Жидкий чугун выпускают в ковши миксерного типа и направляют в отделение перелива сталеплавильного цеха.

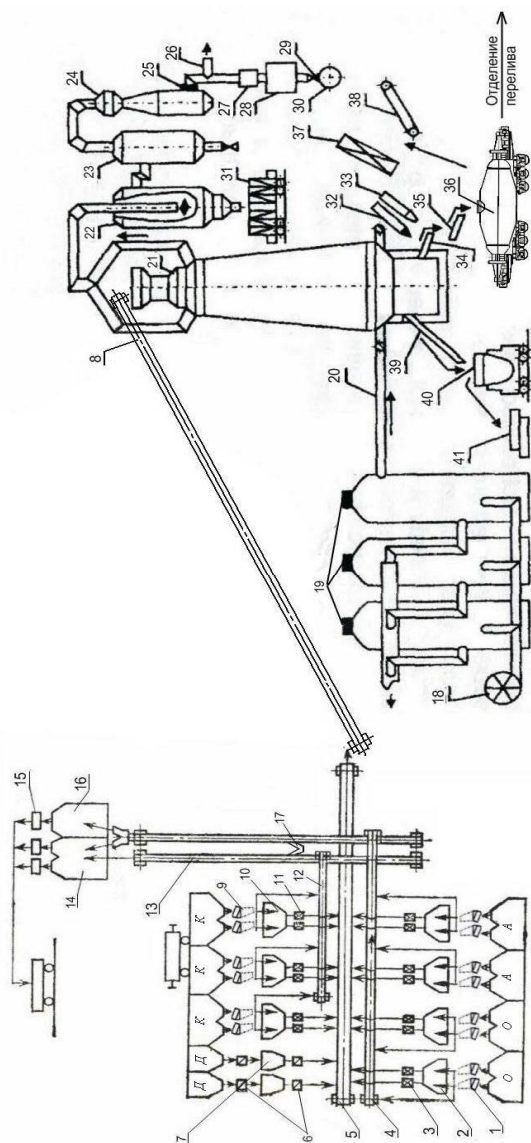


Рис. 2.15. Технологическая схема производства чугуна с конвейерной подачи на ковшник:

1,9 – грохот; 2,7,10 – весовая воронка; 3,6,11 – питатель; 4,12,13 – конвейер; 5 – сборочный конвейер; 8 – конвейер; 14,16 – бункер для мелочи; 15 – питатель; 17 – шибер; 18 – воздушная машина, 19 – воздушнонагреватель; 20 – трубопровод дутья; 21 – доменная печь; 22 – пылеуловитель; 23 – скруббер; 24 – трубы Вентури; 25,29 – задвижка; 26 – наполняющий межконусное пространство газопровод; 27 – дроссельное устройство; 28 – водоотделитель; 30 – коллектор газовой сети завода; 31 – вагон для ковшниковой пыли; 32 – сверлильная машина; 33 – электропушка; 34 – стационарный желоб для чугуна; 35 – качающийся желоб; 36 – чугуновоз с ковшом миксерного типа; 37 – кран литейного двора; 38 – разливочная машина; 39 – желоб для слива шлака; 40 – шлаковоз; 41 – установка для грануляции шлака

2.5. Определение объема и количества доменных печей

Закладываемые в проект цеха решения по конструкции, объему и производительности доменных печей должны отвечать последним достижениям доменного процесса.

Полезный объем доменной печи следует выбирать из установленного типового ряда:

1033; 1386; 1513; 1719; 2000; 2300; 2700; 3000; 3200; 5000 – 5500.

Следует учесть, что для доменного производства так же, как и для других металлургических производств, важным является использование основных производственных агрегатов повышенной мощности, поскольку это ведет к повышению производительности труда и улучшению других технико-экономических показателей производства. Поэтому рекомендуются печи объемом 3200 и 5000–5500 м³.

Количество доменных печей в цехе

$$n_n = V_{\Sigma} / V_1, \quad (2.1)$$

где V_{Σ} – суммарный объем доменных печей проектируемого цеха, м³;
 V_1 – полезный объем выбранной доменной печи, м³.

Суммарный объем печей

$$V_{\Sigma} = (P_{год} / m) \cdot КИПО, \quad (2.2)$$

где $P_{год}$ – годовая производительность доменного цеха, т/год;

m – число рабочих суток в году, сут;

$КИПО$ – коэффициент использования полезного объема, м³/(т · сут).

Число рабочих суток в году для печей 2700 м³ и более можно принять равным 355, для меньших печей 357.

$КИПО$ для современных доменных печей можно принять в пределах 0,4 – 0,5. Причем чем ниже $КИПО$, тем производительнее работает доменная печь.

2.6. Определение потребности доменного цеха в шихтовых материалах

Расчеты следует начинать с выбора расхода материалов, необходимых для получения чугуна (шихтовки) (табл.2.1).

