

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 92 листа машинописного текста, 2 рисунка, 58 таблиц, 37 источников литературы, 1 приложение, графическую часть на 6 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса производства отливок из сталей для с годовым выпуском 21,5 тыс. тонн.

Произведен расчет основных отделений литейного цеха и выбор технологического оборудования для производства отливок. Разработана новая технология изготовления детали «Обтекатель».

В экономической части произведены расчеты по организации труда и заработной платы, себестоимость одной тонны годных отливок, срок окупаемости капитальных затрат.

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОТЛИВКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ, ОХРАНА ПРИРОДЫ, ОХРАНА ТРУДА, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

					ДП.22.03.02.919ПЗ				
					Проектирование литейного цеха по производству отливок из стали с годовым выпуском 21500 тонн	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				1:1	
Разраб.		Степанов							
Провер.		Бекетова							
					Пояснительная записка	Лист	3	Листов	92
Н. Контр.		Категоренко				ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-411сЛП			
Утв.		Гузанов							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ	8
1.1 Режим работы цеха.....	8
1.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	9
1.3 Производственная программа	9
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
2.1 Требования к отливке. Материал отливки и его свойства	11
2.2 Выбор способа производства	13
2.3 Формовочные, стержневые смеси и покрытия.....	15
2.3.1 Формовочная смесь	15
2.3.2 Стержневая смесь	17
2.3.3 Литейные покрытия.....	18
2.5 Определение размеров опок. Выбор конструкции и материалов.....	20
2.6 Расчет припусков на механическую обработку	22
2.7 Литейная форма и стержни.....	24
2.7.1 Технология изготовления полуформ.....	24
2.7.2. Изготовление стержней	26
2.8. Сборка и заливка формы.....	27
2.9. Расчет литниковой системы	28
2.9.1. Расчет оптимального времени заливки	28
2.9.2. Расчет площади поперечного сечения питателя	29
2.9.3. Расчет металлостатического напора.....	29
2.9.4. Определение площадей элементов литниковой системы	30
2.10. Выбивка, обрубка, очистка.....	30
2.11. Термообработка	31
2.13. Виды брака и методы предотвращения.....	33
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ	35
3.1. Плавильное отделение	35
3.1.1. Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока	35
3.1.2. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи.....	38
3.1.3. Расчет количества печей.....	42
3.1.4. Расчет количества ковшей.....	42
3.2. Смесеприготовительное отделение	44
3.2.1. Расчет оборудования смесеприготовительного отделения.....	46
3.3. Стержневое отделение	47
3.3.1. Расчет стержневых машин.....	48
3.4. Формовочно-заливочное отделение	50
3.5. Выбивное отделение.....	52

3.6. Отделение обрубки и очистки литья	54
3.7. Сводная ведомость оборудования	57
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	58
4.1. Безопасность труда.....	58
4.1.1. Характер труда.....	58
4.1.2. Условия труда	59
5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	68
5.1. Глобальные экологические проблемы.....	68
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами	69
5.3. Основные требования экологизации проекта.....	71
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.	72
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	74
6.1. Расчет численного состава рабочих	74
6.2. Организация и планирование заработной платы	78
6.3. Разработка системы стимулирования трудовой деятельности.....	81
6.4. Отчисления единого социального налога	82
6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений.....	83
6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции	85
6.7. Техничко-экономические показатели.....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	89
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – это основная заготовительная база, определяющая возможности дальнейшего развития многих отраслей народного хозяйства. Значение литейного производства для народного хозяйства страны и в первую очередь для машиностроения очень велико.

В настоящее время существует более ста различных способов изготовления литейных форм и получения отливок. Около 80 % от всей массы чугунных и стальных отливок получают в песчано-глинистых формах. Этим способом получают как мелкие, так и очень крупные отливки, литые детали простой и сложной формы не только из чугуна и стали, но также из различных цветных сплавов.

Литьём можно изготавливать заготовки любой конфигурации с минимальными припусками на обработку. Технологический процесс изготовления отливки механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок по сравнению с поковками, сварными конструкциями, деталями из проката.

Отсутствие новых технологий приводит к снижению уровня рентабельности и увеличению материальных, энергетических затрат и стоимости продукции.

Для выхода из сложившейся ситуации необходимо проводить реконструкции имеющихся предприятий, проектировать новые цеха, разрабатывать новые технологии, направленные на повышение качества литья, снижение трудоёмкости и улучшение условий труда и экологии.

Проектирование литейных цехов, имеющее большое количество исходных данных, является трудоемким и сложным процессом. Проектирование заводов осуществляется путем набора типовых специализированных цехов. При проектировании следует обеспечить блокировку производственных, вспомогательных и обслуживающих цехов, складов, административно-конторских и бытовых помещений.

При выборе необходимого оборудования необходимо ориентироваться на применение автоматических линий, комплексов, агрегатов, максимально исключая ручной труд. Такое оборудование позволит цеху выпускать качественное, конкурентоспособное стальное литье с соблюдением всех норм по технике безопасности и требований по охране окружающей среды. Кроме того, при проектировании следует учитывать, чтобы оборудование было загружено и интенсивно использовалось, оправдывался высокий уровень

механизации и автоматизации труда.

Проектируемый цех относится к сталелитейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения. Мощность цеха 21500 тонн годных отливок в год. В соответствии с производственной программой было выбрано и рассчитано оборудование, с помощью которого можно достичь заданной производительности цеха.

1 ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

1.1 Режим работы цеха

Режимы работы литейного цеха определяются очередностью выполнения операций технологического процесса изготовления отливок во времени и пространстве. От принятого режима работы зависит организация производственного процесса. Для литейных цехов применяются последовательные и параллельные режимы работы.

При последовательных режимах основные технологические операции литейного производства выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади.

При параллельных режимах работы все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках.

По сравнению с последовательными параллельные режимы работы имеют ряд преимуществ: сокращается производственный цикл изготовления отливок, рациональнее используется оборудование и площадь цеха, улучшается качество и снижается себестоимость отливок и др.

Сменность работы при этом режиме зависит от размеров и количества изготавливаемых отливок.

Литейный цех работает по трехсменному графику работы, по пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене. Действительный фонд времени Φ_d определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Календарный фонд времени определяется по формуле:

$$\Phi_k = D_k \cdot T_c, \quad (1)$$

где D_k – число календарных дней в году;

T_c – число рабочих часов в смене, ч.

$$\Phi_k = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ ч.}$$

Номинальный фонд времени определяется по формуле:

$$\Phi_n = (D_k - D_v - D_{пр}) \cdot T_c \cdot K_c, \quad (2)$$

где D_v – число выходных дней в году;

$D_{пр}$ – число праздничных дней в году;

$K_{см}$ – режим сменности.

$$\Phi_n = (365 - 98 - 16) \cdot 8 \cdot 3 = 6024 \text{ ч.}$$

Действительный фонд времени определяется по формуле:

$$\Phi_d = \Phi_n \cdot k, \quad (3)$$

где k – коэффициент учитывающий невыходы рабочего по уважительной причине ($k = 0,9$).

$$F_d = 6024 \cdot 0,9 = 5422 \text{ ч.}$$

1.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Для расчета потребного количества оборудования необходимо знать действительный фонд времени работы оборудования. Действительный фонд времени определяем по формуле:

$$F_d = F_H \cdot (1 - \alpha/100), \quad (4)$$

где α – потери времени на плановый ремонт, %;

F_H - номинальный фонд времени работы оборудования, ч.

Номинальный фонд времени работы оборудования составляет 2008 ч на одну смену, но так как в сутках 3 смены, то $F_H = 6024$ ч.

Таблица 1 - Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	F_H	α	Расчет F_d	Значение, ч
Смесеприготовительное	6024	6,5	$6024 \cdot (1 - 6,5/100)$	5632,4
Стержневое		4,5	$6024 \cdot (1 - 4,5/100)$	5752,9
Формовочное		5,5	$6024 \cdot (1 - 5,5/100)$	5692,7
Плавильное		5	$6024 \cdot (1 - 5/100)$	5722,8
Термообрубное		6	$6024 \cdot (1 - 6/100)$	5783,1

1.3 Производственная программа

Литейный цех специализируется на выпуске мелкого стального литья весом от 3 до 60 кг. Основная марка стали 25Л, 35Л по [1].

Баланс металла и производственная программа на год представлена в таблице 2. Годовой выпуск литья с учетом ремонтного литья и поставок запасных частей составил 21501,2 т. Жидкий металл на производственную программу составит 33448,8 т.

Таблица 2 – Производственная программа цеха

Массовая группа	Наименование отливки	Сплав	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС, кг	Общее количество отливок на программу, шт	Брак механ. цеха, шт	Брак литья, шт	Общее кол-во отливок с учетом брака, шт	Масса отливок без ЛПС на годовую программу, т	Масса жидкого металла на программу, т	Коэффициент выхода годного
0-10	Балочка	25Л	3,6	6,6	11,2	25000	1250	1750	28000	184,8	313,6	58,93
	Башмак	25Л	7,46	8,8	15,2	25000	1250	1750	28000	246,4	425,6	57,89
	Державка	35Л	3,3	4,2	6,5	25000	1250	1750	28000	117,6	182	64,62
	Крышка	25Л	7,8	10,7	17,1	25000	1250	1750	28000	299,6	478,8	62,57
	Кронштейн	35Л	10,6	13	22,3	25000	1250	1750	28000	364	624,4	58,3
окт.25	Упор	25Л	15,8	21,8	33,6	25000	1250	1750	28000	610,4	940,8	64,88
	Скользун	25Л	17	21,3	31,6	25000	1250	1750	28000	596,4	884,8	67,41
	Распорка	35Л	18,8	22,9	31,3	25000	1250	1750	28000	641,2	876,4	73,16
	Триангель	25Л	23,7	30,1	42,9	25000	1250	1750	28000	842,8	1201,2	70,16
	Люлька	35Л	15,9	18,4	25,4	25000	1250	1750	28000	515,2	711,2	72,44
25-50	Фитинг	25Л	28,8	32,9	53,5	25000	1250	1750	28000	921,2	1498	61,5
	Обтекатель	25Л	32	34,7	58,8	25000	1250	1750	28000	971,6	1646,4	59,01
	Клин	25Л	45,5	45,8	66,2	25000	1250	1750	28000	1282,4	1853,6	69,18
	Упор	35Л	26,3	50,4	90,1	25000	1250	1750	28000	1411,2	2522,8	55,94
	Венец	25Л	29,6	53,9	82,1	25000	1250	1750	28000	1509,2	2298,8	65,65
50-100	Крышка	25Л	55,3	64,9	95,1	25000	1250	1750	28000	1817,2	2662,8	68,24
	Корпус	25Л	69,3	76,9	122,5	25000	1250	1750	28000	2153,2	3430	62,78
	Ролик	35Л	70,3	78,6	131,2	25000	1250	1750	28000	2200,8	3673,6	59,91
	Звездочка	25Л	69,2	81,1	121,1	25000	1250	1750	28000	2270,8	3390,8	66,97
	Стойка	35Л	73,6	90,9	136,9	25000	1250	1750	28000	2545,2	3833,2	66,4
Всего:						500000	25000	35000	560000	21501,2	33448,8	

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Требования к отливке. Материал отливки и его свойства

Деталь «Обтекатель» с размерами $\varnothing 475 \times 250$ мм массой 32,0 кг входит в блок (грузоподъемное устройство, состоящее из системы подвижных и неподвижных блоков, огибаемых канатом или цепью и позволяющее получить выигрыш в силе). Отливка относится к третьей группе среди классификации стальных отливок по ГОСТ 977–88.

Таблица 3 - Классификация отливок по назначению [1]

Назначение	Характеристика
Общего назначения	Отливки деталей, не рассчитываемых на прочность.
Ответственные	Отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения.
Особо ответственные	Отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемые в условиях динамических и знакопеременных нагрузок.

«Обтекатель» в соответствии с таблицей 3 является отливкой третьей группы по ГОСТ 977-88, [1]. «Обтекатель» относится к отливкам особо важного назначения. «Обтекатель» работает в условиях значительных динамических и статических нагрузок, а так же в условиях непрерывного истирания его металлом, испытывая постоянные сильные удары и большие динамические давления при больших скоростях скольжения по металлу.

Поэтому отливка должна обладать высокой прочностью, необходимой для сохранения формы и высокой теплостойкостью, позволяющей сохранить твердость и прочностные свойства при длительном температурном воздействии.

Согласно приемосдаточным испытаниям качество отливок (внешний вид, размеры, расположение внутренних и наружных литейных дефектов) контролируется неразрушающим методом контроля по технической документации предприятия – заказчика в количестве 2% от партии, но не менее трех от каждой плавки.

Содержание химических элементов доходит от сотых долей до нескольких процентов. Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин.

Класс точности отливки 11-0-0-11 по ГОСТ Р 53464-2009. [5].

Эффективность производства и качества отливок зависят также от конструкции детали с точки зрения литейной технологии. Практика показывает, что наиболее квалифицированно этот вопрос решается при совместной работе конструктора и литейщика, так как помимо общих рекомендаций необходимо учитывать особенности технологического процесса, степень механизации, а также другие факторы, характерные для конкретного цеха.

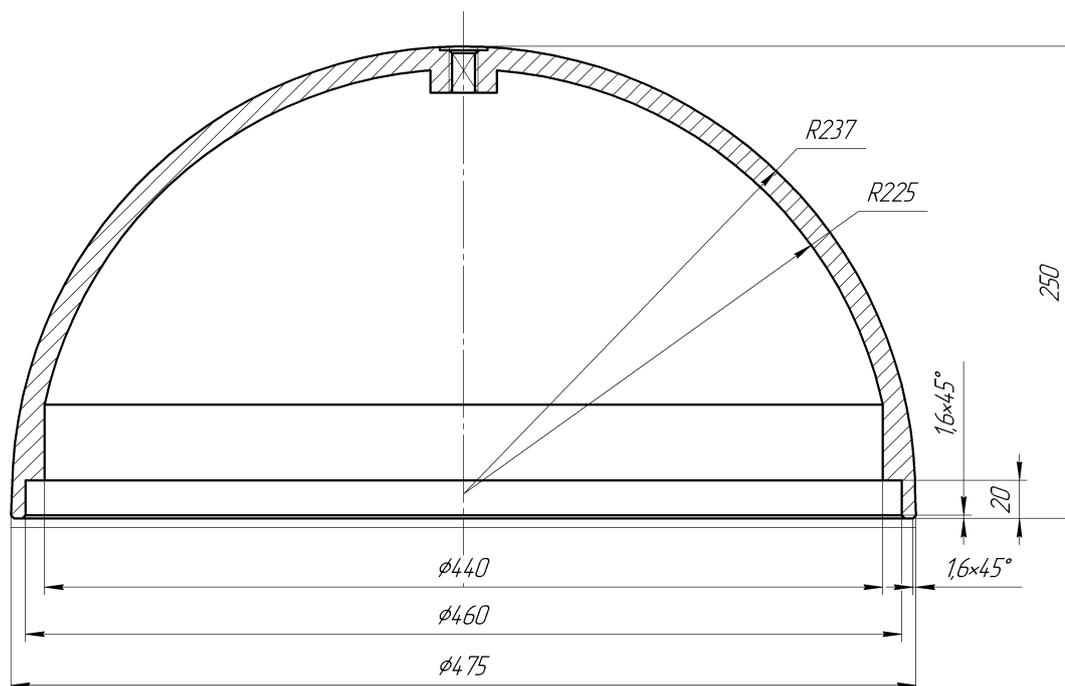


Рисунок 1 - Эскиз отливки «Обтекатель»

Выбор литейного сплава зависит от требований, предъявляемых к отливке. Состав сплава должен обеспечивать получение заданных свойств отливки (физических, механических и т.д.), а также обладать хорошими литейными свойствами высокой жидкотекучестью, стабильной усадкой, несклонностью к ликвации и образованию внутренних напряжений и трещин в отливках. Сталью называют сплав железа с углеродом (содержание углерода до 2,14%), марганцем, кремнием, фосфором, серой и другими элементами. Содержание химических элементов доходит от сотых долей до нескольких процентов. Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин.

