

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт
 Направление подготовки 23.02.03 «Металлургия»
 Кафедра Металлургии черных металлов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект ферросплавного цеха производительностью 100 тыс. тонн сплава в год в условиях Кузбасса

УДК 669.168

Студентка

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10В10	Осинникова Елена Михайловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Федосеев С.Н.	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Нестерук Д.Н.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	К.Т.Н.		

По разделу «Нормоконтроль»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ибрагимов Е.А.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
МЧМ	Сапрыкин А.А.	К.Т.Н.		

Юрга – 2016 г.

Реферат

Бакалаврская работа 100 листов, 9 рисунков, 30 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: ферросилиций, технология, рудотермическая печь.

Актуальность работы производство ферросилиция марки ФС75 в условиях Кузбасса.

Объектом исследования является ОСП «Юргинский ферросплавный завод»

Цели и задачи работы: Разработать проект ферросплавного цеха производительностью 100 тысяч тонн сплава в год в условиях Кузбасса

Работа представлена введением, 5 разделами и заключением, а также 5 чертежами.

В разделе «Объект исследования» описаны технико-экономическое обоснование строительства цеха, конструкция и механизмы печи РКО-29.

В разделе «Расчеты и аналитика» приведены геометрические, электрические и тепловые расчеты рудотермической печи, рассчитано основное оборудование цеха.

В разделе «Результаты разработки» рассмотрен вопрос технологии выплавки сплава марки ФС75, а также рассмотрен вопрос разлива сплава.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрено штатное расписание рабочих, фонды оплаты труда, приводится расчет себестоимости продукции и экономический эффект, а также срок окупаемости цеха.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы охраны и гигиены труда, также указаны опасные факторы, влияющие на человека при производстве ферросилиция.

В заключении изложены основные результаты бакалаврской работы.

Введение

Юргинский ферросплавный завод располагается на территории бывшего Юргинского абразивного завода (ЮАЗ). Учитывая повышенный спрос на мировом рынке ферросилиция, и так как ОАО «Кузнецкие ферросплавы» имеет дефицит площадок для установки новых печей, было принято решение построить новый ферросплавный цех на базе Юргинского Ферросплавного завода.

Ферросилиций относится к продуктам глобального рынка, поэтому ОСП «Юргинский ферросплавный завод» в отличие от ОАО «Кузнецкие ферросплавы» обладает наиболее выгодным экономико-географическим положением. Также «Юргинский ферросплавный завод» расположен ближе и к предприятиям металлургического профиля, расположенных в европейской части страны, что связано со снижением транспортных расходов, а следовательно и себестоимости товара. Немаловажным условием является цена на электроэнергию. В условиях г. Новокузнецка для промышленных предприятий она выше, чем для «Юргинского ферросплавного завода». Это преимущество делают производство ферросплавов в г. Юрге достаточно прибыльным и перспективным.

Готовая продукция Юргинского ферросплавного завода будет поставляться на экспорт в Японию, Корею, Турцию, Канаду, Нидерланды и др., железнодорожным и морским транспортом.

1 Объект исследования

1.1 Технико-экономическое обоснование

Проектируемый ферросплавный цех будет располагаться в городе Юрга на площадях Юргинского абразивного завода (ЮАЗ). Учитывая, повышенный спрос на мировом рынке ферросилиция было принято решение построить ферросплавный цех по производству кремнистых сплавов.

При принятии решения о месте расположения цеха учитывается тот факт, что к городу Юрга близко расположено Антоновское месторождение кварцита с большим запасом руды. Также важным фактом является прохождение транссибирской магистрали через Юргу, что немаловажно при доставке сырых материалов и транспортировке готовой продукции.

Готовая продукция проектируемого ферросплавного цеха будет поставляться как на внутренний рынок России – «Северсталь» (г. Череповец), «Новолипецкий металлургический комбинат» (г. Липецк), «Волжский трубный завод» (г. Волгоград), «Сибэлектросталь» (г. Красноярск), «Юрмаш» (г. Юрга), так и на внешний – в Японию, Корею, Турцию, США, Канаду, Нидерланды, Германию; Италию; Великобританию; Францию; Бельгию железнодорожным и морским транспортом.

1.2 Выбор технологической схемы

Высокопроцентный ферросилиций ФС75 выплавляется углетермическим способом. Восстановителем оксидов кремния при углетермическом процессе является углерод.

Углеродом могут восстанавливаться оксиды всех элементов при высоких температурах процесса, так как химическое сродство углерода к кислороду с повышением температуры увеличивается. Одним из продуктов реакции восстановления оксида углеродом является монооксид углерода, удаление которого из зоны реакции обеспечивает высокую степень

извлечения ведущего элемента из шихты в металл. Углерод имеет невысокую стоимость, при этом возможно использование углеродистых материалов различного происхождения.

Применение силикотермического и алюмотермического процессов нецелесообразно. При силикотермическом процессе в качестве восстановителя применяют кремний, а восстанавливать оксид кремния кремнием мы не можем. При алюмотермических процессах в качестве восстановителя применяют алюминий. Алюминий дорогостоящий восстановитель, поэтому алюмотермический способ не экономичен.

1.3 Физико-химические основы процесса

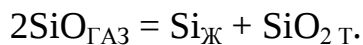
Кремний активно взаимодействует с кислородом, образуя следующие соединения: SiO_2 , Si_2O_3 , Si_3O_4 , SiO . Первое и четвертое соединение хорошо изучены.

В природе кремний встречается только в виде кремнезема (SiO_2). Это соединение кремния отличается:

- 1) Высокой твердостью и тугоплавкостью ($T_{\text{пл}} = 1996 \text{ K}$).
- 2) Высокой температурой кипения ($T_{\text{кип}} = 3532 \text{ K}$).
- 3) Образованием большого количества модификаций.
- 4) Исключительно высокой склонностью к переохлаждению. В результате быстрого охлаждения имеется возможность зафиксировать как структуру жидкого расплава (стекло), так и высокотемпературных модификаций α -кристобалита и тридимита.

Существует также другой оксид кремния SiO . Он существует в газовой фазе электропечи и в конденсированных фазах. Оксид обладает невысокой плотностью ($2,15 \text{ г/см}^3$), высоким электросопротивлением ($10^5 - 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Конденсированный оксид хрупок. Вследствие высокой летучести температуру плавления SiO экспериментально определить не удалось. Оксид кремния имеет стекловидный излом, его цвет изменяется от белого до

шоколадного, что связано с его окислением кислородом воздуха. Термодинамически стабилен оксид только при высоких температурах в виде SiO_Γ . При охлаждении оксид диспропорционирует по реакции:



При соединении с углеродом кремний образует один карбид SiC . Этот карбид устойчив до 2880 К, а выше этой температуры диссоциирует.

С железом кремний образует соединения: FeSi_2 – дисилицид (стабилен только при низких температурах 940°C), Fe_2Si_5 – лебоит (устойчив при высоких температурах), Fe_5Si_3 , FeSi , Fe_3Si .

На рисунке 1 изображена диаграмма системы Fe–Si. В сплавах этого состава происходит целый ряд превращений, оказывающих значительное влияние на качество различных марок ферросилиция.