Таблица 2.1
Удельные расходы и объемы шихтовых материалов,
их насыпная масса

Материалы	Расход, т/т. чугуна	Объем, м ³ /т. чугуна	Насыпная масса, т/м ³
Агломерат	1,360	0,735	1,80
Окатыши	0,240	0,120	2,00
Известняк	0,140	0,088	1,60
Марганцевая руда	0,016	0,008	2,00
Кокс	0,430	0,950	0,45
ИТОГО	2,186	1,901	

При определении потребности цеха в шихтовых материалах следует учитывать выбранную систему грузопотоков поступающих материалов.

Примем, что кокс поступает к доменным печам, минуя рудный двор.

Агломерат производится непосредственно на заводе. Для его получения примем следующие расходы материалов (т/т агломерата):

руда железная 0,920;
пыль колошниковая 0,050;
известняк 0,200;
коквик 0,090.

Руда железная и известняк поступают на рудный двор, пыль колошниковая (отход собственного производства) и коквик – непосредственно на аглофабрику. Марганцевая руда также складывается на рудном дворе.

Годовая потребность доменного цеха в сырье ($Q_{год}$, т/год) определяется по формуле

$$Q_{год} = k_i \cdot P_{год}, \quad (2.3)$$

где k_i – расходный коэффициент материала (см. табл.2.1);

$P_{год}$ – годовая производительность цеха, т/год.

Суточная потребность ($Q_{сут}$, т/сут) определяется аналогично.

$$Q_{сут} = k_i \cdot (\Pi_{год} / m). \quad (2.4)$$

Для бесперебойной работы доменного цеха на рудном дворе необходимо иметь резервный запас материалов, необходимость в котором определяется непрерывностью потребления материала в доменном процессе и периодичностью его поступления. Норма этого запаса на рудном дворе (N_3) при определении размеров рудного двора может быть взята из табл. 2.2.

Таблица 2.2

Норма хранения, насыпная масса и высота хранения материала

Материалы	Запас, сут.	Насыпная масса, т/м ³	Высота хранения, м	Угол естеств. откоса, град
Железная руда	2-20	2,5	16	45
Марганцевая руда	15-20	2,0	16	45
Агломерат	2-25	1,8	6	50
Окатыши	3-20	2,0	6	45
Известняк	10-15	1,6	16	40
Известь	1-2	0,8	4	45
Кокс	10-20	0,45	4	50

Запас материала по массе (Q_M , т) определяется по формуле

$$Q_M = N_3 \cdot Q_{сут}. \quad (2.5)$$

Складирование материалов на рудных дворах производят в штабелях. При определении размеров рудного двора выбирают способ укладки груза и определяют количество материала, находящегося в одном месте укладки. Делением массового запаса материала на массу груза в одном месте укладки находят общее потребное число мест укладки. Их располагают на плане, причем учитывают необходимые проезды, проходы и прочую оперативную площадь. Определяют общую и полезную площадь склада.

Для определения длины штабелей можно пользоваться упрощенной формулой

$$L \approx V / [h (b + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha)] + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2.6)$$

где L – длина всех штабелей данного материала, м;
 V – объем штабеля, м^3 , $V = Q_m / \gamma$;
 Q_m – масса материала в штабеле, т;
 γ – насыпная масса материала, т/м^3 ;
 h – высота штабеля, м;
 b – ширина штабеля, м;
 α – угол естественного откоса, град.

2.7. Выбор оборудования и расчет его количества

2.7.1. Рудный двор

При расчетах будем исходить из принятых ранее допущений: шихтовые материалы аглофабрики – руда железная и известняк – проходят через рудный двор, доменные печи обеспечиваются как с рудного двора – окатыши, марганцевая руда и известняк – так и с аглофабрики – агломерат.

Количество вагоноопрокидывателей определяется по формуле

$$n_{\text{в}} = \sum [(Q_i \cdot k_H) / (\tau \cdot G \cdot P_{\text{в}})], \quad (2.7)$$

где Q_i – годовой грузооборот по i -му материалу, т/год ;

$$Q_i = k_i \cdot P_{\text{зод}};$$

k_i – расход материала, т/т (см. расходы материалов на тонну агломерата и чугуна);

k_H – коэффициент неравномерности прибытия составов,
 $k_H = 1,4$;

τ – число часов работы в году, исключая простои на текущий ремонт и профилактику, $\tau = 20 \text{ м}$;

m – число рабочих суток в году;

G – грузоподъемность одного вагона, $G = 60, 93, 125 \text{ т}$;

$P_{\text{в}}$ – производительность вагоноопрокидывателя, ваг./ч .

Теоретическая производительность роторных вагоноопрокидывателей составляет для вагонов грузоподъемностью 60 и 93 т – 30 опрокидываний в час, а для вагонов грузоподъемностью 125 т – 25 опрокидываний в час.

Фактическая производительность около двухсот опрокидываний в сутки.