Заливаемый в литейную форму расплав должен иметь химический состав, температуру и жидкотекучесть, соответствующие техническим условиям на отливку. Расплав не должен быть насыщен газами, не загрязнен шлаком и другими неметаллическими включениями. Кристаллизуясь в полости формы, расплав должен обеспечивать заданную структуру, а также механические и эксплуатационные свойства отливки. Деталь «Обтекатель» изготавливается из стали 25Л [1].

Данная сталь применяется для изготовления ответственных деталей с толщиной стенки до 50 мм и общей массой детали до 80 кг.

Таблица 4 - Химический состав стали 25Л по [1]

C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cr, %
0,22-0,30	0,45-0,90	0,20-0,52	0,04	0,04	0,22-0,30

* Не более Cu 0,03%, Ni 0,03%.

Механические свойства:

- временное сопротивление $\sigma_B = 441$ МПа;
- предел текучести $\sigma_T = 2351$ МПа;
- относительное удлинение $\delta = 19$ %;
- относительное сужение $\psi = 30$ %;
- ударная вязкость $KCU = 343$ кДж/м².

Физические и технологические свойства:

- удельный вес $\gamma = 7,85$ г/см³;
- температура начала затвердевания - 1500⁰ С;
- жидкотекучесть $K_{жт} = 1,0$;
- линейная усадка $\varepsilon = 2,2-2,3$ %,;
- свариваемость ограничено свариваемая;
- показатель трещиностойкости $K_{тy} = 0,2$;
- склонность к образованию усадочной раковины $K_{yp} = 1,2$.

2.2 Выбор способа производства

Качество литейной формы и получаемой в ней отливки непосредственно связано со свойствами формовочной и стержневой смесей. Необходимые значения свойств смесей зависят от вида сплава, из которого изготавливается отливка, ее массы, конфигурации и размеров, технических требований к отливке, способов литья и изготовления форм и стержней,

технологических особенностей оборудования, характера производства, наличия тех или иных формовочных материалов.

Применение литья в сырые формы обеспечивает относительно короткий производственный цикл, увеличивает производительность труда, снижает расход песка до 0,4 тонны на тонну литья.

Ограничением области применения сырых форм является их прочность, исходя из которой, максимальная масса изготавливаемых стальных отливок не должна превышать 0,5 тонны. В крупносерийном и массовом производстве при изготовлении отливок применяют единые смеси, основную долю которых (90-95%) составляет оборотная смесь. Основным наполнителем является отработанная, оборотная смесь, которая применяется после регенерации.

Регенерация песков - это обработка использованной смеси с целью возврата песков в производство, повторное применение которых не должно снижать качества смеси. Процесс регенерации состоит из предварительной подготовки отработанной смеси, заключающейся в ее дроблении или разминании комьев, магнитной сепарации и просеивании, и основной операции - отделения от зерен песка инертных пленок шамотизированной глины или других крепителей и обеспыливания песка.

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результаты предварительного анализа заказа и технологичности детали. При этом, как правило, определяющим фактором является серийность производства, реже – технические требования, предъявляемые к изделию, что влияет на стоимость формы и модельной оснастки. При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют специальные способы литья, а также литье в сырые песчаные формы, изготавливаемые на формовочных машинах или автоматических линиях.

Наиболее экономически выгодным является способ литья в сырые песчаные формы. Данный способ литья обеспечивает самый короткий цикл изготовления отливок. Принимая во внимание вышеизложенные данные, принимаю для своей отливки «Обтекатель» способ литья в песчаные разовые формы с формовкой, заливкой, охлаждением и выбивкой на конвейере. Для производства отливки применяю автоматическую формовочную линию «Künkel Wagner» с габаритами опок 1300×800×200/300/400 мм.

Выбирается этот способ, так как при этом достигается высокий уровень технологии, а также механизация и автоматизация изготовления отливок в песчаных формах, что позволяет получать отливки необходимой точности при высокой производительности с соблюдением необходимых санитарно-гигиенических условий.

2.3 Формовочные, стержневые смеси и покрытия

2.3.1 Формовочная смесь

Смесеприготовительный участок предназначен для изготовления стержневых и формовочных смесей. Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита. Подача кварцевого песка и глины в бункера бегунов производится ленточными транспортерами. Кварцевый песок должен быть сухим, не должен быть замусорен посторонними материалами.

Для изготовления форм в условиях цеха применяются песчано-глинистые смеси малой прочности, которые приобретают окончательную прочность на модели в процессе формовки в результате механического воздействия без каких-либо дополнительных тепловых или химических воздействий [2].

Смеситель формовочного материала является центральным узлом каждой установки для подготовки смеси. В первую очередь смеситель выполняет следующие операции в процессе подготовки смеси:

- оптимальная добавка воды и освежающих добавок;
- смешивание и однородность всех компонентов смеси.

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «Künkel Wagner». Смесей для изготовления форм на линии фирмы «Künkel Wagner» готовят в автоматическом смесеприготовительном комплексе при помощи вихревого смесителя модели WM20 с объемом замеса 8 м³. Вихревые смесители «Künkel Wagner» – это прочные, надежные и долговечные агрегаты для подготовки смеси, с автоматическим управлением влажностью, отвечающие самым высоким требованиям к технологии подготовки формовочной смеси [4].

Для приготовления смесей используют отработанную смесь, которая подается ленточным транспортером в магнитный сепаратор (для выборки остатков металлов в горелой смеси). Далее транспортирование происходит с помощью ковшового элеватора на полигональное сито, на котором разбиваются комья земли, и просеянная земля попадает в промежуточный бункер горелой смеси.

Из промежуточного бункера смесь попадает в охладитель горелой смеси, в котором происходит охлаждение до температуры заданной технологическим процессом. После чего смесь транспортируется в накопительный бункер.

Однородная смесь приготавливается в вихревом смесителе, в который все необходимые исходные компоненты попадают из автоматических дозирующих весов. С помощью автоматической системы проверки параметров определяется качество и свойства приготовленных смесей, после чего транспортируют готовую смесь на участки изготовления стержней и формовку. Единые смеси применяют при машинной и автоматической формовке в цехах серийного и массового производства. При переработке для повторного применения в них вводят достаточное количество свежих материалов для придания высоких технологических свойств.

Единая смесь готовится следующим образом: в смеситель загрузить обратную смесь, кварцевый песок, бентонит и перемешивать. Добавить необходимое количество воды и перемешивать. Далее проверить физико-механические свойства наполнительной смеси, при необходимости откорректировать дозировку составляющих. Влажность смеси в летний период допустимо увеличивать на 0,5%. Все операции происходят в автоматическом режиме. Оператор контролирует параметры на мониторе и при необходимости делает поправки.

Такая технология подготовки формовочной смеси позволяет максимально полно использовать возможности современных многокомпонентных формовочных связующих, предназначенных для получения качественных отливок с высокой чистотой поверхности.

Отработанная смесь составляет основу производственной формовочной смеси. Ее температура и остаточная влажность всегда непостоянна, поэтому она должна быть предварительно охлаждена, просеяна, очищена от остатков стержней, металла, пыли и увлажнена не менее чем до 1,8-2,4%. Свойства смеси должны соответствовать нормам, указанным в таблице 5. Состав смеси должен соответствовать указанным в таблице 6.

Таблица 5 - Нормы формовочной смеси [3]

Наименование показателя	Норма
Влажность, %	4,0-5,0
Газопроницаемость в единицах, не менее	120
Прочность на сжатие в сыром состоянии МПа	0,04-0,06

Таблица 6 - Состав формовочной смеси [3]

Наименование составляющих	% по объему	Количество, кг
Смесь обратная	90,0	900
Песок кварцевый сухой	5,0	50
Бентонит	5,0	50
Вода	4,0-5,0	40-50

2.3.2 Стержневая смесь

Процесс приготовления стержневых смесей сводится к следующим операциям: дозированию всех компонентов смеси, необходимых для получения заданной смеси; загрузка компонентов в определенной последовательности; перемешивание компонентов для обеспечения однородности и заданных свойств смеси.

В литейном цехе для изготовления стержней используются холоднотвердеющие смеси с продувкой газовым катализатором. Физико-механические свойства, состав и порядок приготовления стержневых смесей, противопопригарных и разделительных составов устанавливается стандартом предприятия. Применение для изготовления стержней холоднотвердеющих смесей значительно повышает точность стержней и, в конечном счете, точность отливок, улучшает чистоту поверхности литья. Снижение литейных припусков позволяет снизить затраты на механическую обработку.

В качестве исходных компонентов для приготовления стержневых смесей применяются:

Песок кварцевый основной марки $1K_2O_2$ фракций 016, 02, 025, 03 по ГОСТ 2138-98;

- смола «Резамин А»;
- смола «Резамин Б»;
- связующее «Резамин К».

В цехе для изготовления стержней для отливки «Обтекатель» используется cold-box-amine процесс с использованием связующих - фенольной смолы и полиизоцианата и газовым катализатором триэтиламино [3]. Ниже приведен рекомендуемый состав стержневой смеси и ее технологические свойства.

Таблица 7 - Состав стержневой смеси

Смесь	Состав смеси, массовая доля			
	Песок кварцевый	Смола «Резамин А»	Смола «Резамин Б»	Отвердитель «Резамин К» триэтиламин
Стержневая	100,0%	0,6 % от песка	0,6 % от песка	8% от смолы «Резамин А»

Основным компонентом стержневой смеси является сухой кварцевый песок, который должен соответствовать следующим требованиям: температура песка в пределах 18-30° С, влажность - не более 0,5%.

Для приготовления стержневой смеси используются встроенные смесители непрерывного действия фирмы «Laetpre» на стержневом автомате

«Laemre L10». Приготовление стержневой смеси производится на одноколейных высокоскоростных непрерывных смесителях L3 производительностью 3 т/ч холоднотвердеющей смеси.

Смеситель оборудован дозатором песка и устройствами подачи жидких компонентов. Конструкция смесителя предусматривает блокировку, обеспечивающую остановку привода лопастного вала и прекращение подачи компонентов смеси при открытых люках для обслуживания смесителя. Смеситель имеет герметичную систему и исключает выход катализатора, связующих или неготовой смеси.

Песок поступает в смеситель из расходного бункера расположенного над стержневым автоматом. Для предотвращения смешивания частей А и Б смолы без песка на бункере установлены датчики верхнего и нижнего уровня песка. При срабатывании датчика нижнего уровня работа смесителя блокируется. Связующие передаются к оборудованию из помещения для хранения напольным транспортом.

Связующие перекачиваются насосом в термостатированную емкость для подогрева связующих, и другим насосом подаются в смеситель. Термостатированные емкости должны иметь поддоны для сбора на случай разлива связующих.

Катализатор для cold-box-amine процесса перекачивается насосом в расходный бачок газогенератора. Процесс затвердевания начинается, когда смола смешивается с песком. Сначала затвердевание идет медленно, а затем непрерывно ускоряется до тех пор, пока реакция не завершится.

Затвердевшая форма имеет очень малую эластичность, поэтому модель должна иметь тщательно продуманный формовочный уклон и гладкие поверхности [2].

2.3.3 Литейные покрытия

Литейные покрытия – слои материалов, наносимые на поверхность форм и стержней, придающие поверхности отливки заданные свойства или оформляющие требуемую конфигурацию отливки [2].

Для изготовления отливки «Обтекатель» применяют разделительные покрытия, наносимые на модели и стержневые ящики для облегчения съема песчано-глинистых форм и противопопригарные краски, которые увеличивают поверхностную прочность, уменьшают осыпаемость и термохимическую стойкость форм и стержней, обеспечивая получение чистых отливок.

Таблица 8 - Состав разделительного покрытия

Наименование показателя	Норма
Керосин осветительный, %	85 - 89
Связующее литейное УСК-1, %	15 - 11

В качестве разделительного покрытия используется смесь керосина с УСК, а для покраски стержней используется спиртовая быстросохнущая противопопригарная краска на основе дистенсиллиманита.

Требования на противопопригарные, разделительные покрытия:

- исходные материалы для приготовления противопопригарных красок, разделительных смазок, клеевых составов, должны соответствовать требованиям стандарта предприятия [3];

- для приготовления красок использовать чистые ёмкости, перемешивание остатков краски с вновь приготовленной недопустимо;

- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать по стандарта предприятия, [3];

- противопопригарные краски должны иметь хорошую кроющую способность, обеспечивать высокую прочность сцепления с поверхностью формы или стержня.

Спиртовая противопопригарная краска на основе дистенселиманита. Состав противопопригарной краски на основе дистенселиманита должен соответствовать стандарту предприятия [3]. Данные представлены в таблице 9. Состав водного раствора лигносульфанатов технических в зависимости от плотности должен соответствовать стандарту предприятия [3].

Порядок приготовления:

В проверенный на крепость этиловый спирт, засыпать небольшими порциями поливинилбутераль при непрерывном перемешивании. Оставить на 4 суток для набухания и полного растворения. Раствор перемешивать 3-4 раза в смену. В полученный раствор засыпать покрытие противопопригарное порошкообразное марки ЭС-1 или ЭС-2. Перемешать до получения однородной массы необходимой плотности.

Таблица 9 - Состав противопопригарной спиртовой краски на основе ЭС-1,2

Показатель	Количество по объему, %	Количество, л
Покрытие марок ЭС1, ЭС-2	До плотности 1,4-1,8 г/см ³	-
Поливинилбутераль	4-6	0,4-0,6
Этиловый спирт или растворитель 646	100	10

2.4 Модельно литейная оснастка

Для изготовления песчаных форм применяют различные модели, воспроизводящие геометрию отливки, а также модели прибылей, литниковой системы, выпоров и т.д. Формовка осуществляется в специальных литых или сварных рамках, называемых опоками.

Стержни изготавливают в стержневых ящиках. Все это вместе называют модельно-стержневой оснасткой, т.е. средствами технологического оснащения, дополняющими литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливок. Опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевого сплавов.

Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования [4].

Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект в который входят: модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы, модельные плиты, шаблоны для изготовления форм и стержней.

По типу материала подразделяют на деревянные, металлические, неметаллические. Основным материалом для серийного производства является алюминий, чугун и сталь. Металлические модели и стержневые ящики в серийном производстве для отливок с высоким классом точности, низкой шероховатостью поверхностей, при большом количестве съёмов с одной модели.

В модельный комплект входит:

- монтаж моделей верха, материал АК7ч;
- монтаж моделей низа, материал АК7ч;
- стержневой ящик №1 материал АК7ч;
- плита модельная сталь 35Л.

2.5 Определение размеров опок. Выбор конструкции и материалов

Важным является определение оптимального числа отливок в форме. При крупносерийном и массовом изготовлении песчаных форм на машинах, а

также при использовании специальных способов литья необходимо стремиться к максимальной металлоемкости формы.

При выборе опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличение затрат труда на уплотнение формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси.

Основополагающие факторы при выборе опок:

- от типа применяемой смеси;
- от принятого техпроцесса, способа уплотнения, конфигурации, массы отливки, количества отливок;
- от расположения отливок в форме, от размеров литниково-питающей системы.

Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. В зависимости от массы жидкого металла и толщины стенки отливки, выбирают соответствующую толщину песчаной формы от нижней, верхней и боковых стенок отливки, а также расстояния от прибыли, обеспечивающие соответствующую прочность формы.

На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования.

После выбора размера опок в свету подбирают ее стандартный размер по высоте. При этом высота нижней и верхней опоки может приниматься при необходимости и неодинаковой. Это определяется высотой отливки, выбором места разъема модели, наличием или отсутствием прибыли, наличием заливочной воронки или чаши и т. д [4].

Минимальные размеры опок можно определить, если к габаритным размерам прибавить некоторое расстояния, которое я выбираю по таблице 10 из [5].

Таблица 10 - Зависимость толщины слоя формовочной смеси на различных участках формы от массы отливки

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	От верха модели до верха опоки	От низа модели до низа опоки	От модели до стенки опоки	Между моделями	Между моделью и литниковым ходом
26-50	70	90	50	60	40

Рассчитаем размер опок для отливки:

Общая минимальная длина (в опоке 4 отливки)

$$L_{\min} = 50 + 475 + 60 + 40 + 60 + 475 + 50 = 1210 \text{ мм.} \quad (5)$$

Принимаем стандартный размер опоки 1300 мм.

Общая минимальная ширина (в опоке 4 отливки)

$$S_{\min} = 50 + 475 + 60 + 40 = 625 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 800 мм.