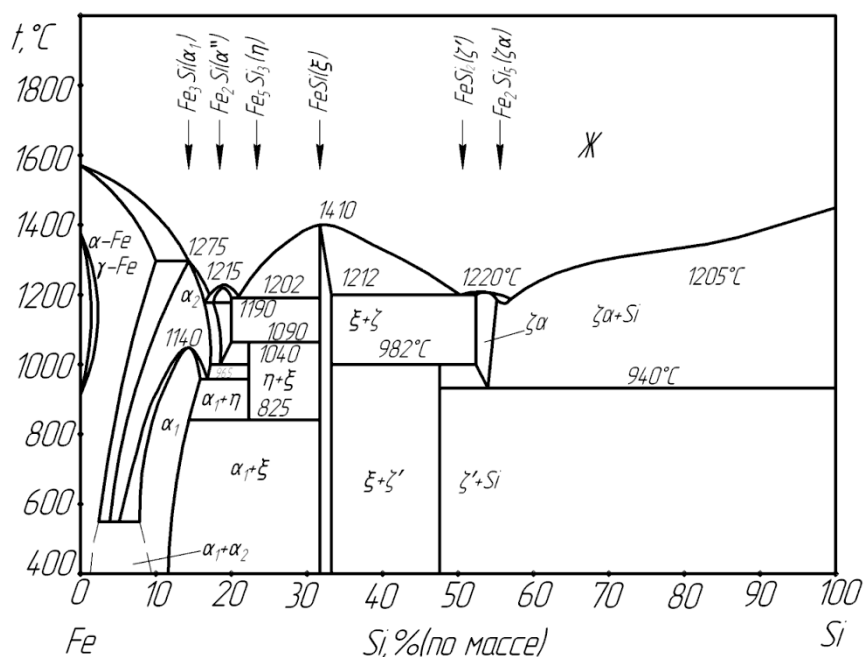


Рисунок 1 – Диаграмма Fe–Si

1.4 Термодинамика восстановления кремния

При производстве кремнистых ферросплавов источником кремния является чистый кварц или кварцит с весьма высоким содержанием

кремнезёма ($\geq 97\%$). При углетермическом производстве восстановителем является свободный углерод.

1.5 Общая характеристика здания цеха

В цехе используется каркасный тип конструкции (рисунок 2). К несущим элементам относятся фундаменты, колонны, подкрановые балки. Другой набор конструктивных элементов каркасного здания – ограждающие элементы (крыша, стены) – изолируют оборудование, протекающие в здании процессы и работающих людей от внешнего пространства и воздействия атмосферы.

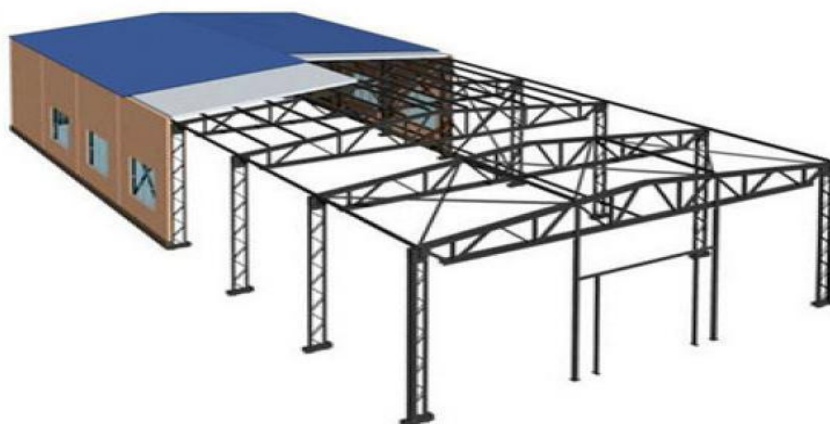


Рисунок 2 – Стальной каркас

Каркас здания изготавливают из стальных элементов. Для каркасных зданий характерны одиночные столбчатые фундаменты под несущие конструкции колонн.

Для опирания самонесущих и навесных стен по периметру здания по обрезу фундамента укладывают фундаментные балки, изготавливаемые из железобетона. Фундаментную балку укладывают так, чтобы ее верхняя грань была выше уровня грунта, но ниже чистого пола помещения на 30 мм [1].

1.6 Организационная структура цеха

1.6.1 Организация работ по пролётам

Основной производственной единицей в ферросплавной промышленности является завод, который возглавляют руководители, ответственные за всю производственно-хозяйственную деятельность предприятия и за выполнение плановых заданий по всем показателям. В состав ферросплавного завода входит ряд основных и вспомогательных цехов. Задача основных плавильных цехов – производство ферросплавов. Вспомогательные цехи должны обеспечить высокопроизводительную бесперебойную работу основных цехов.

Наиболее эффективная система организации производства в ферросплавном цехе – это работа по регламентированному режиму – графику, предусматривающему выполнение производственных операций в последовательности и в сроки, обеспечивающие строгое выполнение установленного плана производства и реализации готовой продукции. Основой цехового планирования является график выпуска готовой продукции. График предусматривает порядок проведения ремонтов и их характер, а также регламентацию работы подсобных участков цеха (подача шихты, обработка металла, уборка шлака и пр.). Основные операции на печах также строго регламентированы или по длительности (завалка шихты и выпуск металла, уборка шлака и пр.), или по расходу электроэнергии. Суточный график работы цеха доводится до бригад в виде сменного задания.

1.6.2 Отделение шихтоподготовки

Отделение, шихтоподготовки ферросплавного цеха предназначено для хранения, подготовки и дозирования шихтовых материалов. Шихтовый двор цеха представляет собой закрытое помещение, где происходит хранение, подготовка и распределение материалов по бункерам.

Поступающая в железнодорожный вагонах шихта при помощи четырёх электромостовых грейферных кранов разгружается в соответствующие приямки. Смешивание (загрязнение) одного шихтового материала другим запрещается. Для создания необходимых запасов сырья допускается временное складирование шихтовых материалов на открытых складах (площадках). На случай перебоя в поступлении шихтовых материалов предусмотрена трёхсуточная норма запаса. Перед использованием шихтовые материалы проходят подготовку. Не раздробленный кварцит поступает по транспортерным лентам на грохота для отсева на фракции. Кокс и полукокс дробятся на четырёх валковых дробилках и поступают по транспортерным лентам на грохота отсева. Стружка подвергается отсеву на барабанном грохоте.

1.6.3 Плавильный корпус

Плавильный корпус представляет собой основную часть главного цеха и предназначен для размещения и обслуживания электропечей, а также для приёма и разлива готового сплава и удаления шлака. Он делится на два пролёта: печной и разливочный. Печной пролет служит для размещения и обслуживания плавильных электропечей, которые расположены вдоль цеха “в линию”. Печной пролёт выполнен многоэтажным.

На нулевой отметке пролёта расположены фундаменты плавильных печей, механизмы выкатки металловозных тележек, оборудование, подсобные помещения. Для обслуживания лётки установлены местные горновые площадки. Рабочая площадка, предназначенная для обслуживания печи; наблюдения за технологическим и электрическим режимами, представляет собой сплошное перекрытие, расположенное на отметке 5.3 м. На ней установлены пульта управления печами (одно помещение на две печи), зонты для удаления газов, помещения для инженерно-технического и дежурного персонала.