Формирование штабелей на рудном дворе может осуществляться перегрузочными грейферными кранами. Они же производят и загрузку материалов в перегрузочные вагоны для доставки на бункерную эстакаду доменного цеха.

Количество перегрузочных грейферных кранов определяется по формуле

$$n_{\text{эк}} = \sum [(V_i \cdot \tau_i) / (3600 \cdot V_{\text{гр}} \cdot \tau_c \cdot k_3)], \quad (2.8)$$

где V_i – объем материала, перемещаемого за сутки в i -й операции, м^3 ;

τ_i – продолжительность i -й операции, с;

$V_{\text{гр}}$ – полезный объем грейфера, м^3 ;

τ_c – продолжительность работы крана в течение суток,

$\tau_c = 20$ ч;

k_3 – коэффициент загрузки крана, $k_3 = 0,7$.

Объем перемещаемого за сутки материала определяется как отношение массы материала к его плотности.

Как было указано выше, краны выполняют следующие операции: перегрузку материала из траншеи в штабель и из штабеля в бункер или вагон.

Время перегрузки материала из траншеи складывается из времени захвата материала (6–12 с), времени подъема и передвижения грейфера (30–36 с), времени возврата грейфера к траншее (30–36 с) и паузы (3 с).

Время перегрузки материала из штабеля в бункер или вагон складывается из времени захвата материала (9–12 с), времени подъема и передвижения грейфера (33–36 с), времени выгрузки материала (10–12 с), времени возвратного движения грейфера с опусканием (27–30 с) и паузы (3 с).

К установке следует принимать следующие типы кранов

Тип моста	Решетчатый	Вантовый	Трубчатый
Грузоподъемность, т	30	32	32
Объем грейфера, м^3	5,6	6,0	6,0

Склады с конвейерной системой подачи материалов оборудованы комплексом машин для усреднения: подающие ленточные конвейеры, штабелеукладчики, заборщики, отводящие ленточные конвейеры и питатели.

Для укладки материалов применяют стационарные конвейеры с реверсивно перемещающейся сбрасывающей тележкой, штабелеукладчики мостового типа и с консольно расположенными конвейерами.

Из штабелей материалы забирают при помощи усреднителей (заборщиков) шихты. Производительность типового усреднителя УБ 120 достигает 120 м³/ч, УБ 350–350 м³/ч, У2Р 600–600 м³/ч.

2.7.2. Бункерная эстакада

В составе бункерной эстакады имеются рудные и коксовые бункера, а также бункера для добавок. Подача материалов на бункерную эстакаду осуществляется рудными и коксовыми перегрузочными вагонами соответственно 65 и 30 т или конвейерами.

Выбор и расчет конвейеров осуществляется исходя из требуемой часовой производительности конвейера и характеристики материала. Расчет сводится к тому, что в зависимости от материала выбирается скорость движения ленты, а затем по заданной производительности рассчитывают ширину ленты.

Ширина ленты конвейера B , м,

$$B \geq [(P_{\text{ч}} k_{\text{п}}) / (C \cdot v \cdot \gamma)]^{1/2}, \quad (2.9)$$

где $P_{\text{ч}}$ – часовая производительность конвейера, т/ч;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность простоев на ремонт, обслуживание конвейера,

$k_{\text{п}} = 1,2 - 1,5$;

C – коэффициент заполнения ленты материалом;

v – скорость движения ленты, м/с;

γ – насыпная масса материала, т/м³.

Величина C зависит от расположения роликовых опор ленты. При горизонтальном положении роликов $C = 338$, при наклонном положении роликов лента приобретает желобообразную форму и коэффициент заполнения возрастает. Если угол наклона роликов к горизонтали равен 20°, то $C = 470$; при угле наклона роликов 30° $C = 550$.

Скорость движения ленты, в зависимости от свойств груза, можно принять следующей: руда, окатыши, агломерат, известняк – 2–3 м/с, кокс – 1,5–2 м/с.

Полученные расчетом значения B округляют до ближайшего большего из стандартного ряда ширины ленты, мм:

300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000.

2.7.3. Подача материалов на колошник

Применяют два основных способа подачи шихтовых материалов на колошник доменной печи к ее загрузочному устройству – скиповый и конвейерный. В первом случае все материалы подаются скипами из скиповой ямы бункерной эстакады вблизи доменной печи, а во втором – конвейерами из шихтовых бункеров вдали от доменной печи. На отечественных доменных печах объемом до 3200 м³ применяются скиповые подъемники со скипами до 20 м³, а на большегрузных печах 3200–5500 м³ – конвейерная загрузка шихты.

Материалы от бункеров к скиповому подъемнику могут подаваться с помощью вагон-весов или конвейерами.

В связи с тем, что система набора и подачи материалов с помощью **вагон-весов** обладает рядом существенных недостатков (ограниченная производительность, невозможен отсев мелочи материалов, значительное пылевыведение при выдаче материалов из бункеров, напряженные условия работы машиниста), для вновь сооружаемых больших печей вагон-весы не применяют.