Общая минимальная высота верхней опоки

$$H_{\min} = 70 + 255 = 325 \text{ мм.}$$

Общая минимальная высота нижней опоки

$$H_{\min} = 90 + 0 = 90 \text{ мм.}$$

На автоматической формовочной линии «Künkel Wagner» используются опоки с габаритами в свету 1300×800×400×400 мм.

2.6 Расчет припусков на механическую обработку

Для определения конструктивных размеров модельных комплектов в первую очередь необходимо установить припуски на механическую обработку, припуски на усадку и формовочные уклоны.

Припуски на механическую обработку назначают по ГОСТ Р 53464-2009 [5]. Этот ГОСТ [5] распространяется на отливки из черных и цветных металлов и сплавов и регламентирует допуски на размеры, массу и припуски на механическую обработку.

В литейном производстве на отливку необходимо наносить припуски на механическую обработку. Припуски на обработку назначают дифференциально на каждую обрабатываемую поверхность отливки. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующим:

1. По принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем степень точности поверхностей (Приложение В, таблица В.1, [5]).

Принимаем технологический процесс - литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 3,5% до 4,5% с прочностью от 60 до 120 кПа, со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц; Выбираем сплав - термообработываемый черный сплав (25Л); Наибольший габаритный размер отливки - 475 мм. Степень точности отливки – 11.

2. По степени точности поверхности определяем ряд припуска отливки (Приложение Е, таблица Е.1, [5]).

Выбираем по таблице 7 ряд припуска.

3. На основании принятого технологического процесса получения отливки, наибольшего габаритного размера и типа сплава выбираем класс размерной точности отливки (Приложение А, таблица А.1, [5]): выбираем 11 класс размерной точности.

4. По отношению наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки), типу формы (разовые или многократные), намеченной термообработке, определяется степень коробления элементов отливки (Приложение Б, таблица Б.1).

$$\text{Ст.кор} = 12 / 475 = 0,025$$

Выбираем степень коробления 8.

5. По интервалу номинальных размеров и классу размерной точности детали определяем допуск размеров отливки (таблица 1, [5]);

Размер 475 - допуск размера 7,0 мм;

6. По номинальному размеру нормируемого участка отливки и степени коробления элементов отливки выбираем допуск формы и расположение элементов отливки (таблица 2, [5]): равный 2,4 мм;

7. На основании допуска размеров отливки и допуска формы и расположения поверхности, определяем общий допуск элемента отливки (Приложение И, таблица И.1): выбираем общий допуск элемента как 9,0 мм.

8. По общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (таблица 6, [5]): равный 7,5 мм (т.к. из соотношения допусков размера обработанной детали к допуску расположения элементов отливки, выбираем вид окончательной механической обработки как полуставая).

Согласно [5] припуск на механическую обработку не должен превышать данного значения. Выбираем размер припуска от 5,0 до 7,5 мм.

При выбранном способе формовки детали в целях обеспечения заданных размеров, формы и шероховатости детали принимаем следующие припуски:

- припуск 5 мм по нижней поверхности отливки;
- припуск по диаметру Ø460 мм;
- припуск 5 мм по Ø35 мм.
- заглушаем отверстие 12 мм.

Вес припусков на механическую обработку рассчитываем по формуле:

$$m = V \cdot \rho, \tag{6}$$

где V – объем припуска, см³;

ρ – плотность жидкого металла, г/см³.

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h = \frac{3,14}{4} \cdot (475^2 - 460^2) \cdot 0,05 = 55048,125 \text{ м}^3. \quad (7)$$

$$m_{\text{пр на мех. обр.1}} = V_1 \cdot \gamma = 55048,125 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 429,4 \text{ г.}$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h = \frac{3,14}{4} \cdot (460^2 - 440^2) \cdot 20 = 282600 \text{ м}^3.$$

$$m_{\text{пр на мех. обр.2}} = V_2 \cdot \gamma = 282600 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 2204,3 \text{ г.}$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h = \frac{3,14}{4} \cdot 12^2 \cdot 24,5 = 2769,48 \text{ м}^3.$$

$$m_{\text{пр на мех. обр.3}} = V_3 \cdot \gamma = 2769,48 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 21,6 \text{ г.}$$

$$V_4 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h = \frac{3,14}{4} \cdot 35^2 \cdot 5,0 = 4808,125 \text{ м}^3.$$

$$m_{\text{пр на мех. обр.4}} = V_4 \cdot \gamma = 4808,125 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 37,5 \text{ г.}$$

$$m_{\text{пр на мех. обр.}} = 429,4 + 2204,3 + 21,6 + 37,5 = 2692,8 \text{ г} = 2,7 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{отл.}} = m_{\text{дет.}} + m_{\text{пр на мех. обр.}} = 32 + 2,7 = 34,7 \text{ кг.}$$

Для дальнейших расчетов массу отливки примем 34,7 кг.

Вес припусков на механическую обработку составляет 2,7 кг. Чистый вес (вес детали) – 32,0 кг. Итого ориентировочно вес литой заготовки – 34,7 кг. Точный вес устанавливается на производстве после комиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания.

2.7 Литейная форма и стержни

2.7.1 Технология изготовления полуформ

Исходя из заданной программы для проектируемого цеха, необходимо выбрать способ производства литых деталей, используя при этом прогрессивные методы их получения. На выбор способа производства отливок влияют такие факторы как серийность производства (производственная программа), масса и габариты отливок, наличие сырьевой базы, требования к точности отливок по массе и размерам, себестоимость производства.

Для производства данного сортамента литья подходят способ производства: литье в сырые песчано-глинистые формы. Этот способ производства обеспечивает необходимое качество отливок и имеет ряд преимуществ:

- сравнительно низкая себестоимость изделий;
- доступность и не дефицитность сырья;
- отработанность и изученность технологии;
- возможность механизации и автоматизации процесса;

- практически нет ограничений по весу и габаритам отливок.

Исходя из этого выбираем способ производства литье в сырые песчано-глинистые формы используется автоматический смесеприготовительный комплекс «Künkel Wagner», класс точности получаемых отливок 8-11. Главными операциями, определяющими качество форм и отливок, являются качество смеси и извлечение модели из форм.

Процесс изготовления форм на автоматической линии обеспечивается предварительным встряхиванием с последующим одновременным встряхиванием и дифференциальным уплотнением. Распределение плотности смеси в форме при уплотнении встряхиванием неравномерно. Слои смеси, лежащие у модельной плиты, гораздо более уплотнены, чем слои, лежащие в верхней части формы, так как при ударе каждый верхний слой воздействует на нижний. По этой причине верхние слои формы имеют малую плотность, практически равную насыпной массе смеси, что не обеспечивает требуемой прочности формы.

Наибольшая неравномерность уплотнения формы наблюдается вблизи углов модели. Встряхиванием можно уплотнять формовочные смеси любой прочности во влажном состоянии. К недостаткам способа следует отнести высокий уровень шума при работе встряхивающих машин, значительные нагрузки на фундамент. Эти недостатки устраняются при рациональной конструкции машин. Для устранения основного недостатка встряхивания – слабого уплотнения верхних слоев формы – встряхивание совмещено с прессованием.

Уплотнение смеси встряхиванием с допрессовкой позволяет обеспечить высокую и равномерную плотность и прочность формы, получение отливки высокого качества, что обеспечивается в автоматической формовочной линии «Künkel Wagner». Допрессовка многоплунжерными колодками («Airpress» - дифференциальное прессование) осуществляется следующим образом. Рабочие полости цилиндров прессовой колодки соединены и образуют сообщающиеся сосуды, заполненные рабочей жидкостью.

При прессовании слои машины с модельной плитой и опокой подвергается встряхиванию, а плунжеры опускаются, уплотняя верхний слой формовочной смеси. Степень сопротивления смеси движению отдельных плунжеров различна, а плунжеры меняют свое положение в соответствии с сопротивлением смеси. При этом жидкость перетекает из полости одного цилиндра в другие, а давление остается постоянным. Это обеспечивает течение и равномерное распределение плотности смеси. Такая прессовая колодка называется активной.

Приспособление имеет три отдельных зоны прессования:

- одна зона с наружными квадратными пуансонами. Эти наружные пуансоны снабжены дополнительным прессовым стержнем, который формирует предохранительный желоб вплотную к стенке опоки для приема возможного излишка жидкой стали и для усиления прочности формы особенно на стенке опоки.

- две отдельно регулируемые группы пуансонов с круглыми пуансонами для оптимального уплотнения

- для всех трех зон давления есть возможность бесступенчатой и друг от друга независимой регулировки прессового давления.

Только таким образом можно надежно получать формы наилучшего качества крупными сериями.

После уплотнения формовочной смеси в опоке и получения необходимой твердости порядка 60 ед. для верхней и 70 ед. для нижней полуформы, последняя вместе с моделью передается на кантователь полуформы, а с него на механизм вытяжки модели из полуформы. Модель посредством кантователя моделей поворачивается на 180^0 и по возвратному конвейеру подается на позицию сборки, а полуформа низа при помощи передаточной тележки перемещается на конвейер заправки и отделки полуформ низа. Полуформы верха движутся по конвейеру параллельно движению полуформ низа. После заправки и отделки полуформ верха и низа полуформа верха кантуется и поступает на позицию сборки.

2.7.2 Изготовление стержней

Оснастка для изготовления стержней (стержневые ящики) складывается в модельной мастерской. Технологический процесс изготовления стержней из холодно-твердеющих смесей основывается на свойстве связующих быстро отверждаться при воздействии катализаторов или газовых отвердителей и включает себя следующие операции:

- сборка стержневого ящика;
- автоматический обдув стержневого ящика сжатым воздухом;
- автоматическое нанесение разделительного покрытия;
- заполнение ящика стержневой смесью;
- продувка смеси в стержневом ящике газообразным катализатором;
- продувка стержня в стержневом ящике воздухом для удаления катализатора;
- раскрытие стержневого ящика;

- удаление стержня из ящика;
- зачистка заусенцев на стержне.

Зачистка, отделка стержней производится вручную на столах для зачистки. После зачистки стержни передаются для складирования на участок хранения и комплектации стержней. Места складирования стержней должны быть оборудованы зонтами местной вытяжной вентиляции.

Ответственные стержни, выполняющие полости отливок, требующие повышенной чистоты, подвергаются окраске спиртовыми противопопригарными красками.

2.8 Сборка и заливка формы

Качество сборки форм в значительной мере определяет точность геометрических размеров отливки, образования заливов и трудоемкость обрубки. Сборка форм – ответственный процесс, требующий внимания и аккуратности. Сборка включает операции: подготовка полуформ и стержней к сборке, установка стержней, контроль положения стержней, накрытие нижней полуформы верхней [6].

Сборка включает в себя: подготовка полуформ и стержней к сборке, контроль положения стержней, накрытие верхней полуформой нижней, скрепления полуформ и если необходимо нагружения. Все операции кроме контрольных выполняются в автоматическом режиме.

Качество сборки форм в значительной мере определяет точность геометрических размеров отливки, образования заливов и трудоемкость обрубки. При тщательном осмотре поступивших на сборку стержней и полуформ, бракуют стержни и полуформы имеющие повреждения или дефекты. Формы и стержни с дефектами и горелые к сборке не допускаются.

Нижние полуформы для простановки стержней поступают по конвейеру на заливочных тележках. Полуформу продувают, для того, чтобы удалить пыль и песок, образовавшийся при извлечении модели и ремонта полуформы. Полуформы, поступающие на сборку, тщательно осматривают.. В обдую полость полуформы в определенной последовательности устанавливают стержни.

Стержни устанавливают в форму в последовательности, указанной на сборочном чертеже или в технической карте. При этом необходимо следить за тем, чтобы знаки стержней точно становились в отпечатки знаков модели. Устойчивое расположение стержней обеспечивается знаками. Правильность установки стержней проверяют специальными шаблонами.

Проверяют все элементы ЛПС. После этого на нижнюю полуформу в автоматическом режиме устанавливается верхняя. Точность совмещений нижней и верхней полуформы обеспечивается применением центрирующих штырей.

При заполнении формы расплав создает давление на стенки формы пропорциональное высоте столба. Это может вызвать подъем верхней опоки и уход металла. Соединение полуформ производится по направляющим штырям, а затем они скрепляются механизмом скрепления имеющемся в опоке.

2.9 Расчет литниковой системы

Для обеспечения нормального заполнения формы металлом при заливке необходимо произвести расчет литниковой системы (питатель, шлакоуловитель, стояк). Подвод металла в отливку будет произведен по разъему полуформы.

2.9.1 Расчет оптимального времени заливки

Для расчета площади поперечных сечений элементов литниковой системы необходимо рассчитать оптимальное время заполнения формы, [5].

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (12)$$

где S - коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы, для стальных отливок принимается 1,3 [5];

δ - средняя толщина стенки отливки, мм;

G – общая масса отливки, литников и прибылей, составляет 20-30% от массы отливки, примем 16,9 кг. За массу прибылей примем массу выпора диаметром 35 мм длиной 95 мм, масса выпора 7,2 кг.

$$G_{\text{ж}} = n \cdot (G_{\text{отл}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{лс}}), \quad (13)$$

$$G_{\text{ж}} = 4 \cdot (34,7 + 7,2 + 16,9) = 235,2 \text{ кг} = 235200 \text{ г.}$$

$$\tau_{\text{опт}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 235,2} = 18,4 \text{ с.}$$

Рассчитанную продолжительность заполнения формы надо уточнить путем проверки на допустимую линейную скорость подъема уровня расплава. Такая необходимость обусловлена тем, что жидкая сталь с открытой поверхности активно взаимодействует с атмосферой литейной формы, что ведет к окислению и образованию оксидных плен, а также интенсивному остыванию за счет тепловых потерь излучением; возможно

затвердевание в период заполнения формы и возникновение дефектов в виде неслитин, спаев и плен. Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава $v_{лр}$ должна быть не меньше допустимой скорости $v_{кр}$. Значение находят по простому соотношению:

$$v = \frac{H}{\tau}, \quad (14)$$

где H – высота отливки, мм;

τ - время заполнения, с.

$$\tau_{отм} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 58,8} = 11,5 \text{ с.}$$

$$v = 255 / 11,5 = 19,1 \text{ мм/с.}$$

2.9.2 Расчет площади поперечного сечения питателя

Площадь сечения питателя для одной отливки рассчитывается по формуле, [5]:

$$Fn = \frac{G_{ж}}{\rho_{ж} \cdot \mu \cdot \tau_{отм} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (15)$$

где $\rho_{ж}$ - плотность жидкого сплава, г/см³;

μ - коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{ср}$ – действующий напор, см;

g – ускорение свободного падения, 981 см/с².

2.9.3 Расчет металлостатического напора

При заливке по разьему $H_{ср}$ – действующий напор, рассчитывается по формуле, [5]:

$$H_{ср} = H_{ст} - \frac{h_b^2}{2h_o} = H_{ст} - \frac{h_b}{8}, \quad (16)$$

где $H_{ст}$ – высота стояка от уровня воронки до питателя, см;

h_b – высота части отливки от питателя до ее самой высокой точки, см;

h_o – общая высота отливки, см.

$$H_{ср} = 40 - \frac{25,5}{8} = 36,82 \text{ см.}$$

$$\sum Fn = \frac{235200}{7,8 \cdot 0,32 \cdot 18,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 36,8}} = 20,8 \text{ см}^2.$$

Так как в форме 2 отливки, на отливку 2 питатель, то $F_{пит} = 5,2 \text{ см}^2$.