Для обслуживания механизмов перемещения и перепуска электродов служит электродная площадка, расположенная на отметке 16.0 м. Перекрытие на отметке 22.2 м служит для монтажа вентиляционных установок, наращивания электродных кожухов и загрузки электродной массы. Все перекрытия имеют сквозные проёмы по торцам цеха для обеспечения печей электродной массой. Над каждой печью расположены также проёмы для выполнения различных транспортных операций при ремонтах. Так же перекрытие на отметке 22.2 м. служит для крепления печных бункеров, размещения системы конвейерной подачи шихты в них.

Схема шихтоподачи представляет следующую схему: с горизонтального транспортера шихтового двора шихта поступает на наклонный транспортер, а затем на реверсивный горизонтальный транспортер, откуда шихта автостелой перегружается в печные карманы.

Модернизация дозаторов и внедрение средств автоматизированного контроля и управления на базе вычислительной техники позволяет снизить погрешность дозирующих систем и приблизить их к точности систем порционного дозирования.

Разливочный пролёт предназначен для приёма из печного пролёта металла и шлака, их первичной обработки, разливки сплава и передачи его на склад готовой продукции, подготовки и подачи к печам разливочной посуды, текущего ремонта посуды, приёма необходимых материалов и сменного оборудования для нормальной эксплуатации оборудования плавильного корпуса. С торцов разливочного пролёта имеется железнодорожный и автовозный въезд для ввоза пустой тары и вывоза коробок со сплавом и шлаком.

1.6.4 Склад готовой продукции

Коробки со сплавом, поступающие на склад готовой продукции, перегружаются с железнодорожной платформы, после чего подаются на взвешивающее устройство. Здесь сплав взвешивается.

Дробление ферросилиция осуществляется на специальных установках. После дробления получается ферросилиций фракций 0–15, 15–50, 50–100 мм.

Мелкая фракция (0,15 мм) обязательно упаковывается либо в мешки, либо в металлические барабаны объемом 283 дм³ и массой 33 кг. В барабан загружается до 450 кг сплава. Расфасовка дробленого ферросилиция осуществляется на специализированных линиях упаковки.

Более крупная фракция отправляется потребителю в полувагонах или в крытых вагонах, а так же в упакованном виде.

Контроль ферросилиция осуществляется группой контроля качества, которая следит, чтобы сплав не имел неметаллических включений и соответствовал фракционному и химическому составу.

1.7 Основные узлы печи

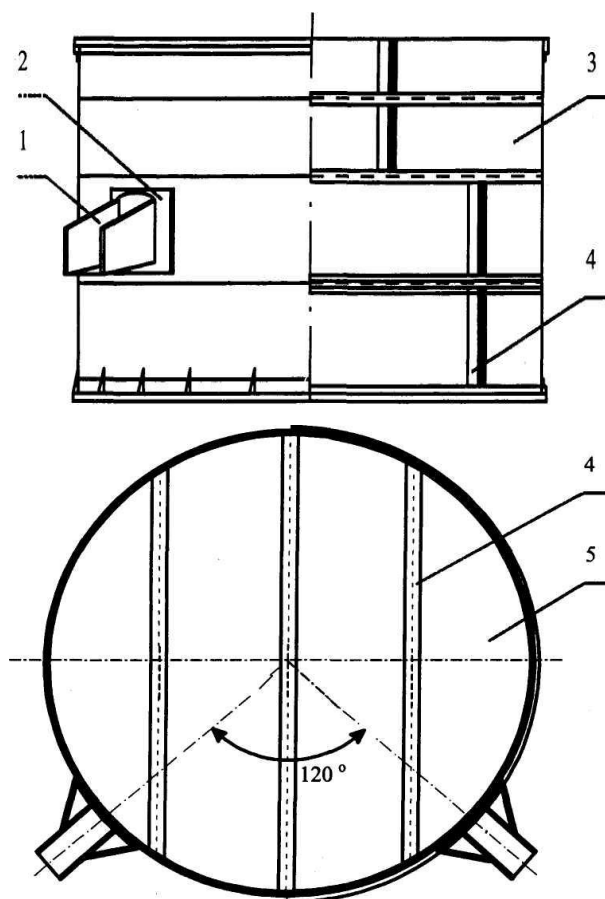
1.7.1 Конструкция ванны и кожуха

В открытой ферросплавной печи ванна представляет собой металлический сварной кожух; огнеупорная футеровка монтируется внутри кожуха. Кожух изготавливается из листовой стали толщиной 20 мм, днище изготавливается из листа толщиной 25 мм. Сварные швы кожуха с целью герметизации дополнительно уплотняются полосовыми накладками, проваренными сплошным сварным швом.

Два леточных отверстия, расположенные под углом 120°, усилены по периметру стальными пластинами – накладками толщиной 30 мм, закрепленными на кожухе периферийными сварочными швами и электрозаклепками. Леточная амбразура в кожухе ванны вырезается только для рабочей летки. Вырезка амбразуры резервной летки производится при ее

расконсервации в случае разрушения и выгорания огнеупоров основной летки. Вокруг леточных отверстий монтируется накладное водоохлаждение.

Кожух ванны смонтирован на постаменте из двутавровых балок, опирающихся на бетонный фундамент. В каналы между балками подается воздух для охлаждения днища. Кожух изображен на рисунке 3.



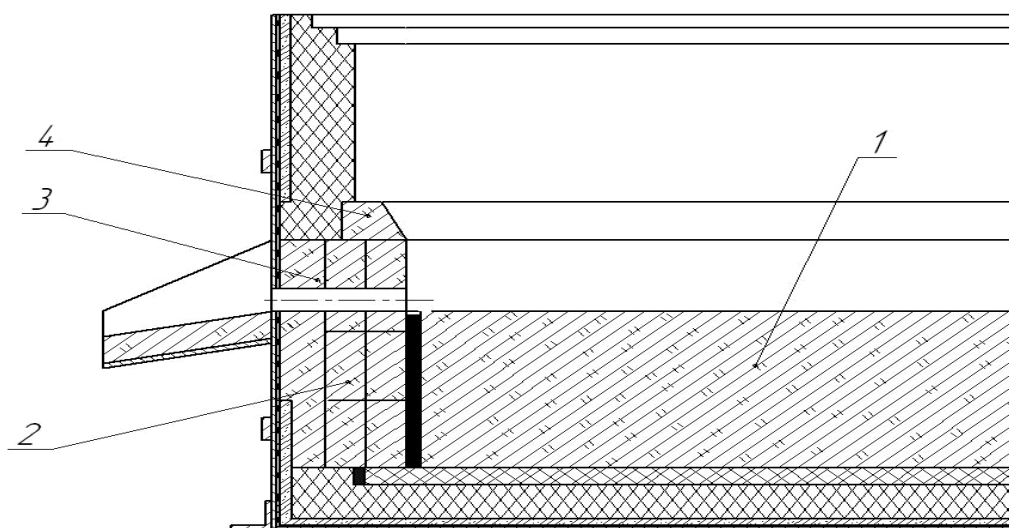
1 – лоток летки; 2 – амбразура летки; 3 – кожух ванны;
4 – уплотняющие накладки; 5 – днище ванны

Рисунок 3 – Кожух ванны печи

После того как закончили кладку кирпичной части подины, начинается возведение стен из мулито-корундового кирпича. Кладка ведется в перевязку на растворе из разбавленного до сметанообразного состояния высокоглиноземистого мертеля. Подовые угольные блоки устанавливают плашмя на последний ряд кирпичной кладки подины, который

предварительно прогревается, а затем выравнивается подовой массой толщиной 30 мм.