При **конвейерной подаче материалов** пропускная способность конвейерной системы (питатели, дозаторы, конвейеры и др.) должна соответствовать максимальной производительности скипового подъемника.

Расчет конвейеров следует производить по изложенной выше методике. Технические характеристики выбранного оборудования можно взять из [1, 2].

Скиповые подъемники обеспечивают бесперебойную подачу шихтовых материалов из скиповой ямы на колошник, к загрузочному устройству печи.

Основными элементами скипового подъемника являются: скиповая яма, скипы, скиповая лебедка и наклонный мост.

Модель скипа и тип лебедки соответствуют объему выбранной печи (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Характеристика элементов подъемника в зависимости от объема
печи

Объем печи, м ³	1033-1386	1513-1719	2000-2300	2700-3200
Модель скипа	С-8-1	С-10-1	С-13-2	С-20-2
Полезная емкость скипа, м ³	6,5	9	12	17
Тип лебедки	ЛС-15-1	ЛС-22,5-1	ЛС-29-11	ЛС-39-11
Грузоподъемность лебедки, т	15,0	22,5	29,0	39,0

Для печей объемом 5000–5500 м³ предусматривается только конвейерная подача на колошник.

Производительность скипового подъемника зависит от режима загрузки шихты в доменную печь – величины подачи и системы загрузки.

Подача – масса шихты, которую одновременно опускают с большого конуса в печь. Величина подачи существенно влияет на распределение шихтовых материалов на колошнике. С увеличением полезного объема печей размер подачи растет.

Система загрузки – чередование рудных (Р) и коксовых (К) скипов в одной подаче. Применяются различные системы загрузки: РРКК; КРРК; РКРК и т.д. При загрузке в печь агломерата (А) и окатышей (О) могут применяться следующие системы загрузки – АОКК; ОАКК; КАОК.

В связи с неравномерностью загрузки во времени и с возможным увеличением производительности доменной печи производительность скипового подъемника рассчитывают с запасом – так, чтобы коэффициент загрузки не превышал 60–75%.

Расчетный коэффициент загрузки k_p можно выразить отношением потребного для печи с заданной производительностью числа подач (N_n) к теоретически возможному числу подач (N_m) при непрерывной работе подъемника

$$k_p = 100 (N_n / N_m). \quad (2.10)$$

Теоретически возможную производительность скипового подъемника (возможное число подач) (N_m , подач в сутки) можно определить из соотношения

$$N_m = 24 \cdot 3600 / \tau_{\Pi}, \quad (2.11)$$

где τ_{Π} – время подъема одной подачи, с.

$$\tau_{\Pi} = n_K \cdot (\tau_C + \tau_K) + n_{Ж} \cdot (\tau_C + \tau_{Ж}), \quad (2.12)$$

где τ_C – время подъема скипа на колошник, с;

$\tau_K, \tau_{Ж}$ – время остановок скипа при загрузке соответственно кокса и железосодержащей части шихты в скип, с;

$n_K, n_{Ж}$ – соответственно число скипов с коксом и железосодержащими материалами в подаче.

Время подъема скипа можно принять равным 35–50 с, время стояния скипа при загрузке кокса – 12–15 с, при загрузке железосодержащей части шихты – 15–20 с.

Число скипов с коксом и железосодержащими материалами в подаче определяется, как было указано выше, системой загрузки.

При определении необходимого числа подач (N_{Π}) следует определить необходимое число подач по коксу N_K и по железосодержащей части шихты $N_{Ж}$ и при расчете коэффициента загруженности подъемника взять за N_{Π} большую из этих величин.

Необходимое число подач по коксу

$$N_K = Q_K / (P_K \cdot n_K), \quad (2.13)$$

где Q_K – суточный расход кокса, т/сут;

P_K – масса кокса в скипе, т.

Необходимое число подач по железосодержащей шихте

$$N_{Ж} = Q_{Ж} / (P_{Ж} \cdot n_{Ж}), \quad (2.14)$$

где $Q_{Ж}$ – суточный расход железосодержащей части шихты, т/сут;

$P_{Ж}$ – масса железосодержащей шихты в скипе, т.

Суточный расход кокса (Q_K , т/сут)

$$Q_K = k_K \cdot \Pi_{\text{сут}}, \quad (2.15)$$

где k_K – расход кокса, т/т чугуна;

$\Pi_{\text{сут}}$ – суточная производительность доменной печи, т/сут.

Суточный расход железосодержащей шихты $Q_{Ж}$, т/сут

$$Q_{Ж} = k_{Ж} \cdot \Pi_{\text{сут}}, \quad (2.16)$$

где $k_{ж}$ – расход железосодержащей шихты, т/т чугуна;
 $P_{сут}$ – суточная производительность доменной печи, т/сут.

Суточная производительность одной печи

$$P_{сут} = V_{п} / KИПО, \quad (2.17)$$

где $V_{п}$ – полезный объем печи.