2.9.4 Определение площадей элементов литниковой системы

Определение площадей остальных элементов литниковой системы осуществляется по эмпирическим соотношениям, зависящим от сплава и положения узкого места системы [5]. На основании практического опыта принимаем следующее соотношение: $F_{\text{пит}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,2 : 1,4$

$$\text{Отсюда получаем: } \sum F_{\text{шл.}} = 24,96 \text{ см}^2; F_{\text{шл}} = 12,48 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{ст}} = 29,12 \text{ см}^2, \text{ отсюда диаметр стояка } 60 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ст н}} = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{29,12}{3,14}} = 6,0 \text{ см} = 60 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ст в}} = D_{\text{ст н}} + 0,4 = 6,0 + 0,4 = 6,4 \text{ см.}$$

$$D_{\text{в}} = (2,5 - 3) \cdot 6,0 = 18,0 \text{ см.}$$

На практике чаще всего применяют трапециевидные питатели и шлакоуловители, для отливки «Обтекатель» примем трапециевидные шлакоуловитель и питатель.

$$F_{\text{пит}} = 5,2 \text{ см}^2 = \frac{(a + в) \cdot h}{2} = \frac{(a + 0,8a) \cdot 1,3a}{2} = 1,17 a^2$$

$$a = \sqrt{5,2/1,17} = 2,1 \text{ см} = 21 \text{ мм.}$$

$$в = 0,8a = 1,7 \text{ см} = 17 \text{ мм.}$$

$$h = 1,3a = 2,7 \text{ см} = 27 \text{ мм.}$$

Аналогично рассчитываем размеры шлакоуловителя:

$$a = 3,2 \text{ см} = 32 \text{ мм.}$$

$$в = 0,8a = 2,5 \text{ см} = 25 \text{ мм.}$$

$$h = 1,3a = 4,1 \text{ см} = 41 \text{ мм.}$$

2.10 Выбивка, обрубка, очистка

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. Разборка форм и извлечение отливок осуществляется на выбивных решетках.

Опоки подцепляются краном и выбиваются с помощью выбивной решетки. Отработанная смесь подается ленточным конвейером на смесеприготовительный участок для дальнейшего использования. Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков.

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливок и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников. Механизация очистки поверхности отливок на участке обрубки

осуществляется с помощью одностороннего обдирочно-шлифовального станка, машин зачистной 0Л9968-205, а так же с применением пневматических машинок и сменных борфрез.

Отливки поступают в очистное отделение цеха для обрубки, очистки и отделки. Эти операции выполняются в строгой технологической последовательности, зависящей от особенностей отливок. Процесс очистки включает в себя: удаление стержней из отливок, отделение литников, выпоров и прибылей, очистку от оставшейся формовочной смеси, удаление заусенцев и окалины после т/о [6].

Очистка отливок производится газовой резкой. Также применяют газопламенную очистку. Стальные отливки очищают до и после нормализации.

Обрубку осуществляют пневматическими рубильниками и молотками. Остатки элементов литниковой системы отрезают абразивными кругами, а также зачищают различные дефекты (например: заливыв). Для удаления заусенцев, заливок и других неровностей недоступных абразивам, применяют пневматические рубильные молотки.

2.11 Термообработка

Обычно после затвердевания отливки имеют грубозернистую структуру и большие литейные напряжения, а также неравномерные в различных частях отливки или низкие механические свойства.

При термообработке путем нагрева до определенной температуры, некоторой выдержки при этой температуре и последующего охлаждения изменяют структуру стальных отливок и получают необходимые прочность, пластичность, износостойкость, обрабатываемость и особые физические свойства [8].

Стальные отливки могут подвергаться следующим видам термообработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка.

Термообработка среднеуглеродистых сталей зависит от марки стали и требуемых механических свойств, а режим оговаривается технологической инструкцией или указанным при разработке технологии отливки в технических условиях.

Сталь 25Л подвергается нормализации. Отливки нагревают до температуры 880-920⁰С и охлаждают на воздухе.

2.12 Контроль качества

Кроме промежуточного контроля, производимого на различных стадиях технологического процесса, отливки проходят окончательный контроль для определения соответствия их требованиям технологических условий.

Отливка «Обтекатель» относится к отливкам третьей группы, [1], поэтому она проходит контроль:

- по внешнему виду (размеры, дефекты);
- химическому составу;
- механическим свойствам (предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость).

При внешнем осмотре проверяют на соответствие размеров отливок размерам чертежа (с помощью скоб, кондукторов, шаблонов и других приспособлений), а также визуальный контроль на наличие на отливке литейных дефектов.

Для данной отливки допускаются раковины до $1/5$ толщины стенки на необрабатываемых поверхностях.

При производстве отливок «Обтекатель» проводят следующие виды контроля:

- контроль химического состава; при этом отлитые образцы проверяют в цеховой лаборатории методом спектрального анализа, так как этот способ определения более быстрый, но при необходимости проводят химический анализ. Проверяется каждая партия отливок.

- контроль механических свойств; испытания ведут по специально отлитым образцам (пробам). При контроле данной отливки определяют предел прочности при растяжении и относительное удлинение.

- контроль размерной точности - отливки проверяют на соответствие их чертежу. Контроль выполняют на разметочной плите линейкой, штангенциркулем, циркулем, рейсмусом, шаблонами и другими измерительными инструментами.

- контроль микроструктуры - микроструктуру отливок проверяют по специальным образцам (пробам). На которых изготавливают шлифы.

- контроль качества поверхности отливок, проверяют на соответствие технологическим условиям.

2.13 Виды брака и методы предотвращения

Отливки, прошедшие промежуточный контроль на различных этапах технологического процесса, подвергаются окончательному контролю для определения их соответствия требованиям стандартов.

Проверка идет по химическому составу, структуре сплава, геометрии отливок, соответствие физико-механическим свойствам и установлению отсутствия поверхностных и внутренних дефектов. В зависимости от назначения и ответственности отливок применяют либо сплошной, либо выборочный контроль.

Соответствие по геометрии устанавливают путем разметки отливок на специальных столах с помощью мерительного инструмента. Выявление идет таких дефектов, как коробление, перекося, подутлость и разностен.

Механические свойства определяют испытаниями отдельно изготовленных или прилитых образцов на специальных стендах или машинах.

Внутренние дефекты устанавливают неразрушающими методами:

- радиографическая дефектоскопия (глубоко залегающие шлаковые, газовые, усадочные и песчаные раковины, рыхлоты и трещины);
- ультразвуковой контроль (поверхностно залегающие шлаковые, газовые, усадочные и песчаные раковины, рыхлоты и трещины);
- цветовая, люминесцентная и магнитная дефектоскопии – обнаружение дефектов расположенных на поверхности отливки.

Дефекты отливок исправляют, если это технически возможно и экономически выгодно. Различают бракованные отливки: незначительные (снижается сортament отливки), окончательный брак (отливка идет на возврат) и исправимый.

После исправления дефектов отливки вновь подвергаются контролю.

Несоответствие размеров отливки чертежу. Возникает в основном из-за плохой сборки формы (плохо досаженный стержень). Этот вид брака чаще всего возникает по невнимательности рабочих-сборщиков форм.

Перекося. Чаще всего возникает в результате отсутствия штырей на опоках или износа втулок, или из-за неточного набора моделей на модельные плиты. Этот вид брака возникает в основном по вине модельщиков или мастеров на участке.

Усадочные раковины. Возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, нетехнологичной конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, заливки чрезмерно перегретым металлом.

Газовые раковины. Возникают в основном из-за плохой вентиляции формы (низкая газопроницаемость, отсутствие наколов-газоотводов). Газовые раковины имеют гладкую поверхность и представляют собой округлые поверхности (шарики).

Горячие трещины возникают в отливках при высокой температуре заливаемого металла, повышенной усадке отливки, неправильной конструкции литниковой системы и прибылей, при плохой податливости стержня и формы, неправильной конструкции отливок, неравномерном охлаждении, вызывающем внутренние напряжения в отливке, а также при отклонениях химического состава металла от заданного. Горячие трещины имеют темную окисленную поверхность, тогда как холодные трещины, образующиеся при более низких температурах металла, имеют светлую металлическую неокисленную поверхность.

Пригар – прочное соединение поверхности отливок с формовочной или стержневой смесью, образуется вследствие недостаточной огнеупорности формовочных материалов, их засоренности вредными примесями, плохого качества литейных красок, недостаточного уплотнения формы.

3 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

3.1 Плавильное отделение

3.1.1 Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока

Работами отечественных специалистов доказана целесообразность применения ДППТ любой (в том числе и малой) вместимости. Отработаны технологии, показана экономическая и техническая эффективность их применения для плавки сплавов на основе алюминия, меди, различных марок стали, чугуна, включая синтетический.

Это позволяет существенно расширить область применения и рассматривать ДППТ как конкурентоспособный агрегат не только на металлургических предприятиях, но и в литейном производстве вместо малых и средних ДСП и индукционных печей различных типов.

Накопленный к настоящему времени опыт эксплуатации показал, что ДППТ имеют следующие преимущества при выплавке стали и чугуна;

- снижение пылегазовыбросов в 7-15 раз;
- уменьшение угара легирующих элементов при переплаве сталей и сплавов на 35-85%;
- снижение угара шихты на 0,5-1,5% и за счет этого дополнительный слив металла 20-40 кг/т;
- снижение уровня шума во все периоды плавления на 15 дБ;
- возможность выплавки стали с заданными свойствами из любой металлошихты, включая стальную стружку, а так же серый, высокопрочный, легированный чугуны.

По сравнению с пламенными, индукционными печами и печами сопротивления определены следующие преимущества:

- увеличена удельная вводимая мощность и производительность по расплавлению в 3-4 раза;
- снижен удельный расход электроэнергии на 20-35% при непрерывной работе;
- угар металла составляет менее 0,5-1,5%;
- увеличена стойкость футеровки (до двух лет), предельно простые условия её эксплуатации;
- высокое качество металла за счет существенного уменьшения количества неметаллических включений;
- брак отливок снижен в 2 раза;
- высокая мобильность печи, возможность включения-отключения в

любой момент времени, получение расплава на холодной печи через 10-30 мин после включения;

- разовая механизированная завалка шихты, возможность плавления при 20-100%) номинальной вместимости (по массе металла).

Отличительной особенностью дуговых печей постоянного тока (ДППТ) является наличие только одного верхнего графитированного электрода (катода), расположенного вдоль вертикальной оси печи, и подовых электродов (анодов) в подине печи.

Основные предпосылки внедрения этих печей:

- более низкий расход электродов 1,5-2,0 кг/т;
- экономия электроэнергии 3-5%;
- эффективное, более равномерное распределение теплоты;
- снижение расхода огнеупорных материалов;
- естественное перемешивание расплава;
- более простой уход за печью;

- уменьшение отрицательного влияния на питающую сеть, возможность подключения в сети с меньшей мощностью короткого замыкания.

При выборе оборудования для реконструкции литейного производства следует обратить внимание на другие особенности ДППТ по сравнению с известными печами. Использование постоянного тока позволяет размещать источники электропитания вдали от печей, в том числе за пределами цеха.

Отсутствие водоохлаждаемых элементов и нагревателей под металлом и массивная футеровка подины увеличивают надежность и взрывобезопасность печей, особенно по сравнению с индукционными. ДППТ не боятся отключений электропитания в любой период плавки, могут работать с полным и частичным сливом расплава, допускают длительные простои между плавками. Отсутствие ограничений по уровню удельной вводимой мощности позволяет проектировать высокопроизводительные печи.

Для футеровки ДППТ можно использовать широкую гамму огнеупорных материалов, не предъявляя к ним повышенных требований. Переплав в ДППТ не требует специальной подготовки шихтовых материалов, а их предварительный нагрев позволяет дополнительно снизить расход электроэнергии. Подину печи изготавливают из нескольких слоев: первый, соприкасающийся с жидким металлом, - набивной из огнеупорного порошка, который может быть выполнен из кварцевого песка (кислый процесс) или магнезитового порошка (основной процесс), второй слой выполняют из динасового или шамотного кирпича, а последующие слои - из шамотного кирпича, диатомита и асбеста. Стены печи многослойны.

Футеровку для выплавки стали 25Л применяем основную. Перед плавкой электродуговую печь футеруют. Свод выкладывают по шаблону магнезитовым кирпичом, а затем футеруют смесью, состоящей из огнеупорной массы: 52% кварцевого песка, 26% огнеупорной глины, 22% воды. Под и откосы печи футеруют магнезитовым кирпичом.

При этом оставляют зазор между кожухом печи и футеровкой 50-60 мм, который засыпают порошком магнезитового кирпича. Кладку печи производят в сухую перевязку. Перед набивкой кирпичную кладку пода просушивают газом в течение 3-5 ч, после чего футеровку смазывают жидким стеклом для лучшего соединения слоев пода, набивают откосы. После набивки откосов пода печь накрывают сводом и сушат в течение 3-4 ч, затем забрасывают кокс и усиливают горение вдуванием сжатого воздуха.

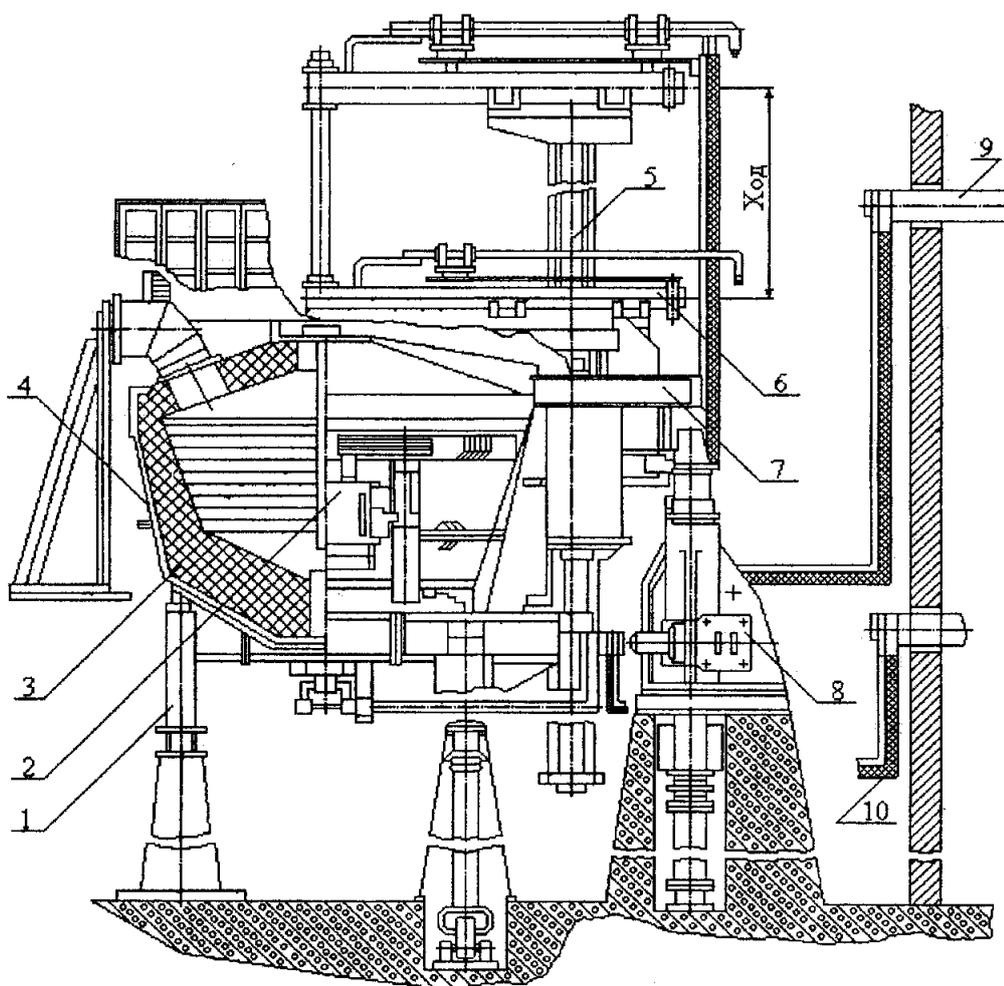


Рисунок 2 - Печь ДПТ в разрезе

- 1 - механизм наклона; 2 - рабочее окно; 3 - футеровка ванны и свода; 4 - кожух ванны; 5 - стойка; 6 - электродержатель; 7 - траверса; 8 - механизм подъема и поворота свода; 9 - токопровод; 10 - кабельная гирлянда.

3.1.2 Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи

Процесс плавки разделён на три периода, которые проводят при постоянной мощности дуги.

Период 1 - подготовительный, его проводят на высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав. Длинная дуга обеспечивает стабильный электрический режим, интенсивный нагрев печных газов, плавный нагрев всего объёма шихты. Локальный перегрев металла не возникает, так как капли металла, нагреваясь, преодолевают силы поверхностного натяжения и немедленно стекают вниз.