Футеровка леточного узла. На полагающийся по чертежу ряд угольных блоков укладывается нижний леточный блок, продольная ось которого располагается перпендикулярно оси леточного отверстия. На него вдоль оси летки укладывается основной леточный блок с заранее выполненным леточным каналом. Верхние леточные блоки устанавливают совместно со стеновыми. Все элементы леточного узла тщательно подгоняются друг к другу и притираются, т.к. леточный узел должен обладать высокой герметичностью. Футеровка леточного узла показана на рисунке 4.



- 1 – подовые угольные блоки; 2 – нижний леточный угольный блок;
3 – угольный блок с леточным каналом; 4 – надлеточные угольные
блоки

Рисунок 4 – Леточный узел ферросплавной печи

1.7.2 Низкий зонт

Газы в открытых печах сгорают непосредственно над колошником, а затем разбавляются воздухом. Проходя через слой шихты на колошнике, газы выносят с собой пыль, конденсаты паров кремния, марганца, кальция, железа и их окислов, а также мелкие частицы углеродистого восстановителя.

Газы, выделяющиеся на колошнике, улавливаются низким зонтом.

Зонт выполнен в виде двенадцатигранника. Короткая сеть располагается над зонтом. Отбор газа производится из двух газоходов. Для загрузки шихты служат 10 водоохлаждаемых трубоотечек. Обработка колошника производится машинами DDS через проемы, образуемые опускающимися заслонками.

Регулирование температуры газовоздушного пространства над колошником, а также доступ к поверхности колошника осуществляется посредством поднятия специальных шторок (заслонок). Приводом перемещения шторок служат лебедки, установленные на верхней отметке.

Зонт своей нижней частью опирается на рабочее перекрытие цеха. Сама крыша зонта помимо опоры на стенки зонта еще подвешивается к перекрытию цеха. Крыша зонта собрана из секций, соединенных между собой специальными кронштейнами через межфазную изоляцию. На крыше зонта устанавливаются уплотнения для исключения выбиваний пыли и газа, которые имеют специальные ролики, центрирующие электрододержатель в отверстии относительно крышки зонта, в свою очередь, стенки зонта, опираясь на перекрытие цеха, центрируют в конечном итоге сам электрод относительно ванны электропечи.

1.7.3 Электрододержатель, механизм перемещения, перепуска электродов

Основными эксплуатационными требованиями к электроконтактным узлам электрододержателя являются: обеспечение хорошего электрического контакта между электродом и контактной щечкой, подвод тока к электроду с минимальными электрическими потерями, а также увеличение стойкости и срока эксплуатации контактных щек.

В гидравлическом прижиме применен волнистый компенсатор – сильфон, позволяющий регулировать усилие прижатия щек дистанционно и

равномерно. Электрод выходит из-под них с хорошим качеством поверхности кожуха, что имеет важное значение для надежной и долговечной эксплуатации контактных щек, без их замен в период между капитальными ремонтами. Кроме того, увеличивается срок службы нажимного кольца, улучшается, электрические характеристики печи и увеличивается производительность электропечи за счет сокращения простоев.

Для безопасности работы в конструкции электрододержателя предусмотрена двойная защитная электроизоляция контактной щеки от несущей траверсы.

1.7.4 Механизм электрододержателя

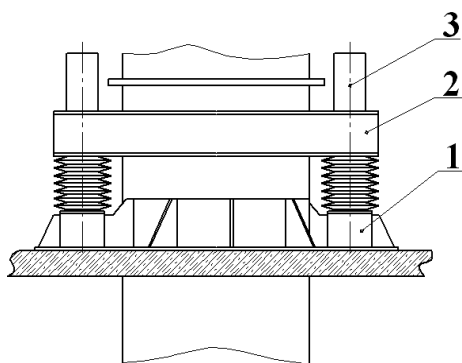
Существует ряд требований к электроконтактным узлам электрододержателя: обеспечение хорошего электрического контакта между электродом и контактной щекой; подвод тока к электроду с минимальными электрическими потерями; увеличение стойкости и срока эксплуатации контактных щек. Электрододержатель с гидropriжимом контактных щек состоит из несущей траверсы, к которой на изолированных тягах подвешено нажимное кольцо с сильфонами гидropriжима, водоохлаждаемых токоведущих труб, контактных щек. Используются контактные щеки с залитой в тело щеки медной трубой.

К подвесному кожуху контактная щека подвешивается на изолированной подвеске. Для изоляции контактной щеки от нажимного кольца в месте касания упора пружинного зажима в гнезде щеки вставлена стальная пластина, изолированная от тела контактной щеки асбестом.

1.7.5 Механизм перемещения электродов

Расход электрода и необходимость поддержания заданного электрического режима приводит к перемещениюсамооспекающихся электродов по ходу плавки.

Механизм перемещения электродов выполнен в виде двухплунжерного гидравлического механизма (рисунок 5). Основным конструктивным элементом этого механизма являются два плунжера, которые осуществляют перемещение электродов при подаче в них масла от маслонапорных установок. Плунжеры связаны между собой несущей траверсой (верхнее кольцо несущего цилиндра). Сверху траверсы устанавливается механизм перепуска электродов.



1 – опорный стакан; 2 – несущая траверса; 3 – плунжер

Рисунок 5 – Механизм перемещения электрода

Масло в плунжеры поступает при подаче сигнала от автоматического регулятора электрического режима печи на катушку золотника, находящегося в схеме питания гидроподъемника. Ход плунжеров гидроподъемников равен 1,425 м, скорость перемещения около 0,5 м/мин [5].

1.7.6 Механизм перепуска электродов

По мере сгорания электрода возникает необходимость его перепуска, т.е. удлинения рабочего конца электрода. Перепускание электродов

происходит без отключения печи с помощью гидравлического механизма перепуска.

Гидравлический механизм перепуска –двухзвеньевой клещевого типа. Кольца механизма, верхнее и нижнее, растачиваются в сборе на номинальный размер по диаметру электрода. Каждое кольцо удерживает электрод посредством щек, прижимаемых к электроду пружинами, расположенными тангенциально к поверхности электрода. При работе нижнее и верхнее кольца зажаты. Для перепуска подается рабочая жидкость в нижнее кольцо – кольцо разжимается. Затем рабочая жидкость подается в верхнюю полость вертикальных цилиндров и заставляет электрод вместе с верхним кольцом опускаться вниз на величину перепуска. Далее зажимается нижнее кольцо с помощью пружин. Рабочая жидкость подается в верхнее кольцо, кольцо разжимается, затем рабочая жидкость подается в нижнюю полость вертикальных цилиндров, происходит поднятие вверх верхнего кольца. С помощью пружин верхнее кольцо зажимается. Механизм готов к последующему перепуску.