Масса материала в скипе

$$P = V_{ск} \cdot \gamma \cdot k_{ск}, \quad (2.18)$$

где $V_{ск}$ – объем скипа, м³;

γ – насыпная масса материала, т/м³;

$k_{ск}$ – коэффициент заполнения скипа, $k_{ск} = 0,85$.

Требуемая производительность скипового подъемника обычно достигается при объеме скипа $V_{ск}$, близком к $0,0065 V_{п}$, где $V_{п}$ – полезный объем печи.

При *конвейерном колошниковом подъеме* на отечественных доменных печах объемом 3200–5000 м³ применяют ленту шириной 2000 мм при скорости ее движения 2 м/с, что соответствует производительности конвейера по агломерату и окатышам около 3500 т/ч и с запасом обеспечивает требуемый темп подачи порций шихты на колошник.

2.7.4. Колошниковое устройство

Колошниковое устройство доменной печи предназначено для приема шихтовых материалов, подаваемых на колошник скиповым подъемником или ленточным конвейером, их загрузки и распределения на колошнике, измерения уровня и профиля шихты, а также отвода газа из печи. В состав колошниковоустройства входят: загрузочное устройство, измерители уровня шихты, газоотводы с клапанами, грузоподъемное оборудование для монтажа и ремонта механизмов и устройств и несущие стальные конструкции.

До недавнего времени большинство доменных печей было оснащено двухконусными загрузочными устройствами. Устройство включает в себя следующие элементы: распределитель шихты с вращающимся в горизонтальной плоскости малым конусным за-

твором и засыпной аппарат с большим конусным затвором. Типы основных элементов в зависимости от объема печи приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Типы основных элементов двухконусных загрузочных устройств в зависимости от объема печи

Объем печи, м ³	Распределитель шихты*	Засыпной аппарат**	Балансир конусов***	Лебедка управления конусами****
1033	СЗ-31-7,5	К-31-4200	КП4-72	ЛК-38М-II
1386	СЗ-32-10	К-33-4800	КП4-72	ЛК-45
1513	СЗ-16-12	К-33-4800	КП2-85	ЛК-45
1719	СЗ-16-12	К-21-5000	КП2-90	ЛК-45
2002	СЗ-16-12	К-23-5400	КП3-105	ЛК-45
2300	СЗ-18-17	К-23-5400	КП3-105	ЛК-70
2700	СЗ-18-17	К-22-6200	КП1-165	ЛК-70
3000	СЗ-21-17	К-25-6500	КП2-188	ЛК-70
3200	РВШ-1-22	АЗК-1-7000	БКIII-210	ЛК-70

* В обозначении распределителя: СЗ – сухой затвор; РВШ – распределитель шихты вращающийся (первое число – номер модели, второе – объем воронки, м³).

** В обозначении засыпного аппарата: К – конус; АЗК – аппарат засыпной конусный (первое число – номер модели; второе – диаметр большого конуса, мм).

*** В обозначении балансир конусов: К – конус; П – привод, первая цифра – номер модели, вторая – усилие на штанге большого конуса, т.

**** В обозначении лебедки управления конусами: Л – лебедка, К – конус (число – наибольшее натяжение каната большого конуса, т; М – модернизированная; II – номер модели).

В настоящее время на вновь сооружаемых и реконструируемых доменных печах устанавливают бесконусные загрузочные устройства, которые отвечают современным требованиям доменной технологии, обеспечивают улучшение основных технико-экономических показателей работы печей благодаря возможности глубокого регулирования распределения шихтовых материалов на колошнике, высокой стойкости против износа и лучшей, чем у других устройств, ремонтпригодности.

Характеристика основных элементов БЗУ в зависимости от объема печи приведена в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Характеристика основных элементов БЗУ в зависимости
от объема печи

Объём печи, м ³	1033-1386	1513-1719	2000-2300	2700-3000	5000-5500
Объём воронки, м ³	10	12	14	17	22
Объём бункера, м ³	16	24	28	34	44
Высота БЗУ, мм	16735	17905	18435	19655	-
Масса БЗУ, т	270	370	400	480	540

Угол наклона распределительного лотка БЗУ может изменяться от 11 до 53 град, а скорость наклона – 1,28 град/с.

Для доменных печей с БЗУ давление газа на колошнике составляет 0,25 МПа, а температура газа на колошнике – 350⁰С.

2.7.5. Литейный двор

На литейном дворе размещены машины и устройства по обслуживанию чугунных и шлаковых леток, желобов, фурменных приборов, крановое оборудование.

Для вскрытия леток предусматриваются сверлильные машины (на летку – одна машина). Принципиально отличаются машины глубиной бурения, которая в зависимости от объема печи может быть 2500, 3000, 3100, 3200 и 3500 мм.