В периоде 1 отгоняются органические загрязнения шихты, пары которых выходят из отверстия в своде и догорают до завершённых оксидов. Во всех периодах плавки колебания активной мощности по сравнению со средним значением не превышают $\pm 10\%$. Колебания давления в печи за счет стабилизации электрического режима подавлены, и подсос воздуха в печь не наблюдается. В течение периода 1 в шихте образуется расширяющаяся вверх воронка, которая в периоде 2 исключает обрушивание шихты на сводовый электрод и замораживание металла на подине.

Период 2 - энергетический. Обеспечивается стабильный электрический режим при колебании мощности не более $\pm 5\%$. Этот режим способствует быстрому расплавлению шихты и не приводит к заметному локальному перегреву металла. Ток дуги удваивают, а напряжение в 2 раза снижают. В начале периода 2 анодное пятно дуги располагается на расплаве. Основная мощность дуги излучением и конвекцией печных газов передаётся на шихту, которая продолжает плавиться, и около 20% мощности дуги передаётся через анодное пятно в расплав.

Перегрев расплава под дугой в периодах 2 и 3 предотвращается размещением подовых электродов, формирующим тороидальное вращение металла в вертикальной плоскости, при котором поток металла с большой скоростью подтекает под дугу и уходит вглубь расплава.

В этих условиях температурное поле расплава выравнивается из-за интенсивной конвективной теплопередачи через расплав, а высокая скорость движения металла под дугой не допускает его локального перегрева.

Снижению удельного теплового потока через анодное пятно дуги способствует низкая плотность тока в нем и наличие шлакового по крова Во всех периодах плавки происходит минимальный угар металла, не образуется первичный шлак. В этих условиях состав шлака и его активность можно регулировать подачей шлакообразующих элементов.

Образованный шлак жидкоподвижен и вследствие интенсивного перемешивания металла эффективно взаимодействует с расплавом.

Период 3 - технологический. Третий режим по сравнению с первым проводится при короткой дуге с напряжением, сниженным в четыре раза, и силе тока, в четыре раза увеличенной. При этом происходит доплавление шихты, нагрев расплава, рафинирование и перемешивание расплава и шлака. В процессе рафинирования нагрев металла ведётся на полной мощности при коротких включениях дуги.

Доля энергии, передаваемой в этот период непосредственно от дуги к расплаву, превышает 80% подведенной. Интенсивная теплопередача от дуги к расплаву реализуется под воздействием поля электромагнитных сил в расплаве. Этому способствует специальная схема размещения подовых электродов и токоподводов к ним.

Соответствующие режимы регулирования силы тока дуги обеспечивают устойчивое управляемое перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения расплава из-под дуги вглубь ванны. Это предотвращает локальный перегрев, так как нагреваемый под дугой металл быстро замещается набегающим «холодным» расплавом. Перемешивание также препятствует возникновению локальных вихрей над подовыми электродами, предотвращая их разрушение. Скорость теплопередачи от дуги к расплаву увеличивается пропорционально росту силы тока. Это позволяет поддерживать указанный механизм плавления в широком интервале подводимой удельной мощности (от 0,3 до 8,0 кВт/кг шихты) в печах малой, средней и большой (до 100 т) вместимости, обеспечивая их высокую производительность.

Скорость расплавления в ДППТ нового поколения большой ёмкости ограничивается только теплопроводностью массивных кусков шихты и допустимой мощностью источников электропитания. В печах вместимостью 30 т продолжительность расплавления шихты может составить 30-40 минут.

Во все периоды плавки окисление и испарение металла сведены до минимума (даже при плавлении стружки), что обеспечивает малый пылевывброс из печи.

Для формирования шлака на поверхности расплава в печь вводят шлакообразующие материалы, которые можно подавать в любой период плавки, в том числе и вместе с загружаемой шихтой. Из-за низкого угара легирующих элементов их также можно загружать вместе с шихтой.

При подаче легирующих элементов в расплав, благодаря перемешиванию металла, они быстро растворяются и равномерно распределяются по всему объёму.

Усвоение ферросплавов при плавке стали составляет 98-100%, усвоение углерода при плавке синтетического чугуна - 80%. Угар углерода при длительной выдержке чугуна не превышает угара в индукционных печах, а при наведении карбидного шлака - отсутствует. Угар легирующих элементов при длительной (более 8 часов) выдержке высоколегированной стали практически отсутствует. В ДППТ можно вести обработку металла активными шлаками, кислородом.

Полученные при промышленной эксплуатации результаты позволяют рекомендовать ДППТ для использования не только в качестве плавильных печей для стали, чугуна, сплавов на основе алюминия и меди, но и для печей выдержки, накопления и рафинирования этих металлов.

Футеровка дуговых печей постоянного тока

Печи футеруют теми же огнеупорными материалами, что и ДСП. Стойкость подины при обычных горячих ремонтах составляет 3-5 лет или от 5 до 7 тысяч плавов. Подина может быть наварена после «срывов», подвергнута промежуточному ремонту без замены подовых электродов, которые допускают многократное применение.

Наличие одного верхнего электрода, расположенного в центральной части печи, предопределяет некоторые различия в условиях службы огнеупорной футеровки дуговых печей постоянного тока и ДСП: увеличивается расстояние от дуги до стен печи, тепловое излучение дуги распространяется равномерно на стены печи, существенно снижается образование пыли, уменьшается тепловая нагрузка на футеровку стен.

Таким образом, условия эксплуатации футеровки свода и стен дуговых печей постоянного тока, при прочих равных условиях, должна быть выше, чем у ДСП переменного тока.

При работе футеровки подины дуговых печей постоянного тока есть два фактора, которые следует учитывать: интенсивное перемешивание расплава в районе подины и нарушение целостности подины за счёт подовых электродов. Поэтому набивку массы или бетона вокруг электрода следует выполнять особенно тщательно (как и футеровку всей подины) во избежание размывания футеровки интенсивно движущимся металлом

Конструктивные особенности дуговых печей постоянного тока

При разработке ДППТ использован опыт создания дуговых печей переменного тока и плазменных печей с керамическим тиглем постоянного тока, разработанных ранее.

ДППТ состоит из частей и механизмов, однотипных с ДСП и одинаковой ёмкости ванны. Она имеет стальной футерованный кожух, свод, который может быть водоохлаждаемым, стены ванны (могут быть из

водоохлаждаемых панелей), механизм наклона печи для слива металла и удаления шлака, механизм перемещения графитированного электрода, механизм подъёма и поворота свода или выката ванны для завалки печи шихтой, рабочее окно с дверцей в кожухе.

Отличительной особенностью ДППТ от дуговых печей переменного тока является наличие только одного верхнего графитированного электрода (катода), расположенного вдоль вертикальной оси печи, и наличие подовых электродов (анодов) в подине печи.

Таблица 11 - Характеристики ДППТ

Типы печей	Номинальная вместимость, т	Мощность источника питания, МВА	Ориентировочное время расплавления под током мин.		Угар шихтовых материалов, %	Угар графитированных электродов, кг/т	Диаметр графитированных электродов, мм
			Сталь, чугун,	Сплавы на основе Al, Cu			
ДППТ-6	6,0	4,73/4,3	40-45/55-60	25-30/35-40	0,2-1,5	До 1,5	300
ДППТ-12	12,0	10,79	40-45	25-30	0,2-1,5	До 1,5	400, 450
ДППТ-25	25,0	2×10,79/10,79	45-50/85-90	-	0,2-1,5	До 1,5	450, 500

В ДППТ нового поколения обеспечивается направленное перемешивание расплава, снижение веса и габаритов трансформаторного оборудования, повышение надёжности энергетического оборудования.

Подовые электроды выполняются по особой технологии, безопасны в работе и представляют собой металлические стержни, охлаждаемые водой. Для безопасности эксплуатации каналы охлаждения вынесены за кожух печи, а в теле подовых электродов установлены датчики контроля их состояния.

При плавке в ДППТ используются известные технологические приёмы: кип ванны, обработка шлаком, продувка металла кислородом или инертным газом, легирование.

Управляемое перемешивание расплава без применения специальных устройств для его осуществления облегчает и ускоряет технологические процессы. Сочетание заданного направления и скорости движения металла с тепловым потоком от дуги позволило удерживать локальный нагрев расплава на уровне температуры, не превышающей 5-7% от средней температуры расплава во все периоды плавления.

Это обеспечило, в частности, возможность выплавки в ДППТ высококачественных алюминиевых сплавов.

Конструкция печи постоянного тока позволяет проводить реконструкцию действующих печей переменного тока с остановкой печи для реконструкции на 2-3 недели.

При создании агрегата из одного источника электропитания и двух тиглей футеровка обеих тиглей может быть основной, кислой или один тигель может быть выполнен с основной футеровкой, а второй с кислой.

3.1.3 Расчет количества печей

На основании таблицы 11 по характеристикам выбираем печь ДППТ-6.

$$n = \frac{Q \cdot a}{F_0 \cdot q}, \quad (17)$$

где Q - плановая потребность в жидком металле, т;

a - плановый коэффициент неравномерности потребления металла для расчета принимаем 1,175;

q_n - производительность плавильного агрегата т/ч.

$$q = \frac{Q \cdot a}{F_0 \cdot n}, \quad (18)$$

где n – количество одновременно работающих агрегатов.

$$q = \frac{33448,8 \cdot 1,175}{5722,8 \cdot 4,5} = 1,8.$$

Для выполнения производственной программы на 21500 тонн годового литья принимаем 3 печи. Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{1,8}{3} \cdot 100\% = 60\%.$$

3.1.4 Расчет количества ковшей

На участке стального литья для заливки форм применяем 6,0 т поворотные ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются динасовый кирпич ЭБ-2. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм. Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 ч.

Количество ковшей необходимое для обеспечения работы участка определяем по формуле [7]

$$n_k = T_p + T_v + T_\phi + T_c / T_p + n_3, \quad (19)$$

где T_p - время работы ковша, ч;

T_v - время остывания и выбивки ковша, ч;

T_f - время на футеровку и ремонт ковша, ч;

T_c - время сушки ковша, ч;

n_3 - количество запасных ковшей, шт.

Количество ковшей необходимое для обеспечения работы цеха:

$$n_k = (1,5 + 6 + 8 + 6) / (6 + 1) = 3 \text{ шт.}$$

Для обеспечения работы участка необходимо 3 ковша на одну печь, так как печи в цехе 3 – то необходимо 9 ковшей в смену, в сутки 27 шт.

3.1.5 Расчет шихты для стали 25Л

Химический состав стали 25Л по ГОСТ 977-88:

$$C = 0,25 - 0,35$$

$$Mn = 0,4 - 0,9 (- 20\%)$$

$$Si = 0,2 - 0,4 (- 15\%)$$

Для Mn:

$$x - 0,2 = 0,8x,$$

$$0,8x_1 = 0,4 \rightarrow x_1 = 0,5$$

$$0,8x_2 = 0,9 \rightarrow x_2 = 1,125$$

$$\text{Среднее значение: } x = 0,8125$$

Для Si:

$$y - 0,15 = 0,85$$

$$0,85y_1 = 0,2 \rightarrow y_1 = 0,24$$

$$0,85y_2 = 0,4 \rightarrow y_2 = 0,475$$

$$\text{Среднее значение } y = 0,35$$

Таблица 12 - Расчет шихты

Наименование	100%/ кг	C	Mn	Si
Стальной лом ГОСТ 977-88	15	$0,25 \cdot 0,15 =$ $0,0375$	$0,4 \cdot 0,15$ $= 0,06$	$0,45 \cdot 0,15 =$ $0,0675$
Брикет стружка	20	$0,16 \cdot 0,2$ $= 0,032$	$0,8 \cdot 0,2$ $= 0,16$	$0,36 \cdot 0,2$ $= 0,072$
Чугун ПЛ ГОСТ 805-80	2,5	$3,0 \cdot 0,025 = 0,075$	$0,3 \cdot 0,025$ $= 0,0075$	$0,4 \cdot 0,025$ $= 0,01$
ВСП	30	$0,2 \cdot 0,3$ $= 0,06$	$1,0 \cdot 0,3$ $= 0,3$	$0,4 \cdot 0,3$ $= 0,12$
Сталь высечка	32,5	$0,3 \cdot 0,325$ $= 0,0969$	$1,0 \cdot 0,325$ $= 0,325$	$0,4 \cdot 0,325$ $= 0,1292$
ИТОГО:	100	0,30142	0,8508	0,4003

Таблица 13 – Расчет шихтовых материалов

Марка стали				25Л	
Плавильное оборудование				ДППТ-6	
Объем производства (тыс. тонн)				21500 т годового	
	Статьи баланса, наименование материала	ГОСТ, ТУ	Марка мат-ла	Норма	
				%	кг
I. Баланс металла (в % к металлозавалке)					
1	Выход годного металла			59,1	3546
2	Возврат собств. пр-ва			33,9	2034
	в т.ч. брак литья			5,0	300
3	Угар и безвозвратные потери			2,0	120
	ИТОГО:			100,0	6000
II. Шихтовые материалы					
1	Чугун передельный	805-95	ПЛ1-2; П1-2	2,3	24,6
2	Лом стальной углеродистый	2787-75	2А	40,27	430,9
3	Возвраты собств. производства			55,0	588,5
4	Ферросплавы:				
	Ферромарганец в углерод.	4755-91	ФМн70	1,5	16,0
	Ферросилиций	1415-93	ФС45	0,28	3,0
	ИТОГО металлозавалки			100,0	6000
III. Раскислители и модификаторы					
1	Алюминий вторичный	295-98			2,2

3.2 Смесеприготовительное отделение

В цехе мелкого стального литья смесеприготовительное отделение для всех формовочных и стержневых смесей, что позволяет удобно маневрировать мощностями смесеприготовительных агрегатов и получать различные смеси в различных количествах.

Исходя из заданной программы для проектируемого цеха, необходимо выбрать способ производства литых деталей, используя при этом прогрессивные методы их получения. На выбор способа производства отливок влияют такие факторы как серийность производства (производственная программа), масса и габариты отливок, наличие сырьевой базы, требования к точности отливок по массе и размерам, себестоимость производства.

Для производства данного сортамента литья подходят способ производства: литье в сырые песчано-глинистые формы. Этот способ производства обеспечивает необходимое качество отливок и имеет ряд преимуществ:

- сравнительно низкая себестоимость изделий;
- доступность и не дефицитность сырья;
- отработанность и изученность технологии;
- возможность механизации и автоматизации процесса;
- практически нет ограничений по весу и габаритам отливок.

Исходя из этого выбираем способ производства литье в сырые песчано-глинистые формы используется автоматический смесеприготовительный комплекс «Künkel Wagner», класс точности получаемых отливок 8-11. Главными операциями, определяющими качество форм и отливок, являются качество смеси и извлечение модели из форм.

Смеситель формовочного материала является центральным узлом каждой установки для подготовки смеси. В первую очередь смеситель выполняет следующие операции в процессе подготовки смеси:

- оптимальная добавка воды и освежающих добавок;
- смешивание и однородность всех компонентов смеси.

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «Künkel Wagner». Смеси для изготовления форм на линии фирмы «Künkel Wagner» готовят в автоматическом смесеприготовительном комплексе при помощи вихревого смесителя модели WM20 с объемом замеса 8 м³.

Вихревые смесители «Künkel Wagner» – это прочные, надежные и долговечные агрегаты для подготовки смеси, с автоматическим управлением влажностью, отвечающие самым высоким требованиям к технологии подготовки формовочной смеси [2].

Таблица 14 - Технические характеристики АСК фирмы «Künkel Wagner»

Параметр	Показатель
Производительность АСК	20 т/ч
Производительность вихревого смесителя	20 т/ч
Дозировка материалов	автоматические весы
Промежуточный бункер под ситом	8 м ³
Бункер для отработанной смеси	2×20 м ³
Бункер свежего песка	8 м ³
Бункер для бентонита	5 м ³
Промежуточный бункер под смесителем	6 м ³

3.2.1 Расчет оборудования смесеприготовительного отделения

Для изготовления стержней применяют смеси средней прочности, упрочняющиеся в результате химической сушки (на основе холодно-твердеющих смесей).

Единые смеси применяют при машинной и автоматической формовке в цехах серийного и массового производства [7]. При переработке для повторного применения в них вводят достаточное количество свежих материалов для придания высоких технологических свойств. Контроль соответствия химического состава осуществляется специальными датчиками, которыми оснащен вихревой смеситель, входящий в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Künkel Wagner» (Германия).