1.7.7 Электроснабжение ферросплавной печи

Ферросплавные заводы являются энергоемкими потребителями электрической энергии. В зависимости от конструкции и мощности рудотермические электропечи оснащаются одним трехфазным или тремя однофазными трансформаторами. Обмотки трансформаторов соединяются по схеме «треугольник/треугольник» или «звезда/треугольник». Низковольтная обмотка обычно собирается в «треугольник», что позволяет снизить электрические потери и механические нагрузки в короткой сети. Печные трансформаторы устанавливают в непосредственной близости от печи.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Технико-экономическое обоснование проекции цеха

Проектируемый ферросплавный цех расположен в городе Юрга на территории ОСП «ЮФЗ» на существующих площадях. В данной работе предложен вариант установления трех рудотермических печей мощностью 29 МВА каждая. Производительность цеха составляет 100 тыс. тонн в год. Ферросилиций относится к продуктам глобального рынка, поэтому ОСП «Юргинский ферросплавный завод» в отличие от ОАО «Кузнецкие ферросплавы» обладает наиболее выгодным экономико–географическим положением.

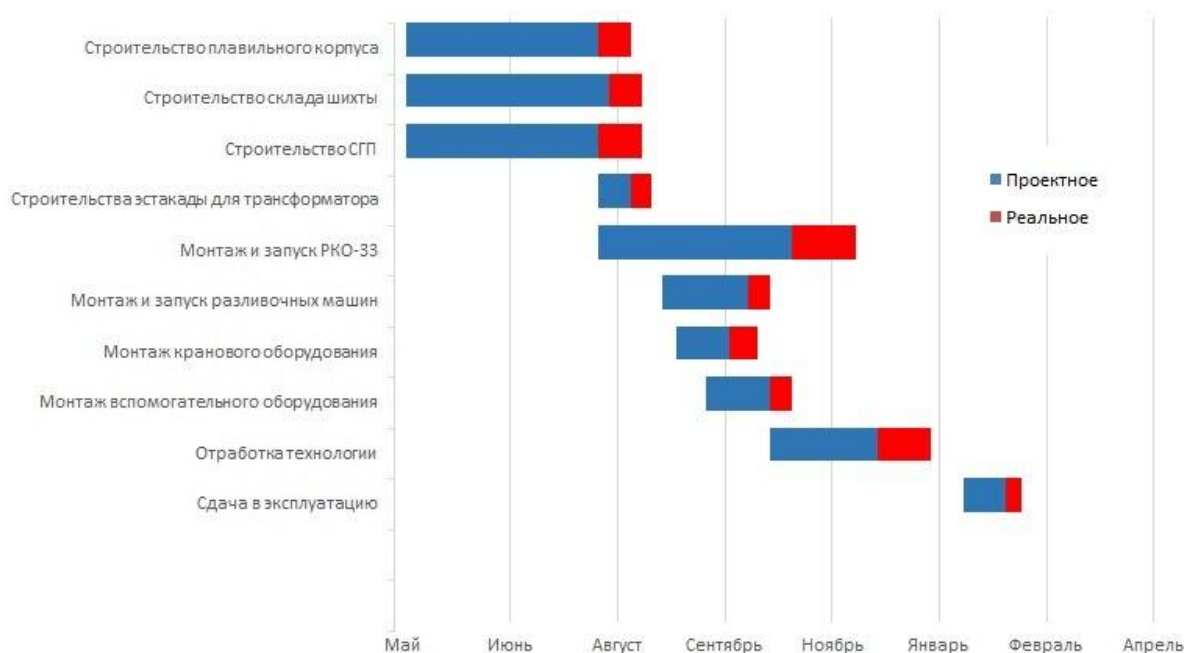


Рисунок 9 – Диаграмма запуска предприятия

4.2 Расчёт капитальных вложений в основные фонды при проектировании цеха

Таблица 16 – Расчёт основных фондов [21]

Наименование	Количество о единиц	Цена единицы, руб.	Полная стоимость, руб.	Норма амортизации ,%	Годовая сумма амортизации, руб.
1. Здания					
Плавильный корпус	1	2602048980	2602048980	3,1	186635180
Склад шихты	1	922641920	922641920	3,1	7018990
Всего по зданиям			3524690900		193654170
2. Сооружения					
Трансформаторная	3	51600290	154800870	4,7	2256400
Газоочистное	3	91938420	275815260	4,7	2733170
Прочее			11338090	4,7	5328900
Всего по сооружениям			219542200		10318470
3. Рабочее оборудование					
РКО-29	3	454937900	1364813700	6,7	91442510
Разливочный ковш	9	505000	4545000	11,1	504490
Дробилка четырёх валковая	3	9116950	27350850	10,0	2735080
Шлаковня	6	457300	2743800	6,5	608590
Трансформатор	3	60773500	182320500	6,7	12215470
Прочее			47183900	11,1	52373560
Всего по рабочему оборудованию			2053612850		159879700
4. Крановое оборудование					
Грейферный кран 20 т	3	13755900	41267700	5,0	2063380
Кран 20/5 т	1	12155900	12155900	5,0	124550
Кран 30/20 т	2	12255900	24511800	5,0	1225590
Кран балка	2	359500	719000	14,3	64170
Прочее			294569000	7,7	53481770
Всего по крановому оборудованию			373223400		56959460
Всего по цеху			10132006564		4020811800

Капитальные вложения цеха составляют:

$$10132006564 \cdot 1,5 = 15198009846 \text{руб.},$$

где 1,5 – коэффициент общезаводских коммерческих расходов.

4.3 Расчёт производственной мощности

Технически возможная производительность печи рассчитывается по формуле:

$$N_{мс} = \frac{24 \cdot S \cdot \cos \varphi \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{W}, \quad (68)$$

где S – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности (По [1] $\cos \varphi = 0,92$);

k_1, k_2, k_3 – коэффициенты перегрузки трансформаторов во времени (По [1] $k_1 = 0,97, k_2 = 0,97, k_3 = 0,99$);

W – удельный расход электроэнергии.

Таким образом:

$$N_{мс} = \frac{24 \cdot 33000 \cdot 0,92 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,99}{7806,425} = 102 \text{ т/сут.}$$

Суточная производительность цеха составит:

$$N_{сут} = N_{ТВ} \cdot n_{II} = 102 \cdot 3 = 306 \text{ т}, \quad (69)$$

где n_{II} – количество печей в цехе.

Номинальное время работы печей, суток:

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{кр} + T_{ппр}, \quad (70)$$

где $T_{ппр}$ – планово–предупредительный ремонт;

$T_{кр}$ – капитальный ремонт.

$T_{кал}$ – календарное количество дней.

Номинальное время работы печей составит:

$$T_{ном} = 365 - 10 + 15 = 350 \text{ суток.}$$

Фактическое время работы печей, суток:

$$T_{ф} = T_{ном} - T_{гп}, \quad (71)$$

где $T_{гп}$ – горячие простои.