На современных доменных печах устанавливают пневмогидравлические машины вскрытия леток, имеющих следующую техническую характеристику:

- время вскрытия леток, мин 3–5;
- глубина бурения, мм не менее 3000–5000;
- угол наклона бура, град 6; 9; 12; 15;
- скорость отвода каретки, м/с не менее 1;
- время поворота машины, с 12–30.

Машины для закрытия леток предназначены для забивки леток огнеупорной массой.

В доменных цехах в основном использовались электропушки с полезным объемом рабочего цилиндра до 0,35–0,5 м³ и уси-

лием на поршень механизма выталкивания леточной массы до 2400–3200 кН (ПЭ-0,25; ПЭ-0,35; Э-19-0,35; Э-19-0,50; Э-6-0,50; Э-7-0,50).

В настоящее время применяются гидравлические машины для закрытия леток, имеющие следующую техническую характеристику:

- объем цилиндра, м ³	0,25–0,5
- давление леточной массы на поршень, МПа	15–20
- диаметр рабочего цилиндра, мм	500
- усилие на поршень, кН	не менее 3500
- усилие прижима пушки, кН	360
- время выдавливания массы, с	50

Основное грузоподъемное оборудование на литейном дворе – мостовые краны грузоподъемностью 20/5 и 30/5 т. Некоторые печи объемом 2000 и 2700 м³ дополнительно оборудованы со стороны выдачи шлака мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т.

На доменных печах объемом 3200–5000 м³ с круглыми литейными дворами устанавливают два кольцевых крана грузоподъемностью по 20 т с подъемно-поворотной колонной грузоподъемностью 5 т. Широко распространена на доменных печах установка консольно-поворотных кранов разной грузоподъемности в районе чугунных леток.

2.7.6. Ковшовое хозяйство

Продукты доменной плавки – чугун и шлак - транспортируются в чугуновозных и шлаковых ковшах.

Чугуновозные ковши применяются грушевидной формы емкостью 100 и 140 т.

Количество чугуновозных ковшей (парк ковшей), необходимое в доменном цехе, можно определить по формуле

$$n_{чк} = n_{об} + n_{рем} + n_{рез}, \quad (2.19)$$

где $n_{об}$ – количество ковшей, находящихся в обороте, шт.;

$n_{рем}$ – количество ковшей, находящихся в ремонте, шт.;

$n_{рез}$ – количество ковшей, находящихся в резерве, шт.

Количество ковшей, находящихся в обороте

$$n_{об} = (\Pi_{год} \cdot \tau_{об} \cdot k_n) / (365 \cdot 24 \cdot k_3 \cdot G_k), \quad (2.20)$$

где $\Pi_{год}$ – годовая производительность цеха, т/год;

$\tau_{об}$ – длительность цикла оборота ковша, ч;

k_H – коэффициент неравномерности выпусков чугуна, $k_H = 1,25$;

k_3 – коэффициент заполнения ковша чугуном, $k_3 = 0,8$;

G_K – емкость ковша, т.

Длительность цикла оборота ковша $\tau_{об} = 5 - 7$ ч.

Количество ковшей, одновременно находящихся в ремонте

$$n_{рем} = n_{об} (\tau_{хр} + n_{ар} \cdot \tau_{ар}) / m \cdot \tau_{об}, \quad (2.21)$$

где $\tau_{ар}$, $\tau_{хр}$ – продолжительность горячего и холодного (капитального) ремонтов соответственно, ч;

$n_{ар}$ – число горячих ремонтов, проводимых за одну кампанию между холодными ремонтами, шт.;

m – стойкость футеровки (число наливов) между холодными ремонтами, шт.

Стойкость футеровки между горячими и холодными ремонтами составляет соответственно 115–120 и 350 наливов, продолжительность ремонтов – около 8 и 100 ч.

Количество ковшей в резерве

$$n_{рез} = (k_H \cdot \Pi_1) / (A \cdot k_3 \cdot G_K) \cdot [(n_n + 1) / 2], \quad (2.22)$$

где k_H – коэффициент, учитывающий неравномерность выпуска чугуна, $k_H = 1,25$;

Π_1 – максимальная производительность одной печи, т/сут;

A – число выпусков чугуна в сутки;

n_n – число печей в цехе.

Число выпусков чугуна в сутки на печах объемом до 1700 м³ составляет 6–7; до 2000 м³ – 8–12; до 2700 м³ – 14–16; до 3200 м³ – 18–20; до 5500 м³ – 20–24.

Количество чугуновозных ковшей миксерного типа рассчитывают аналогично.

Стойкость между горячими и холодными ремонтами составляет 250 и 550 наливов, а их продолжительность – 8 и 150 часов.

Длительность оборота рассчитывается по этапам: налив, перемещение в сталеплавильный цех, продолжительность нахождения в отделении перелива, возврат в доменный цех, простои и т.д.

Типовые емкости чугуновозных ковшей миксерного типа 150, 420 и 600 т.