Таблица 15 - Расчет формовочных и стержневых смесей

Единая	Стержневая	Расчет смеси
3,13 т / 1,84 м ³	1,272 т / 0,782 м ³	На тонну годного
67298,7 т / 39587,5 м ³	16903,4 т / 9943,2 м ³	На производственную программу 21500 т

Количество смесителей находим по формуле:

$$n = \frac{N \cdot K_{\Pi}}{F_{д} \cdot q}, \quad (20)$$

где N – расход смеси на производственную программу, м³;

K_Π – коэффициент, учитывающий потери на программу;

F_д – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность смесеприготовительного агрегата, м³/ч.

Производительность смесителей для формовочной и стержневой смесей соответственно равны

Годовая производительность смесителя:

$$n = \frac{67298,7 \cdot 1,1}{5632,5 \cdot 20} = 0,65 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одного смесителя модели WT.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N_{\text{расчетное}}}{N_{\text{принятое}}} \cdot 100\%, \quad (21)$$

Коэффициент загрузки должен удовлетворять неравенству:

$$60 \leq K_z \leq 90.$$

$$K_3 = \frac{0,65}{1} \cdot 100\% = 65\%.$$

Для выполнения производственной программы цеха мелкого стального литья с годовой программой 21500 тонн годного принимаем 1 смеситель модели WM20 с объемом замеса 8 м³.

3.3 Стержневое отделение

Изготовление стержней предусмотрим на стержневых комплексах фирмы «Laetpre». Технологический процесс изготовления стержней и форм основаны на применении холодно-твердеющих смесей.

Технологический процесс изготовления деталей осуществляется в замкнутом режиме. Все стержневые машины снабжены индивидуальными смесителями непрерывного действия типа L1 и газогенераторами.

Таблица 16 – Характеристики стержневого автомата Laetpre L10

Параметры	L10
Объем пескостерльной головки	10л
Прижимное усилие стола боковых зажимов	98000 Н
Прижимное усилие стола машины	250000 Н
Усилие, развиваемое вакуумом для боковых плит	9600 Н
Мощность вакуумного насоса	25 м ³ /ч
Максимальный вакуум	-0,8 атм.
Ход протяжного стола	300 мм
Ход цилиндра бокового зажима	200 мм
Макс. ход толкателя	155 мм
Расстояние между раскрытыми боковыми зажимами	600 мм
Общий вес	10000 кг
Вес самой тяжелой части машины	3000 кг
Макс. ширина стержневого ящика: верт./гориз. разъем	300/500 мм
Макс. глубина стержневого ящика	800 мм
Макс. высота стержневого ящика	500 мм
Мин. ширина (вертикальный разъем)	100 мм
Макс. вес стержневого ящика	1000 кг
Макс. вес верхней части стержневого ящика	600 кг
Среднее машинное время	15 сек
Замена ящиков с горизонтальным разъемом, включая пескострельную плиту (вручную с подъемником)	~ 5 мин
Замена ящиков с горизонтальным разъемом, включая пескострельную плиту (автоматически манипулятором)	~ 3 мин
Макс. рабочее давление гидростанции	200 атм.
Объем резервуара для масла	30 л

Изготовление средних и мелких стержней производится на машинах типа «Laempe L10» со встроенным смесителем непрерывного действия. Стержневую машину обслуживает один человек, а при изготовлении крупных стержней два.

Задача оператора запустить цикл изготовления стержня, снять со стола машины готовый стержень и уложить на сушило. Изготовленные стержни укладываются на конвейер горизонтального 4-х ходового конвейерного сушила которым подаются на позицию окраски.

Стержни окрашиваются методом опрыскивания пульверизатором на существующей окрасочной станции.

После покраски стержни подвергаются тепловой подсушке в горизонтальном конвейерном сушиле:

- температура подсушки, °С 120-140
- время подсушки, час 1,0-1,5

Оснастка для изготовления стержней (стержневые ящики) складывается в модельной мастерской.

3.3.1 Расчет стержневых машин

Количество стержневых машин определяем по формуле:

$$n_{cm} = \frac{N_{cm}}{(\Phi_o - t) \cdot q}, \quad (22)$$

где N_{cm} – количество съёмов, шт.;

t – время необходимое для смены стержневых ящиков и наладку, ч/год;

Φ_o – действительный фонд времени, ч/год;

q – производительность машины, шт./ч.

$$n_{ci} = \frac{952000}{(5752,9 - 102,9) \cdot 100} = 1,68 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{1,68}{2} \cdot 100\% = 84\%.$$

Для выполнения производственной программы необходимо 2 стержневых автомата на основе ХТС модели Laempe L10.

Таблица 17 - Производственная программа изготовления стержней

Наименование отливки	Размеры стержня, мм	Вес стержня, кг	Кол-во гнезд в ящике, шт	Кол-во стержней на программу, шт	Вес на программу, т	Кол-во съёмов на программу, шт.
Балочка	340×110×90	3,5	6	28000	107,8	4667
	340×110×90	3,5	3	28000	107,8	9333
Башмак	84×69×173	1,8	4	28000	55,44	7000
	380×110×82	4,1	2	28000	126,28	14000
Державка	Ø372×55	6,8	2	28000	209,44	14000
Крышка	425×320×80	14	2	28000	431,2	14000
Кронштейн	205×120×80	6,33	2	28000	194,964	14000
Упор	240×95×250	8,1	2	28000	249,48	14000
	440×260×100	10,5	2	28000	323,4	14000
	440×260×100	9,9	2	28000	304,92	14000
Скользун	360×185×80	8,5	2	28000	261,8	14000
Распорка	120×100×60	1,5	4	28000	46,2	7000
Триангель	250×152×86	5,3	4	28000	163,24	7000
Люлька	240×190×60	6,6	2	28000	203,28	14000
	410×220×120	12,9	1	28000	397,32	28000
	320×220×70	11,5	1	28000	354,2	28000
Фитинг	200×150×96	6,8	6	28000	209,44	4667
Обтекатель	Ø475×275	15,4	2	28000	166,32	14000
Клин	220×210×45	9,9	4	28000	304,92	7000
	210×140×120	6,8	2	28000	209,44	14000
Упор	Ø210×407	16,8	2	28000	517,44	14000
	90×130×178	7,2	6	28000	221,76	4667
Венец	780×800×140	16	1	28000	492,8	28000
Крышка	210×140×105	12,5	2	28000	385	14000
Корпус	342×220×28	15,3	6	28000	471,24	4667
	350×190×60	16,4	4	28000	505,12	7000
Ролик	Ø410×50	10,3	3	28000	317,24	9333
	380×110	12,4	2	28000	381,92	14000
Звездочка	280×260×210	14,6	1	28000	449,68	28000
	280×260×210	14,6	1	28000	449,68	28000
	390×60×40	12,1	2	28000	372,68	14000
	420×100×60	6,5	3	28000	508,2	9333
Стойка	212×168×80	7,9	2	28000	243,32	14000
	212×168×80	6,5	2	28000	200,2	14000
			ИТОГО:	952000	9943,164	459667

3.4 Формовочно-заливочное отделение

Процесс изготовления форм на автоматической линии обеспечивается предварительным встряхиванием с последующим одновременным встряхиванием и дифференциальным уплотнением. Распределение плотности смеси в форме при уплотнении встряхиванием неравномерно.

Слой смеси, лежащие у модельной плиты, гораздо более уплотнены, чем слой, лежащие в верхней части формы, так как при ударе каждый верхний слой воздействует на нижний. По этой причине верхние слои формы имеют малую плотность, практически равную насыпной массе смеси, что не обеспечивает требуемой прочности формы. Наибольшая неравномерность уплотнения формы наблюдается вблизи углов модели.

Встряхиванием можно уплотнять формовочные смеси любой прочности во влажном состоянии. К недостаткам способа следует отнести высокий уровень шума при работе встряхивающих машин, значительные нагрузки на фундамент. Эти недостатки устраняются при рациональной конструкции машин. Для устранения основного недостатка встряхивания – слабого уплотнения верхних слоев формы – встряхивание совмещено с прессованием.

Уплотнение смеси встряхиванием с допрессовкой позволяет обеспечить высокую и равномерную плотность и прочность формы, получение отливки высокого качества, что обеспечивается в автоматической формовочной линии «Künkel Wagner». Допрессовка многоплунжерными колодками («Airpress» - дифференциальное прессование) осуществляется следующим образом. Рабочие полости цилиндров прессовой колодки соединены и образуют сообщающиеся сосуды, заполненные рабочей жидкостью.

При прессовании слои машины с модельной плитой и опокой подвергается встряхиванию, а плунжеры опускаются, уплотняя верхний слой формовочной смеси. Степень сопротивления смеси движению отдельных плунжеров различна, а плунжеры меняют свое положение в соответствии с сопротивлением смеси. При этом жидкость перетекает из полости одного цилиндра в другие, а давление остается постоянным. Это обеспечивает течение и равномерное распределение плотности смеси.

Такая прессовая колодка называется активной. Приспособление имеет три отдельных зоны прессования:

- одна зона с наружными квадратными пуансонами. Эти наружные пуансоны снабжены дополнительным прессовым стержнем, который формирует предохранительный желоб вплотную к стенке опоки для приема

возможного излишка жидкой стали и для усиления прочности формы особенно на стенке опоки.

- две отдельно регулируемые группы пуансонов с круглыми пуансонами для оптимального уплотнения

- для всех трех зон давления есть возможность бесступенчатой и друг от друга независимой регулировки прессового давления.

Только таким образом можно надежно получать формы наилучшего качества крупными сериями.

После уплотнения формовочной смеси в опоке и получения необходимой твердости порядка 60 ед. для верхней и 70 ед. для нижней полуформы, последняя вместе с моделью передается на кантователь полуформы, а с него на механизм вытяжки модели из полуформы. Модель посредством кантователя моделей поворачивается на 180^0 и по возвратному конвейеру подается на позицию сборки, а полуформа низа при помощи передаточной тележки перемещается на конвейер заправки и отделки полуформ низа. Полуформы верха движутся по конвейеру параллельно движению полуформ низа. После заправки и отделки полуформ верха и низа полуформа верха кантуется и поступает на позицию сборки.

Таблица 18 - Техническая характеристика АФЛ «Künkel Wagner»

Показатели	Характеристика
Усилие прессования, кН	2500
Размер опок, мм	1300×800×300/400
Производительность, ф./ч	60
Время цикла, сек	30
Спец. давление прессования, Н/см ²	120
Ход опускания, мм	600
Количество прессовых пуансонов,шт	96
Размер прессовых пуансонов,мм	150

3.4.1 Расчет формовочных линий

Найдём необходимое количество формовочных линий

$$n_m = \frac{N}{(F_0 - t) \cdot q}, \quad (23)$$

где N – количество форм, шт в год;

t - время необходимое для смены моделей и наладку, ч/год;

F_0 – действительный фонд времени, ч/год;

q – производительность машины, ф/ч.

$$n_m = \frac{213033}{(5692,7 - 152,7) \cdot 60} = 0,64 \text{ шт.}$$

Принимаю одну формовочную линию «Künkel Wagner» для выполнения производственной программы. Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,64}{1} \cdot 100\% = 64\% .$$

Таблица 19 – Расчет количества форм на производственную программу

Наименование отливки	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС, кг	Кол-во отливок в форме, шт.	Кол-во форм на программу, шт	Размер опоки в свету, мм
Балочка	9,6	10,6	13,2	3	10266,7	1300×800×300
Башмак	7,46	8,8	15,2	4	7700	1300×800×300
Державка	3,3	4,2	5,5	4	7700	1300×800×300
Крышка	7,8	10,7	17,1	4	7700	1300×800×300
Кронштейн	10,6	13,0	17,0	3	10266,7	1300×800×300
Упор	15,8	21,8	33,6	4	7700	1300×800×300
Скользун	17	21,3	27,6	6	5133,33	1300×800×300
Распорка	18,8	22,9	31,3	4	7700	1300×800×300
Триангель	23,7	30,1	39,9	2	15400	1300×800×300
Люлька	15,9	18,4	25,4	3	10266,7	1300×800×300
Фитинг	28,8	32,9	43,5	4	7700	1300×800×400
Обтекатель	32,0	34,7	58,8	4	7700	1300×800×400
Клин	45,5	45,8	61,2	4	7700	1300×800×400
Упор	26,3	39,1	60,1	4	7700	1300×800×400
Венец	29,6	33,9	52,1	2	15400	1300×800×400
Крышка	55,3	64,9	85,1	2	15400	1300×800×400
Корпус	69,3	76,9	102,5	2	15400	1300×800×400
Ролик	70,3	78,6	101,2	2	15400	1300×800×400
Звездочка	69,2	81,1	111,1	2	15400	1300×800×400
Стойка	73,6	90,9	136,9	2	15400	1300×800×400
				Итого:	213033	

3.5 Выбивное отделение

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Чем выше температура выбивки, тем короче технологический цикл изготовления отливки и больше производительность формовочно–заливочного участка. Но высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов

или ухудшения её качества. Вблизи температуры кристаллизации, сплавы имеют низкие прочностные и пластинчатые свойства, поэтому опасность разрушения велика.

На воздухе отливки охлаждаются быстрее, чем в форме. При этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, и уровень внутренних напряжений возрастает. Ранняя выбивка может привести к образованию трещин, короблению и сохранению в отливке высоких остаточных напряжений.

Выбивку стремятся производить при максимально высокой температуре, чтобы сократить технологический цикл. При поступлении залитой опоки на позицию выбивки механизм выбивки передаёт опоку в область выбивного пуансона. Ком смеси выдавливается вниз, при этом он поддерживается плитой противодействия. После выдавливания кома смеси выбивной пуансон возвращается в исходное положение, опорожненные опоки ставятся на литейный конвейер, затем потактно поступают в секции формовки верхних и нижних опок соответственно. Ком смеси поднимается на уровень поступления комов смеси на охлаждающий конвейер.

При последующем рабочем такте ком смеси вдвигается на тележку охлаждающего конвейера. На каждую тележку устанавливается один ком смеси. Установленные в охлаждающем конвейере тележки по подъёмным площадкам попадают с первого на второй этаж конвейера и обратно. Продвижение тележек по охлаждающему конвейеру осуществляется гидротолкателями.

После прохождения цикла охлаждения тележка с установленными комами смеси поступает на позицию очищения тележек. Механизм очистки тележек сталкивает комы смеси через люк на вибрационную решетку.

Характеристика выбивной решетки фирмы «Künkel Wagner»:

Грузоподъемность, т	5,0
Размеры полотна решетки	2000×1500
Мощность, кВт	45
Масса, т	10
Число оборотов вала решетки, об/мин	700
Производительность, форм/час	60

После того, как форма выбита, куст отливок поступает на обрезку литников, опоки поступают на возвратный конвейер, по которому они перемещаются обратно на формовку.

Найдём необходимое количество выбивных решеток для выполнения производственной программы

$$N = \frac{N_{\phi}}{\Phi_{д} \cdot q}, \quad (24)$$

где N_{ϕ} – кол-во форм на годовую программу, шт;
 $\Phi_{д}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;
 q – производительность выбивной решетки, шт/ч.

$$N = \frac{213033}{5783,1 \cdot 60} = 0,61 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,61}{1} \cdot 100\% = 67\% .$$

Для выполнения производственной программы вполне достаточно одной выбивной решетки.

3.6 Отделение обрубки и очистки литья

Барабан для разделки литья модели 41212 представляет собой проходной галтовочный барабан непрерывного действия, предназначен для разламывания кустов стальных отливок, отделения литников и прибылей и предварительной очистки литья.

Кусты отливок попадают во вращающийся барабан, установленный под углом $1-3^{\circ}$ к горизонту, подхватываются порогами и поднимаются на некоторую высоту. При падении с порогов кусты отливок многократно ударяются о поверхность барабана, в результате чего кусты разламываются литники и прибыли отламываются от отливок, кроме того, из отливок выбиваются остатки стержней и формовочной смеси. Благодаря наклонной установке барабана литье медленно перемещается от загрузочной зоны к выходу из него. Время нахождения отливок в барабане составляет 2-3 мин.