Таким образом, фактическое время работы печей составит:

$$T_{ф} = 350 - 4 = 346 \text{ суток.}$$

Фактическая годовая производительность сплава по цеху составит:

$$B_{Г} = N_{мс} \cdot T_{ф} \cdot n_{II} = 102 \cdot 346 \cdot 3 = 105876 \text{ т/Г}, \quad (72)$$

где n_{II} – количество печей, 3 шт.

Годовой выпуск сплава по плану 100000 тонн/год.

Производственная мощность цеха составляет:

$$ПМ = \frac{B_{\Gamma}}{K_{им}} = \frac{105876}{0,92} = 115083 \text{ т/Г}, \quad (73)$$

где $K_{им}$ – коэффициент использования мощности, по[2] $K_{им} = 0,92$.

Производственные показатели цеха приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Производственные показатели цеха

Показатели	Индекс	Проектные данные
Мощность трансформатора, кВА.	W	29000
Баланс времени, сут.		
Календарное время, сут	T_k	365
Капитальные ремонты	$T_{кр}$	0
Планово-предупредительный ремонт	$T_{ППР}$	15
Горячие простои	$T_{кп}$	4
Фактическое время работы	$T_{ф}$	346
Длительность плавки ч.	$t_{пл}$	2
Количество плавов в фактические сутки	$n_{пл}$	72
Суточная производительность цеха, т/сут	$N_{ТВ}$	306
Годовая производительность, т/год	B_{Γ}	105876
Производительная мощность цеха, т/год	ПМ	115083

4.4 Расчет фонда заработной платы

При планировании зарплаты принимаем комбинированную систему оплаты труда, включающую повременно-премиальную оплату труда с начислением сдельных норм.

Штатное расписание рабочего персонала приведено в таблице 18.

Списочный состав работающих в цехе составляет 166 чел., из которых 21 служащие и ИТР, 145 основных и вспомогательных рабочих.

Тарифные ставки, установленные в цехе ОАО "Юргинские Ферросплавы" приведены в таблице 20.

Таблица 18 – Штатное расписание рабочего персонала

№ п/п	Участки и профессии	Разряд	Расстановка штата					Всего штат с подменой и резервом
			по сменам			подмена	резерв на невыходы	
			1	2	3			
Плавильные бригады								
1	Плавильщик	7	3	3	3	0	1	10
2	Плавильщик	6	3	3	3	0	1	10
3	Плавильщик	5	3	3	3	0	1	10
4	Горновой	6	3	3	3	0	2	11
5	Горновой	5	3	3	3	0	2	11
6	Горновой-инструктор	6	1					1
Итого								53
Шихтовый двор								
7	Дозировщик шихтового двора	2	3	3	3	2	1	12
8	Шихтовщик (бригадир)	3	1	1	1	1		4
	Шихтовщик	3	3	3	3	3	1	13
9	Шихтовщик-разбивщик	3	1	1	1	2		5
Итого								34
Машинист крана металлургического производства:								
10	на ГУР	4	3	3	3	2	1	9
11	в шихтовом дворе	4	2	2	2	3	1	10
Итого								19
Набивка электродов								
12	Электродчик	4		1				1
13	Электродчик	3		3				3
14	Электросварщик ручной сварки	4		1				1
Итого								5
Ремонт разливочных ковшей								
15	Огнеупорщик на ГУР	4	7					7
16	Слесарь-ремонтник (дежурный)	5	1	1	1	1		4
17	Слесарь-ремонтник (дежурный)	4	1	1	1	1		4
18	Слесарь-ремонтник	6		6				6
19	Слесарь-ремонтник	5		12				12
20	Электрогазосварщик	5		3				3
21	Слесарь-ремонтник шихтового двора	6		1				1

Продолжение таблицы 18

22	Слесарь-ремонтник двора	шихтового	5		3				3
23	Электрогазосварщик двора	шихтового	5		1				1
Итого									41
Электрослужба									
26	Электромонтер по обслуживанию электрооборудования		5	1	1	1	1		4
27			4	1	1	1	1		4
28	Электромонтер по ремонту и обслуживанию эл. оборудования		6		5				5
29			5		8				8
30	Слесарь-ремонтник по ремонту вентиляционной систем		6		1				1
31			5		1				1
32	Электромонтер по ремонту и обслуживанию эл. оборудования		6		1				1
33			5		4				4
34	шихтового двора								
Итого									29
Бригада по ремонту зданий и сооружений									
35	Бригадир		оклад		1				1
36	Штукатур-маляр		4		1				1
37	Кладовщик		оклад		1				1
38	Слесарь-ремонтник		6		1				1
39	Слесарь-ремонтник		5		6				6
40	Электрогазосварщик		5		2				2
41	Уборщик служебных помещений		оклад		1				1
42	Уборщик служебных помещений		оклад	2	3	2	2	2	11
Итого									25
Всего по цеху									145

Таблица 19 – Штатное расписание для ИТР и служащих

№	Категория работающих, должность	В смену, чел.	Количество смен	Численность
1	Табельщик	1	4	4
2	Начальник цеха	1	1	1
3	Заместитель начальника цеха	1	1	1
4	Старший мастер	1	1	1
5	Нормировщик	1	1	1
6	Бухгалтер	1	1	1
7	Начальник БТИЗ	1	1	1
8	Плавильщик инструктор	1	1	1
9	Горновой инструктор	1	1	1
10	Мастер шихтового двора	1	1	1
11	Экономист	1	1	1
12	Технолог	1	1	1
13	Механик	1	1	1
14	Энергетик	1	1	1
15	Сменный мастер	1	4	4
Итого:				21

Таблица 20 – Часовые тарифные ставки

Профессия	Тарифные ставки по разрядам, руб./ч.							
	7	6	5	4	3	2	1	Оклад
Плавильщик	52,92	46,73	39,36	–	–	–	–	–
Горновой	–	48,42	39,36	–	–	–	–	–
Дозировщик	–	–	–	–	–	13,00	–	–
Бригадир шихтовщиков	–	–	–	–	15,83	–	–	–
Шихтовщик	–	–	–	–	14,38	–	–	–
Шихтовщик-разбивщик	–	–	–	–	18,19	–	–	–
Машинист крана ГУР	–	–	–	24,53	–	–	–	–
Машинист крана ших. двора	–	–	–	14,38	12,04	10,92	9,84	–
Электродчик, огнеупорщик	–	–	–	18,19	17,06	–	–	–
Электросварщик ручной сварки	–	–	–	20,20	–	–	–	–
Слесарь-электромонтёр	–	24,02	18,60	15,95	13,73	11,68	9,84	–
Электрогазосварщик	–	–	18,19	–	–	–	–	–
Электромонтёр	–	20,24	19,08	17,16	13,73	11,68	9,84	–
Кладовщик	–	–	–	–	–	–	–	1759,5
Уборщик производственных и служебных помещений	–	–	–	–	–	–	–	1032,39
Бригадир службы ремонта помещений	–	–	–	–	–	–	–	3740,79