Количество шлаковозов при ковшевой уборке шлака в доменном цехе можно определить по формуле

$$n_{\text{шл}} = n_{\text{об}} + n_{\text{рем}} + n_{\text{рез}}, \quad (2.23)$$

где $n_{\text{об}}$ – количество шлаковозов, находящихся в обороте, шт.;

$n_{\text{рем}}$ – количество шлаковозов, находящихся в ремонте, шт.;

$n_{\text{рез}}$ – количество шлаковозов, находящихся в резерве, шт.

Количество шлаковозов в обороте

$$n_{\text{об}} = (\Pi_{\text{год}} \cdot g_{\text{шл}} \cdot k_H \cdot \tau_{\text{об}}) / (365 \cdot 24 \cdot V_{\text{шл}} \cdot \rho_{\text{шл}} \cdot k_3), \quad (2.24)$$

где $\Pi_{\text{год}}$ – годовая производительность цеха, т/год;

$g_{\text{шл}}$ – выход шлака, $g_{\text{шл}} = 0,3 - 0,4$ т/т чугуна;

k_H – коэффициент неравномерности выпусков шлака, $k_H = 1,25$;

$\tau_{\text{об}}$ – продолжительность цикла оборота шлаковоза, $\tau_{\text{об}} = 4-6$ ч;

$V_{\text{шл}}$ – объем шлакового ковша, м^3 ;

$\rho_{\text{шл}}$ – плотность жидкого шлака, $\rho_{\text{шл}}$ можно принять равной $1,6 \text{ т/м}^3$.

k_3 – коэффициент заполнения шлакового ковша, $k_3 = 0,8$.

Типовые шлаковые ковши объемом 11 м^3 , 16 м^3 и $16,5 \text{ м}^3$.

Количество шлаковых ковшей, находящихся в ремонте,

$$n_{\text{рем}} = \tau_{\text{рем}} / \tau, \quad (2.25)$$

где $\tau_{\text{рем}}$ – продолжительность капитальных, средних и текущих ремонтов шлаковозов за кампанию, сут;

τ – продолжительность кампании ковша между капитальными ремонтами, сут.

Продолжительность кампании между капитальными ремонтами принимают равной шести годам или 2190 суткам. За это время проводят два средних и шесть текущих ремонтов. Продолжительность капитального, среднего и текущих ремонтов составляет соответственно 3; 2,5 и 1 суток. Таким образом, продолжительность всех ремонтов за кампанию τ составляет 14 суток.

Количество резервных шлаковозов в соответствии с нормами

$$n_{рез} = (\Pi_{год} \cdot g_{шл} \cdot k_H) / (365 \cdot V_{шл} \cdot \rho_{шл} \cdot k_3 \cdot Z \cdot A), \quad (2.26)$$

где Z – кратность выпуска шлака выпуску чугуна (на печах до 1700 м³ $Z = 3$; 2000 – 2700 м³ $Z = 2$; на печах свыше 3000 м³ выпускают только нижний шлак, поэтому $Z = 1$;

A – число выпусков чугуна в сутки.

2.7.7. Отделение разливки чугуна

В отделении располагаются разливочные машины конвейерного типа и оборудование для подачи чугуновозов к машинам, кантования ковшей для слива жидкого чугуна в движущиеся изложницы машины, охлаждения жидкого чугуна и погрузки чушек на железнодорожные платформы.

На машинах разливают весь выплавляемый в доменных печах литейный чугун и частично передельный. Необходимое количество разливочных машин определяют исходя из разницы между максимальным суточным производством чугуна в доменных печах и минимальным суточным потреблением его сталеплавильными агрегатами $\Delta Q_{сут}$.

Количество разливочных машин

$$n_M = \Delta Q_{сут} / Q_M, \quad (2.27)$$

где Q_M – суточная производительность одной машины, т/сут.

Суточная производительность машины можно определить по формуле

$$Q_M = (k_{\Pi} \cdot G_K \cdot \tau_c) / \tau_{\text{ц}}, \quad (2.28)$$

где k_{Π} – коэффициент, учитывающий потери чугуна при разливке, $k_{\Pi} = 0,995$;

G_K – масса чугуна в ковше, т;

τ_c – время работы машины в сутки, ч;

$\tau_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла разливки одного ковша, ч.

Время работы машины в сутки принимают равным 20 часам, остальное время затрачивается на ремонтные работы.

Продолжительность цикла разливки одного ковша складывается из времени разливки τ_p и времени между двумя разливками τ_n , затрачиваемым на захват и подъем ковша, возврат порожнего ковша, замену ковша, то есть

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_p + \tau_n. \quad (2.29)$$

Время разливки одного ковша

$$\tau_p = (G_k \cdot b) / (60 \cdot n_n \cdot q \cdot v_n), \quad (2.30)$$

где b – расстояние между изложницами, $b = 0.3$ м;

n_n – число лент машины;

q – масса чушки, т;

v_n – скорость движения ленты, м/мин.

Время между двумя разливками τ_n можно принять равным 10–15 мин или 0,17–0,25 ч.