Галтовочный барабан обеспечивает высокое качество поверхности отливок. Очистка отливок в галтовочном барабане происходит вследствие взаимных соударений и трения отливок о стенки барабана и специально отливаемые звездочки из белого чугуна, которые загружаются в барабан для повышения интенсификации процесса. Одновременно с очисткой поверхности отливок в галтовочном барабане происходит выбивка стержней и отбивка литников. Принцип работы заключается в том, что барабан установлен под небольшим углом к горизонту, благодаря чему отливки вместе со звездочками при вращении барабана движутся вдоль его оси.

Угол наклона, а можно регулировать, изменяя время пребывания отливок в барабане. Подлежащие очистке отливки непрерывно загружаются

в барабан пластинчатым конвейером по наклонному лотку, а очищенные отливки непрерывно выходят из барабана с другого его конца. Звездочки вместе с очищенной от отливок смесью на выходном конце барабана проваливаются через отверстия во внутренней его стенке и попадают в кольцевое пространство между внутренней и наружной стенками барабана. Здесь имеются винтовые лопасти, транспортирующие звездочки при вращении барабана назад к его загрузочному концу. Смесью по пути просеивается через мелкие отверстия в наружной стенке барабана и собирается в бункере. Звездочки, дойдя до загрузочного конца барабана, поднимаются лопатками и подаются на лоток, по которому вместе с загружаемыми отливками вновь попадают в рабочее пространство барабана.

Таблица 20 - Техническая характеристика галтовочного барабана 41212

Параметры	Показатели
Объем загрузки, м ³	0,8
Наибольшая масса загрузки, кг	1800
Внутренние размеры барабана, мм	900×1400
Размеры загрузочного люка, мм	1250×560
Производительность, т/ч	3,0
Мощность, кВт	7,5
Габаритные размеры, мм	3600×1350×1560
Масса, т	4,1

Тип газовых печей – проходная, толкательная.

Режимы работы:

Закалка: 970 ± 20 °С. ($t_{\text{воды}} < 60$ °С) Отпуск: 640 ± 20 °С. (Время пребывания деталей на воздухе не менее 120 с). Нормализация: 940 ± 30 °С. Темп толкания – 15 мин.

Порядок загрузки отливок в печь: Отливки помещаются в печь на специальных поддонах. На поддон отливки закладываются либо вручную, либо консольно-поворотным краном (допустимая масса – 1т). На поддон помещаются отливки общей массой до 500 кг (при закалке) и до 600 кг (при нормализации). Мостовым краном (допустимая масса поддона 5 т) поддон помещается на направляющую печи.

Количество печей для термообработки отливок определяем по формуле:

$$N_n = \frac{1,05 \cdot 1,25 \cdot V_r}{0,8 \cdot П \cdot \Phi}, \quad (25)$$

где V_r – выход годных отливок, т;

$П$ – производительность установки, т/ч;

Φ – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

$$N_i = \frac{21500 \cdot 1,05 \cdot 1,25}{0,8 \cdot 5,0 \cdot 5783,04} = 1,3 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,3}{2} \cdot 100\% = 65\%.$$

Рассчитаем необходимое количество галтовочных барабанов для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (26)$$

где Q – вес отливок на годовую программу, т;

Φ_0 – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность галтовочного барабана, т/ч.

$$N = \frac{21500}{5783,1 \cdot 3,0} = 1,24 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,24}{2} \cdot 100\% = 62\% .$$

Таблица 31 - Техническая характеристика дробеметной камеры М42815

Параметры	Показатели
Производительность, т\ч	2,5
Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч	22000
Масса, кг	43000

Для очистки отливок применяют дробеметную камеру периодического действия модели М42815. Термообработку отливки проходят по технологическому процессу.

Рассчитаем необходимое количество дробемётных камер для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (27)$$

где Q – вес отливок на годовую программу, т;

Φ_0 – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность дробемётной камеры, т/ч.

$$N = \frac{21500}{5783,1 \cdot 2,5} = 1,48 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,48}{2} \cdot 100\% = 74\%.$$

Для выполнения производственной программы вполне достаточно двух дробемётных камер.

3.7 Сводная ведомость оборудования

Таблица 34 - Оборудование литейного цеха и его загрузка

Наименование отделения	Наименование оборудования	Марка оборудо- вания	Произв программа	Произво- дительность оборудо- вания	Потребность в машинах, шт		Кз, %
					Расч	Прин	
Плавильное	Электродуговая печь	ДППТ-6	33448,8 т	4,5 т/ч	1,8	3	60
Смесепригото- вительное	Смеситель	WM20	67298,7 т/ч	20 т/ч	0,65	1	65
Стержневое	Стержневая машина	Laempe L10	952000 стр	100 стр/ч	1,68	2	84
Формовочное	АФЛ	Künkel Wagner	213033 ф	60 ф/ч	0,61	1	61
Термообрубное	Выбивная решетка	Künkel Wagner	213033 ф	60 ф/ч	0,64	1	64
	Дробеметная камера	M42815	21500 т	2,5 т/ч	1,48	2	74
	Галтовочный барaban	41212	21500 т	3,0 т/ч	1,24	2	62
	Термическая печь	ТП-5	21500 т	5,0 т/ч	1,3	2	65

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1 Безопасность труда

С развитием новых технологий большое значение уделяется охране труда, тяжелые и вредные этапы труда автоматизируются и механизмируются. На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых – обязанность администрации. На стадии проектирования необходимо учитывать все требования по устранению и ослаблению вредных воздействий на трудящихся, предупреждению несчастных случаев и содержанию мест работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии.

В настоящем проекте обеспечиваются основные требования охраны труда с учетом внедрения передовой технологии и улучшения технологического процесса.

4.1.1 Характер труда

Основной путь коренного улучшения условий труда в литейном производстве – применение прогрессивных технологий, автоматизация и механизация всех технологических операций.

Для регламентации условий труда важное значение имеют различные классификации по тяжести работы, по опасности помещений и т. д. По энергетическим затратам литейное производство относится к средней тяжести 150–250 ккал/ч выполняемых работ. Каждое производственное здание должно быть надежным в эксплуатации, долговечным и удовлетворять противопожарным требованиям. Объем производственных помещений на каждого работающего должен быть не менее 5×3 м, а площадь – не менее 3,2 м и определены «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий».

Высота пешеходных галерей, эстакад, переходов при регулярном проходе работающих 2 м, ширина – 1,5 м. Все площадки на высоте 0,5 м от пола, лестницы, переходные мостики, люки ограждаются перилами высотой не менее 1,2 м со сплошной облицовкой по низу на высоте 0,2 м. Лестницы должны иметь уклон не более 75°. На рабочих местах при легкой работе и

работе, не требующей постоянного передвижения, полы устраивают теплыми, [17].

Площадь остекленных проемов составляет от 20 до 30% площади наружных стен. Для проветривания производственных помещений предусматривают открывающиеся устройства в окнах площадью не менее 20% общей площади световых проемов. В системе механической приточной вентиляции рекомендуется предусматривать очистку воздуха от пыли в рабочей зоне помещений.

Проектируемый цех включает в себя следующие отделения:

Сталеплавильное, формовочное, заливочное, выбивное отделение. Изготовление форм сопровождается шумом и выделением пыли. При заливке форм выделяется пыль, содержащая диоксид кремния, оксид углерода, нагревающий микроклимат и инфракрасное излучение. Выбивка сопровождается выделением пыли, вибрация и шум. Стержневое отделение. Все операции в этом отделении сопровождается выделением продуктов испарения связующих. Выделением пыли. Смесеприготовительное отделение. При изготовлении смесей в бегунах выделяется пыль и имеется шум.

4.1.2 Условия труда

Воздух рабочей зоны ГОСТ 12.1.005–88* [16].

Санитарные требования зависят от характеристики производственных помещений, характера выполняемой работы, времени года. В реконструируемом цехе все помещения разбиваются на 2 типа:

- характеризуются незначительным выделением тепла (смесеприготовительное отделение, формовочное отделение, стержневое отделение, обрубной участок);

- характеризуются значительным выделением тепла (плавильное отделение, заливочный участок, участок остывания форм, у выбивных решеток, участок термообработки).

Величины микроклимата нормируются «Санитарными правилами и нормами» СанПиН 2.2.4.5.548-96 [17]. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам: температура воздуха должна составлять 17-19⁰С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с. В теплый период года температура не должна превышать наружную температуру более

чем на 3°C , относительная влажность 55-80%, скорость движения воздуха 0,5-1,0 м/с.

В помещениях первого типа в холодный период года на постоянных рабочих местах параметры микроклимата практически соответствуют вышеуказанным. В теплый период года температура воздуха составляет $19-21^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с [15].

В помещениях второго типа в холодный период года на постоянных рабочих местах температура воздуха составляет $22,0^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 15-75%, скорость движения воздуха 0,2-0,4 м/с. В теплый период года температура воздуха составляет $27,0^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха не более 60%, скорость движения воздуха 0,2-0,5 м/с.

Интенсивность теплового потока в помещениях второго типа достигает высоких значений. Известно, что интенсивность менее $0,7 \text{ кВт/м}^2$ не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше $3,5 \text{ кВт/м}^2$ уже через 2 с вызывает жжение [21]. В целях защиты от возможного перегрева принимаются меры по снижению воздействия горячей атмосферы на трудящихся.

Нормальные условия труда обеспечиваются применением технологических процессов, ведущих к снижению выделения вредных и токсичных веществ. Применяя современные автоматические линии, мы имеем возможность:

- предлагается охлаждать отливки под вытяжным кожухом, то есть локализовать все вредные вещества, выделяемые в процессе охлаждения залитых форм;

- особенно интенсивным должен быть отсос от выбивных решеток в виду большого количества пыли, выделяющейся при выбивке форм; поэтому предлагается использовать двусторонний боковой отсос;

- пылевыводящие места выбивного барабана и на зачистном оборудовании предлагается снабдить отсасывающими зонтами шатрового типа.

Исключая обдув форм и подмодельных плит сжатым воздухом, уборку полов производственных помещений, в данном проекте предусматриваем использование стационарных и передвижных пылеотсасывающих установок.

В смесеприготовительном отделении для приготовления формовочных и стержневых смесей применяем смесители закрытого типа с системой отсоса пыли.

В плавильном отделении принимаются следующие меры:

- заслонки печи имеют воздушную прослойку;
- воздушные завесы у печи;
- устройство вентиляции непосредственно для отсоса горячего воздуха.

Конвейерное сушило, расположенное в стержневом отделении, имеет конструкцию, предотвращающую переток атмосферы сушила в цех – входная и выходная части выполнены с наклоном к горизонту.

Куртки и брюки изготовлены из сукна, для защиты головы от перегрева применяются шляпы с широкими полями из сукна. Для защиты рук применяют брезентовые рукавицы. Для защиты глаз применяют очки.

В ГОСТ 12.005-88* [16] предусматривают широкий комплекс санитарно-технических мероприятий, учитывающих особенности технологических процессов и их взаимосвязь со строительными конструкциями, здесь также указаны максимальные разовые предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, где находятся места постоянного или временного пребывания рабочих. В таблице 35 приведены значения ПДК основных вредных веществ, выделяющихся в литейном производстве.

Таблица 35 - ПДК основных вредных веществ

Наименование вредного вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	Реальное содержание, мг/м ³
Оксиды железа	4	4	2,8
Оксиды алюминия	1	2	1,90
Оксиды углерода	4	20	19,005
Оксиды азота	4	5	4,3
Оксиды марганца	1	0,3	0,25
Кремнийсодержащая пыль	3	1	0,75

Основными источниками, выделяющими вредные загрязняющие вещества (пыль, газы) является технологический процесс, а также оборудование, на котором выполняются технологические операции:

- охладительный конвейер;
- выбивные решетки;
- выбивной и очистной барабаны;
- зачистные машины;

Для предотвращения пылевыведения на пылящем оборудовании предусматривают различные по конструкции укрытия, из-под которых

производят отсос воздуха. Такие вентиляционные системы называют аспирационными. Отсасываемый воздух перед выбросами в атмосферу должен подвергаться очистке. В этом воздухе, как правило, большое количество кремнийсодержащей пыли, а также частицы глинозема, доломита, известняка, угля и других веществ как в твердом, так и в газообразном состоянии.

Освещенность

Важным элементом создания благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих мест, при которых повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость.

При проектировании освещения производственных помещений литейных цехов надлежит руководствоваться требованиями строительных норм и правил (СНиП 23–05–95*)[19]. Для работающих в помещениях с недостаточным естественным освещением и без естественного освещения надлежит использовать установки искусственного ультрафиолетового излучения.

В цехе в помещениях с постоянным пребыванием людей применяется комбинированное естественное освещение. Так же применяется искусственное освещение следующих типов рабочее, аварийное, эвакуационное, аварийное, охранное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения. Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для освещения помещений, предусмотрены газоразрядные лампы.

Аварийное освещение необходимо, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: пожар, длительное нарушение технологического процесса и т.д.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий предусмотрено: в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек.

Цех имеет самостоятельные отделения и участки, характеризующиеся различной точностью зрительных работ и значениям освещенности (таблица

4.2). Их искусственное освещение осуществляется на основе СНиП 23–05–95* [19]. Принимаем систему общего освещения по цеху, местного - для участков формовки, стержневого отделения, отдела контроля годных отливок, электро-пультовых и щитовых. Для общего освещения принимаем лампы с большой мощностью типа ДРЛ. Для местного – кроме разрядных источников света используют лампы накаливания.

Таблица 36 - Точность зрительных работ и норм освещенности

Подразделения цеха	Разряд зрительных работ	Норма освещенности, ЛК
Смесеприготовительное	6	150
Формовочное и стержневое	3б	300
Плавильное	7	200
Выбивное	6	150
Обрубное	5а	200
Очистка, термообработка	6	150

Рассчитаем освещённость на формовочном участке, площадь которого составляет 4332 м².

Потребный световой поток определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_H \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot \eta}, \quad (36)$$

где E_H – нормированная минимальная освещённость, Лм;

K – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (для литейных цехов $K_3 = 1,7$);

S – площадь освещаемого помещения, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминисцентных ламп $Z = 1,1$);

N – число светильников в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент η определяется по справочным таблицам в зависимости от вида источника света и индекса помещения i , определяемого по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H \cdot (A + B)}, \quad (37)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

H – расчётная величина подвеса светильников, м.

$$i = \frac{38 \cdot 114}{7 \cdot (38 + 114)} = 4,0 \text{ м.}$$

При индексе помещения 4 коэффициент использования светового потока равен 59%.

$$\Phi = \frac{100 \cdot 200 \cdot 4332 \cdot 1,1 \cdot 1,7}{500 \cdot 59} = 5490 \text{ Лм.}$$

Подсчитав световой поток по справочным таблицам подбираем стандартную лампу, обеспечивающую нормированную величину Ен.

В качестве источника света в цехе применяю люминесцентные лампы типа ЛБ-80.

Шум

Шум – беспорядочное сочетание звуков различной силы и частоты, отрицательно действует на организм человека, мешает полноценной работе. В соответствии с ГОСТ 12.1.003–83* [23] в проектируемом цехе предусматриваются меры по снижению шума. Применена шумобезопасная технология формовки – прессово-вибрационные автоматы при уплотнении формы. Уровень звукового давления 70–75 дБ выдерживается в плавильном, смесеприготовительном, стержневом, формовочном, частично в термообрубном отделениях литейного цеха. [20]

В районе обломочных и дробеметных барабанов уровень звукового давления составляет 85–95 дБ [20], что требует применение средств индивидуальной защиты (вкладышей, наушников) и ограниченного по времени пребывания в этих зонах. В соответствии с ГОСТ 12.4.026 [26] эти зоны обеспечиваются специальными знаками.

В обрубном отделении при выполнении некоторых операций (зачистка на наждаке, заварка, отрезка) уровень звукового давления составляет 80–85 дБ, рабочие должны применять индивидуальные средства защиты.

Вибрация

Вибрация – в литейных цехах источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания в следствии ударного действия выбивных решеток, пневматических формовочных, центробежных и других машин, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и др. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012–90* [22].