Таблица 21 – Тарифные ставки по разрядам

Тарифная ставка, руб/ч	Разряд			
	4	5	6	7
	37,05	39,36	46,73	52,92

Для расчёта средней заработной платы принимаем, что в цехе средний разряд шестой, тогда тарифная ставка будет равна 46,73 рублей. Исходные данные для расчёта заработной платы приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Исходные данные

Разряд	Тарифная ставка	Отработано часов			
		всего	ночных	вечерних	праздничных
6	46,73	192	64	32	8

Заработная плата по тарифной ставке за месяц определяется по формуле:

$$ЗП_{ппр} = ТС \cdot K_{час} \cdot K_{вп}, \quad (74)$$

где $ЗП_{ппр}$ – часовая тарифная ставка, руб/ч;

$K_{час}$ – количество отработанных часов в месяц;

$K_{вп}$ – коэффициент, учитывающий выполнение плана.

$$ЗП_{ппр} = 46,73 \cdot 192 \cdot 1 = 8972,16 \text{ руб./мес.}$$

Доплата за работу в ночное время $Д_{ночн}$, рассчитывается по формуле:

$$Д_{ночн} = K_{ч.ночн} \cdot ТС \cdot K_n, \quad (75)$$

где $K_{ч.ночн}$ – количество отработанных ночных часов в месяц;

$ТС$ – тарифная ставка, руб;

K_n – коэффициент, учитывающий доплату за работу в ночное время (40 % к тарифной ставке,

$$Д_{ночн} = 64 \cdot 46,73 \cdot 0,40 = 1196,29 \text{ руб./мес.}$$

Доплата за работу в вечернее время $Д_{веч}$, рассчитывается по формуле:

$$Д_{веч} = K_{ч.веч} \cdot ТС \cdot K_{веч}, \quad (76)$$

где $K_{ч.веч}$ – количество отработанных вечерних часов в месяц;

$K_{веч}$ – коэффициент, учитывающий доплату за работу в вечернее время (20 % к $ТС$).

$$Д_{веч} = 32 \cdot 46,73 \cdot 0,2 = 299,07 \text{ руб./мес.}$$

Доплата за работу в праздничные дни $D_{пр}$, рассчитывается по формуле:

$$D_{пр} = K_{ч. пр} \cdot TC \cdot K_{пр}, \quad (77)$$

где $K_{ч. пр}$ – количество отработанных праздничных часов в месяц;

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий доплату за работу в праздничные дни (100 % к TC).

$$D_{пр} = 8 \cdot 46,73 \cdot 1 = 373,84 \text{ руб./мес.}$$

Доплата за вредность $D_{вр}$, рассчитывается по формуле:

$$D_{вр} = K_{час} \cdot TC \cdot K_{вр}, \quad (78)$$

где $K_{вр}$ – коэффициент, учитывающий доплату за вредность (24 % к TC).

$$D_{вр} = 192 \cdot 46,73 \cdot 0,24 = 2153,3 \text{ руб./мес.}$$

Сдельная оплата, распределённая между рабочими, за выплавку одной тонны сплава составляет: 177,56 рублей. Рассчитываем сдельную часть заработной платы: одна печь за месяц выплавляет $102 \cdot 30,5 = 3111$ тонны в месяц, на одну печь приходится тонн: $3111 / 4 = 777,75$ тонн, на одной печи работает по 5 человек на одного человека приходится по 155,55 тонн.

Значит сдельная часть заработной платы составит:

$$155,55 \cdot 177,56 = 27619,4 \text{ руб.}$$

Премия за месяц $ПР_{мес}$, определяется по формуле:

$$ПР_{мес} = (TC \cdot K_{час} + СЧ) \cdot K_{п}, \quad (79)$$

где $K_{п}$ – коэффициент, учитывающий размер премии (50 %),

$$ПР_{мес} = (192 \cdot 46,73 + 27619,4) \cdot 0,50 = 18295,78 \text{ руб./мес.}$$

Основная заработная плата без начисления районного коэффициента определяется по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{ппр} + D_{ночн} + D_{веч} + D_{пр} + D_{вр} + СЧ + ПР_{мес}; \quad (80)$$

$$\begin{aligned} ЗП_{осн} &= 8972,16 + 1196,29 + 299,07 + 373,84 + 2153,3 + 27619,4 + 18295,78 = \\ &= 58909,84 \text{ руб./мес.} \end{aligned}$$

Заработная плата с учётом районного коэффициента определяется по формуле:

$$ЗП_{\text{мес}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot K_p, \quad (81)$$

где K_p – районный коэффициент (30 % от $ЗП_{\text{мес}}$).

$$ЗП_{\text{мес}} = 58909,84 \cdot 1,3 = 76582,8 \text{ руб./мес.}$$

Основной фонд оплаты труда рабочих составит:

$$\text{ОФОТ}_{\text{раб}} = ЗП_{\text{мес}} \cdot Ч_p,$$

где $Ч_p$ – численность рабочих, равная 145 человек.

$$\text{ОФОТ}_{\text{раб}} = 76582,8 \cdot 145 = 11104506 \text{ руб./мес.}$$

Зарплата управленческого персонала и специалистов составляет 10 % от фонда заработной платы рабочих. Основной фонд оплаты труда управленческого персонала и специалистов составит:

$$\text{ОФОТ}_{\text{рук}} = 11104506 \cdot 0,10 = 1110450,6 \text{ руб./мес.}$$

Таким образом, получаем среднемесячную заработную плату ИТР равной:

$$\frac{1110450,6}{21} = 52878,6 \text{ руб./мес.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП') на всех рабочих за год составит:

$$\text{ФЗП}' = (1110450,6 + 52878,6) \cdot 12 = 133888615,2 \text{ руб./год.}$$

4.5 Проектирование себестоимости продукции

Расчёт статьи материалов и накладных расходов

Таблица 23 – Затраты материалов на 1 тонну сплава[23]

Наименование затрат	Цена, руб/т	На 1 тонну сплава	
		Количество, т	Сумма, руб.
1. Сырьё			
Кварцит	525	1,661	872,02

Стружка	3800	0,251	953,8
Восстановительная смесь	2512,25	0,986	2477,08
Щепа	1068	0,099	105,73
Сидерит	4260	0,05265	224,3
Известь	4800	0,002	9,6
Шлак (–)	2041	0,003	6,12
Итого сырьё			4648,65
2. Расходы по переделу			
Электродная масса	5500	0,043	236,5
Электродная арматура	26290	0,01131	297,34
Итого			5182,1

Амортизация основных фондов:

$$a = \frac{A}{B_r} = \frac{42081180}{105876} = 397,5 \text{ руб./т.}, \quad (82)$$

где A – годовая сумма амортизации;

B_r – производительность цеха.

Фонд оплаты труда:

$$\Phi OT = \frac{\Phi ЗП}{B_r} = \frac{133888615,2}{105876} = 1264,6 \text{ руб./т.}, \quad (83)$$

где $\Phi ЗП$ – фонд заработной платы по цеху.