Наибольшее распространение получили двухленточные разливочные машины с одноместными изложницами для получения чушек массой 45 кг и с двухместными изложницами для получения двух чушек массой по 18 или 23 кг.

Скорость движения ленты разливочных машин составляет 9,1–13,8 м/мин.

2.8. Техничко-экономические показатели работы доменных цехов

Для экономической оценки принимаемых технических решений и для сопоставления технического уровня разработанного проекта доменного цеха с действующими цехами или ранее выполненными проектами составляются технико-экономические показатели работы доменного цеха. Количественная величина показателей определяется по следующим материалам: объему производства; количеству и объему доменных печей; КИПО или удельной производительности печей; удельному расходу кокса; расходу

топлива и кислорода; расходу железосодержащих материалов, добавочных и других материалов.

Расходные коэффициенты для определения потребности проектируемого цеха в основных материалах могут быть взяты из приведенных ниже показателей работы доменных цехов.

Полезный объем печи, м ³	2014 ММК № 10	5580 ЧерМК №5	3200 НЛМК №6	2000 НЛМК №4	3000 ЗСМК № 3
Производительность, т/сут	4804	10785	8128	4508	6488
Удельная производи- тельность, т/(м ³ сут)	2,39	1,93	2,54	2,25	2,16
Удельные расходы:	407	449	415	419	432
кокса, кг					
агломерата офлюсо- ванного, кг	886	1068	1083	1240	1326
окатышей, кг	824	568	597	424	247
природного газа, м ³	104	73	116	143	103
кислорода, м ³	118	30	118	201	115
Выход на 1 т чугуна:	282	318	379	364	372
шлака, кг					
пыли колошниковой, кг	93	8	21	8	10,5

Средние основные технологические показатели работы отече-
ственных доменных печей:

удельная производительность	1,82 т/(м ³ · сут);
удельные расходы:	
кокса	491 кг;
агломерата офлюсованного	1236 кг;
окатышей	472 кг;
известняка	28 кг;
природного газа	101 м ³ ;
кислорода	107 м ³ ;
пылеугольного топлива	1 кг;
коксового газа	3 м ³ .

Выход шлака на 1 т чугуна составляет 423 кг, уловленной
колошниковой пыли 29 кг, колошникового газа 1629 м³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3 т. Т.1. Машины и агрегаты доменных цехов: учебник для вузов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1987. – 440 с.
2. Левин М.З., Седуш В.Я. Механическое оборудование доменных цехов. – Киев: Вища школа, 1975. – 175 с.
3. Механическое оборудование металлургических заводов: Механическое оборудование фабрик окискования и доменных цехов / В.М. Гребеник, Д.А. Сторожик, Л.А. Демьянец и др. – Киев: Вища школа, 1985. – 312 с.
4. Авдеев В.А., Друян В.М., Кудрин Б.И. Основы проектирования металлургических заводов: справ. издание. – М.: ИнтерметИнжиниринг, 2002. – 464 с.
5. Якушев А.Н. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов. – М.: Металлургия, 1984. – 216 с.
6. Вегман Е.Ф. Краткий справочник доменщика. – М.: Металлургия, 1981. – 240 с.
7. Остроухов М.Я., Шпарбер Л.Я. Справочник мастера-доменщика. – М.: Металлургия, 1977. – 304 с.
8. Повышение эффективности металлургического производства и совершенствование доменного оборудования / Б.Ф. Щербицкий, Ф.К. Иванченко, В.Д. Жерначук и др. – Киев: Техника, 1982. – 186 с.
9. Воскобойников В.Т., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 480 с.
10. Авдеев В.А., Кудрин Б.И. Металлургический завод и его системный анализ для проектирования. – М.: Гипромез, 1992. – 104 с.
11. Ширяев П.А. Основы технико-экономического проектирования металлургических заводов. – М.: Металлургия, 1980. – 374 с.
12. Костин В.Ф., Славин В.С. Техника и технология черной металлургии. Первый передел: учеб. пособие. - Магнитогорск: МГПИ, 1999. – 124 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМЕННЫХ ЦЕХОВ	4
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ	6
2.1. Устройство доменных цехов	6
2.2. Планировка доменных цехов	16
2.3. Планировка литейных дворов.....	21
2.4. Технологические схемы доменного производства и их характеристики.....	26
2.5. Определение объема и количества доменных печей.....	30
2.6. Определение потребности доменного цеха в шихтовых материалах	31
2.7. Выбор оборудования и расчет его количества	33
2.7.1. Рудный двор	33
2.7.2. Бункерная эстакада	35
2.7.3. Подача материалов на колошник.....	36
2.7.4. Колошниковое устройство.....	39
2.7.5. Литейный двор.....	41
2.7.6. Ковшовое хозяйство	42
2.7.7. Отделение разливки чугуна	45
2.8. Техничко-экономические показатели работы доменных цехов	46
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	48