Отчисление на социальные нужды составляет 30% от $\Phi ЗП$.

$$CH = \Phi ЗП \cdot \frac{0,30}{B_r} = 133888615,2 \cdot \frac{0,30}{105876} = 379,4 \text{ руб.} \quad (84)$$

Расчёт статьи тепло энергоресурсов

Стоимость электроэнергии для выплавки 1 тонны сплава составляет:

$$\mathcal{E} = P \cdot C, \quad (85)$$

$$\mathcal{E} = 78,11 \cdot 3,2 = 234,33 \text{ руб./т.}$$

где P – расход электроэнергии, МВатт;

C – стоимость электроэнергии, руб.

Стоимость сжатого воздуха для выплавки 1 тонны сплава составляют:

$$\mathcal{E}_{\text{сж.возд.}} = P_{\text{сж.возд.}} \cdot C_{\text{сж.возд.}}, \quad (86)$$

$$\mathcal{E}_{\text{сж.возд.}} = 1,11 \cdot 23,90 = 26,53 \text{ руб./т.},$$

где $P_{\text{сж.возд.}}$ – расход сжатого воздуха, м³/т;

$C_{\text{сж.возд.}}$ – стоимость сжатого воздуха, руб.

Определяем затраты на техническую воду:

$$\mathcal{E}_{\text{техн.вода}} = P_{\text{техн.вода}} \cdot C_{\text{техн.вода}}, \quad (87)$$

$$\mathcal{E}_{\text{техн.вода}} = 61,155 \cdot 5,78 = 353,47 \text{ руб/т},$$

где $P_{\text{техн.вода}}$ – расход технической воды, л/т;

$C_{\text{техн.вода}}$ – стоимость технической воды, руб.

Полная цеховая себестоимость 1 тонны сплава складывается из статьи материалов, статьи тепло энергоресурсов, статьи заработной платы, цеховых расходов, таким образом, полная цеховая себестоимость сплава составляет:

$$\begin{aligned} Q_{\text{общ.}} &= N_{\text{сыр.}} + M_{\text{рас.}} + S_{\text{нак. рас.}} + a + \text{ФОТ} + \text{СН} + \mathcal{E} + \mathcal{E}_{\text{сж.возд.}} + \mathcal{E}_{\text{техн.вода}} = \\ &= 4648,65 + 5182,1 + 32691,61 + 397,5 + 1264,6 + 379,4 + 234,33 + 26,53 + \\ &\quad + 353,47 = 45178,19 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

4.6 Расчёт технико-экономических показателей цеха

Сумма этих затрат определяется по формуле:

$$K_{\text{ос}} = H_{\text{м}} + H_{\text{п}} + H_{\text{г}}, \quad (88)$$

где $H_{\text{м}}$ – норматив на производственные запасы сырья, руб.;

$H_{\text{п}}$ – норматив на незавершенное производство, руб.;

$H_{\text{г}}$ – норматив на готовую продукцию, руб.;

1) норматив на производственные запасы сырья:

$$H_{\text{м}} = \frac{\sum C_i \cdot B_{\text{ни}} \cdot d_i}{365}, \quad (89)$$

где C_i – себестоимость i -го вида шихты, тыс. руб.;

$B_{\text{ни}}$ – годовой выпуск i -го сплава, т;

$d_i = 15$ – норма запаса i -го вида шихты, дни.

Тогда:

$$H_M = \frac{4648,65 \cdot 105876 \cdot 15}{365} = 20226594,5 \text{ руб.}$$

2) Норматив на незавершенное производство:

$$H_H = \frac{B_H \cdot T_{ц}}{365 \cdot T_p} \cdot C_T \cdot K_H, \quad (90)$$

где $T_{ц}$ – длительность производственного цикла, дни;

T_p – время ремонтов, дни;

C_T – себестоимость единицы продукции, руб.;

K_H – коэффициент нарастания затрат.

$$K_H = \frac{M + 0,5 \cdot P}{M + P}, \quad (91)$$

где M – стоимость заданной шихты на 1 тонну сплава, руб.;

P – расходы по переделу на 1 тонну сплава, руб.;

$$K_H = \frac{4648,65 + 0,5 \cdot 45178,19}{4648,65 + 45178,19} = 0,54,$$

$$H_H = \frac{105876 \cdot 15}{365} \cdot 45178,19 \cdot 0,54 = 131849197,8 \text{ руб.}$$

3) Норматив на готовую продукцию:

$$H_{\Gamma} = \frac{B_N \cdot C_R \cdot d_R}{365}, \quad (92)$$

где $d_{\Gamma}=4$ – норма запаса готовой продукции, дни.

$$H_{\Gamma} = \frac{105876 \cdot 45178,19 \cdot 4}{365} = 62434932 \text{ руб.}$$

4) Сумма капитальных вложений в оборотные средства:

$$K_{oc} = 20226594,5 + 131849197,8 + 62434932 = 214510724,3 \text{ руб.}$$

5) Расчет удельных капитальных вложений в производственные фонды:

Рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{K_{of} + K_{oc}}{B_{\Gamma}}, \quad (93)$$

где $K_{\text{оф}}$ – капитальные вложения в основные фонды в, руб./т;

$K_{\text{ос}}$ – капитальные вложения в оборотные средства, руб./т.

$$K = \frac{1333993117,5 + 214510724,3}{105876} = 14625,6 \text{ руб./т.}$$

б) Определение экономической эффективности проекта.

Рентабельность продукции рассчитываем по формуле:

$$R_{\text{прод}} = \frac{Ц - C}{C} \cdot 100; \quad (94)$$

$$R_{\text{прод}}^{\text{баз}} = \frac{115000 - 45178,19}{45178,19} \cdot 100 = 52,3 \, \%. \quad (95)$$

Прибыль:

$$\Pi = \sum (Ц_i - C_i) \cdot B_{\text{нi}} = (15000 - 45178,19) \cdot 105876 = 6473258640 \text{ руб.} \quad (95)$$

Коэффициент экономической эффективности проекта:

$$E = \frac{\Pi}{K_{\text{оф}} + K_{\text{ос}}} = \frac{6473258640}{10132006564,5 + 214510724,3} = 0,42. \quad (96)$$

Тогда срок окупаемости составит:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,42} = 2,4 \text{ года.} \quad (97)$$

Таким образом, цех получит прибыль 6473258640 рублей, строительство окупится за 2,4 года.

Технико-экономические показатели цеха приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Показатели
Производственная мощность, т/год	115083
Годовой выпуск продукции, т/год	105876
Удельные капиталовложения, руб/т	14625,6
Стоимость основных фондов, руб.	10132006564,5
Стоимость оборотных средств, руб.	42081180
Численность, чел	
работающих	166
рабочих	145

Среднемесячная заработная плата, руб.	
Рабочих	76582,8
Руководителей	52878,6
Себестоимость тонны продукции, руб.	45178,19
Удельный расход электроэнергии на 1т:	7806
Прибыль, руб.	6473258640
Коэффициент экономической эффективности	0,42
Рентабельность продукции, %	52,3
Срок окупаемости, лет	2,4

В итоге определена чистая прибыль, показатель общей рентабельности производства и срок окупаемости данного проекта. Проведенный анализ этих показателей позволяет утверждать, что предложенный проект цеха для производства кремнистых сплавов является экономически эффективным.