Электрическая безопасность

«Правила устройства электроустановок, ПУЭ» [25], «Правила эксплуатации электроустановок потребителей, ПЭЭП», а также «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ–016–2001» охватывают большой круг профилактических мероприятий по предупреждению электротравматизма при эксплуатации различных электроустановок. В соответствии с правилами устройства электроустановок помещение проектируемого цеха относится ко 2 группе по степени опасности поражения электрическим током то есть помещение – с особой опасностью.

Так как в цехе имеются токопроводящие полы (металлические, железобетонные), высокие температуры, возможны одновременные прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Широкое использование электроэнергии в проектируемом цехе диктует строгое соблюдение правил безопасной эксплуатации электроустановок и оборудования. Несоблюдение этих правил может привести к травмам, разрушениям и пожарам.

Меры по защите от поражения электрическим током:

- инструктаж персонала;
- все электрооборудование (электротермические установки для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней и др.) должно иметь кожухи и ограждения, во избежание случаев ошибочного прикосания к токоведущим частям, при отсутствии кожухов оборудование располагается в защитных местах на недоступной высоте или в машинных залах;
- все токоведущие части электрооборудования, которые при неисправной изоляции могут оказаться под напряжением, имеют защитное заземление;
- оборудование должно быть защищено от влажности, запыленности, взрыво- и пожаробезопасности окружающей среды;
- применение предупреждающих плакатов на опасных местах;
- применение индивидуальных средств защиты при работе с электрооборудованием.

По степени опасности поражения людей электрическим током производственные помещения литейного цеха являются помещениями повышенной опасности.

Распределительные шкафы оснащены специальной защитой от перегрузок и коротких замыканий, имеющие номинальный ток 400А, в них, на отходящих к потребителям проводах, установлены предохранители.

Пожарная безопасность

Проектируемый литейный цех мелкого стального литья отнесен к пожароопасной категории Г, как производство, связанное с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и в котором газообразные вещества используются в виде топлива. Степень огнестойкости зданий и сооружений I–II [31].

Основной причиной возгорания в литейном цехе является неисправное оборудование, случайные возгорания от открытых источников огня, вследствие невнимательного и халатного отношения работников, практически исключены. В цехе нет мест, где утечка газа могла бы привести к взрыву, так как система вентиляции не позволяет скопиться взрывоопасной смеси. В целях предотвращения пожаров в цехе необходимо применить комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и ограничения материального ущерба. Комплекс организационных мероприятий (согласно ГОСТ 12.1.004-91)[27], обеспечивающий пожарную безопасность:

- применением конструкций объектов с регламентируемыми пределами огнестойкости;
- наличием плана эвакуации людей;
- наличием средств индивидуальной и коллективной защиты людей;
- системой противопожарной защиты и пожарной сигнализации;
- применением средств пожаротушения;
- организацией пожарной охраны объекта.

В проектируемом цехе планируется применение средств пожаротушения, регламентированных ГОСТ 12.4.009-83[28], среди которых:

- пожарные гидранты, к которым при пожаре присоединяются гибкие рукава, которые питаются из хозяйственного, производственного водопровода;

- огнетушитель ручной пенный ОХП-10, предназначенный для тушения оборудования без электропроводки;
- огнетушитель ручной углекислый, для тушения электрооборудования, твердых и жидких веществ;
- покрывала из асбеста;
- песок.

Предложенные в дипломном проекте мероприятия по созданию оптимальных условий труда (исключающие вредное воздействие шума и вибрации, по созданию оптимального микроклимата и освещенности рабочих мест, объемно – планировочное решение, мероприятия по пожарной безопасности) должны должным образом повлиять на безопасность работников цеха, уменьшить травматизм и снизить риск профессиональных заболеваний.

5 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1 Глобальные экологические проблемы

Современные масштабы воздействия человека на природу вызваны научно-техническим прогрессом. Человек воздействует на окружающую среду в процессе получения энергии, добычи полезных ископаемых, выплавки металла, обработки материалов и т.д. При осуществлении всех этих видов деятельности человек загрязняет атмосферу, гидросферу, почву, истощает возобновляемые и невозобновляемые ресурсы. Если не будут предприняты меры по предотвращению загрязнения окружающей среды, то существующий экологический кризис может перейти в экологическую катастрофу.

Современное металлургическое предприятие это сложный производственный комплекс, включающий множество разнообразных цехов, а иногда и отдельных заводов, которые могут в значительной мере загрязнить водный и воздушный бассейн окружающего района. Вследствие чего появляются кислотные дожди, парниковый эффект и т.д.

Главной причиной парникового эффекта является попадание в атмосферу промышленных газов. Его создают углекислый газ, оксид азота, метан, хлорфторуглероды. Все эти газы - результат деятельности человека.

Предпосылки для повышения кислотности атмосферной воды возникают, когда промышленные предприятия выбрасывают большие объемы оксидов серы и оксидов азота. Наиболее характерные источники таких загрязнений – это выхлопные газы автомобилей, металлургическое производство и тепловые электростанции (ТЭЦ). Современный уровень развития технологий очистки не позволяет отфильтровывать соединения азота и серы, которые возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья, используемого в промышленности. В итоге такие оксиды попадают в атмосферу, соединяются с водой в результате реакций под действием солнечного света, и выпадают на землю в виде осадков, которые и называют «кислотные дожди».

Избежать этого полностью при существующей технологии невозможно, продуктивными мерами по снижению загрязнения окружающей среды, являются: применение ресурсо и энергосберегающих технологий в производстве; использование вторичных ресурсов; развитие безотходных и малоотходных технологий; применение очистных установок и сооружений.

Большинство технологических процессов в литейном цехе сопровождается выделением в производственные помещения пыли и газов. Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу могут повлечь за собой самые серьезные последствия.

В литейных цехах выделение запыленных газов происходит в процессе приготовления формовочных материалов, плавления и заливки металла, выбивки горелой смеси и её транспортировки, и других операций. Кроме того, твердые отходы литейного производства занимают большие производственные площади и отвалы, что предполагает отчуждение земель.

ОАО «НПК «Уралвагонзавод» ведет активное использование природных ресурсов и является источником загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных водных объектов.

5.2 Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Технология производства отливок из стали для вагоностроения сопровождается использованием исходного сырья, получением готовой продукции и образованием различных отходов.

Схема технологического процесса приведена на рисунке 7.

В качестве сырья используется песок, глина, стальной лом, отходы стали в кусках, ферросплавы, железо из окалины, добавочные материалы, сжатый воздух.

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия, пар.

В ходе технологического процесса образуются следующие виды отходов:

материальные отходы - жидкие (сточные воды), твердые (скрап, недоливы, шлак ванадиевый и сталелитейный, угар, потери, пыль) и газообразные (оксид углерода, диоксид азота);

энергетические – шум, вибрация, тепловые выбросы, электромагнитное излучение.

Скрап - зашлакованные отходы черных металлов, мелкие стальные частицы, разбрызгиваемые во время выпуска стали, выплески и расплески во время транспортировки и разлива стали в изложницы, остывшая сталь на стенках и дне разливочного ковша.



Рисунок 7 - Схема технологического процесса получения отливок

Шлак - побочный отход от производства металла, после очистки от остатков ценных компонентов.

При выплавке металлов формируются шлаки, основу которых составляют оксиды. Это наиболее массовый вид отходов. Работа металлургических агрегатов сопровождается выносом пыли с отходящими газами. При мокрой газоочистке эта пыль в отстойниках превращается в кашеобразную массу (шлам).

Газообразные оксиды углерода и азота образуются при выплавке стали в электродуговых печах.

Источником электромагнитного излучения и шума является работающее оборудование.

Вибрационные колебания возникают на подготовительном участке, где песок просеивается через сита подготовительных камер.

Тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разлива металла.

Анализ технологического процесса свидетельствует о его незамкнутом характере, поскольку существуют связи с внешней средой при

использовании исходного сырья, энергии, выходе готовой продукции и получении различных видов отходов.

В таблице 37 представлены основные характеристики технологического процесса

Таблица 37 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

№	Показатели	Количество	Ед. изм.
1.	Сырье:		
	Лом и отходы	22	тыс. т/год
	Ферросплавы	0,3	тыс. т/год
	Железо из окалины	2	тыс. т/год
	Сжатый воздух	0,1,6	млн м ³ /год
	Вода обратная	0,9	тыс. м ³ /год
2.	Энергия:		
	Электрическая	10	млн. кВт*ч
	Природный газ	45	тыс. м ³ /год
	Пар	32	тыс. кДж/год
3.	Продукция:		
	Отливки	27	тыс. т/год
4.	Отходы материальные:		
	Угар и потери	0,01	тыс. т/год
	Пыль	1	тыс. т/год
	Шлак	1,8	тыс. т/год
	Оксид углерода	0,5	тыс. т/год
	Диоксид азота	1,2	тыс. т/год
	Сточные воды:	0,2	тыс. т/год
	Взвешенные вещества	12	тыс. т/год
5.	Отходы энергетические:		
	Шум	85-130	дБ
	Тепло отходящих газов	1,5	млн кДж/год
	Напряженность электрического поля	25	Вт/м
	Напряженность магнитного поля	5	А/м
	Вибрация	50	дБ

5.3 Основные требования экологизации проекта

Литейное производство является экологически не безопасным, поэтому необходимо соблюдение санитарно-гигиенических норм, приведенных в таблице 38.

Таблица 38 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ выбрасываемых цехом и предельно допустимые уровни воздействия

Показатели технологического процесса	Ед. измерения	Нормируемое значение
Пыль металлургическая	(мг/м ³)	0,5/0,15
оксид углерода	(мг/м ³)	0,5/0,05
диоксид азота	(мг/м ³)	0,085/0,085
Производственный шум	дБ	80
Электромагнитное излучение	(А/м) ² ·ч	25
Температура	°С	16-24

Примечание: в числителе - максимальная разовая, в знаменателе-среднесуточная.

5.4 Мероприятия по экологизации технологического процесса.

Для снижения количества выбросов пыли в воздух рабочей зоны, предусматривается установка устройств местной вентиляции, зонтов, фильтров, циклонов.

Для удаления газообразных выбросов предусматривается установка скрубберов, циклонов, газоочистных фильтров.

Для уменьшения забора воды из природных источников в цехе предусмотрено использование оборотной воды, прошедшей механическую очистку.

Отработанная формовочная и стержневая смесь подвергается регенерации и последующему использованию в технологическом процессе.

Шлак, формовочные и стержневые смеси, не подлежащие регенерации, направляются на нужды народного хозяйства для изготовления кирпича, на строительства дорог и на компост. Неиспользованный шлак направляется в действующий шлакоотвал.

Уменьшение выброса тепловой энергии в воздух рабочей зоны обеспечивается применением котлов-утилизаторов. В дальнейшем, тепло отходящих газов используется для подогрева воздуха приточной вентиляции.

Снижение уровня шума и вибрации обеспечивается установкой оборудования на виброизолирующие и шумопоглощающие фундаменты, установкой кожуха выбивной решетки снабженного внутренней облицовкой из звукопоглощающих материалов, звукоизоляция стенок дробеструйного оборудования.

Уменьшение влияния электромагнитного излучения достигается за счёт установки специальных экранов.

Для снижения общего вредного воздействия технологического процесса на окружающую среду, предусматривается замена ДСП-6 на ДППТ-6, что позволит снизить количество выбросов загрязняющих веществ в среднем в 3 раза.

Сравнительные характеристики печей представлены в таблице 39.

Таблица 39 - Сравнительные характеристики печей

Показатели	ДСП-6	ДППТ-6
Пыль, мг/м ³	27,2	9,9
Шум, дБ (общий уровень)	98	84
Расход электроэнергии на 1 т жидкой стали общий/по расплавлению, кВт·час	880/535	740/450
Угар металла общий, %	7-7,5	3,5-5
Расход элементов кг/т жидкого металла:		
Графитированных электродов	14,0	2,12
FeSi	12,5	11,2
SiMn	13,0	11,8
FeMn	11,5	10,6
FeCr	11,2	9,6
FeV	7	4,7
FeMo	2,1	2,1
Извести	48,0	20,7
Шамота (для наведения шлака)	12,1	2,7
Раскислительной смеси (известь / FeSi45 / кокс)	272 / 78 / 22	192 / 46 / 18
Магнезитовый кирпич на кладку	22	12
Количество шлака на плавку, т	1,31	0,46

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс более экологичным, ресурсо- и энергосберегающим, поскольку влияние загрязняемых веществ будет сведено к минимальному, за счёт применения современного автоматизированного оборудования, имеющего высокую степень очистки от вредных веществ.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При расчете экономического эффекта от внедрения новой техники и технологии, как правило, сопоставляются текущие и капитальные затраты изготовления новых и устаревших образцов продукции. При изменении последних проводится сопоставительный анализ различных текущих и капитальных затрат.

В настоящем проекте мы идем по пути совершенствования традиционного технологического процесса изготовления крупных и средних отливок. Внедряя прогрессивное плавильное оборудование ДПШТ-6, мы стремимся к интенсификации производственного процесса, а так же к более рациональному использованию сырья и материалов, снижению убытков от брака, повышению размерной точности и качества отливок, увеличению их долговечности и надежности. В связи с большой номенклатурой видов отливок и большого числа весовых групп, производящихся в цехе стального литья, расчет затрат производим на тонну годного литья. Годовая программа цеха составляет 21500 тонн годного литья (таблица 2).

6.1 Расчет численного состава рабочих

Численность производственных рабочих определяются отдельно по категориям: рабочие, руководители, специалисты, служащие. Различают списочную и явочную численность рабочих. При расчете используем метод расчета по нормам оборудования агрегатов. Количество производственных рабочих определяется по количеству рабочих мест на основе норм обслуживания одним рабочим количества единиц оборудования.

Количество вспомогательных рабочих, ИТР, МОП, ОТК принято в процентном отношении от общего количества рабочих.

Расчет явочной численности рабочих выполняется по формуле:

$$N_{яв} = N_i \cdot A_i \cdot C_i, \quad (38)$$

где N_i – норма обслуживания одного агрегата в смену, чел;

A_i – количество одновременно работающих агрегатов, шт;

C_i - число смен в сутки.

Списочное число рабочих определяется по формуле

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{сп}, \quad (39)$$

где $K_{сп}$ – коэффициент списочного состава.

$$K_{cn} = \frac{F_{ном}}{F_{\partial}}, \quad (40)$$

где $F_{ном}$ - номинальный фонд времени, ч;

F_{∂} - действительный фонд времени работы персонала, ч.

Для определения численности рабочих предварительно необходимо рассчитать фонд времени работы производственного персонала.

Календарный фонд времени работы персонала F_k :

$$F_k = D_k \cdot T_{см}, \quad (41)$$

где D_k - число дней в году;

$T_{см}$ - продолжительность смены, ч.

$$F_k = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ ч.}$$

Номинальный (режимный) фонд времени $F_{ном}$:

$$F_{ном} = T_{см} \cdot (D_k - D_{вых}), \quad (42)$$

где $D_{вых}$ - число выходных, праздничных дней в году, 117 дней.

$$F_{ном} = 8 \cdot (365 - 117) = 1984 \text{ ч.}$$

Действительный фонд времени F_{∂} :

$$F_{\partial} = F_{ном} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (43)$$

где α - процент потерь времени по причине болезни и отпусков, 16%;

$$F_{\partial} = 1984 \cdot (1 - 0,16) = 1667 \text{ ч.}$$

Баланс рабочего времени одного работника представлен в таблице 40.

Таблица 40 – Баланс рабочего времени одного рабочего на год

Статьи баланса	Фонд времени		
	Годовой, дней	Смена, ч	Сутки, ч
Календарный фонд	365	2920	8760
Выходные дни	117	-	-
Праздничные дни	13	-	-
Номинальный фонд времени	248	1984	5952
Действительный фонд времени	-	1667	5001
Коэффициент списочного состава	1,19	-	-

При определении численности основных и вспомогательных рабочих необходимо определить квалификационный состав работающих по цеху (по разрядам). Квалификация рабочего зависит от сложности выполняемых работ и вида обслуживаемого оборудования. Для этого при проектировании литейного цеха используются тарифно-квалификационные справочники.

Расчеты численности основных, вспомогательных рабочих, ИТР, служащих и МОП указаны в таблицах 41, 42, 43.

Таблица 41 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуж обор чел	Кол-во агрегатов, шт	Кол-во рабочих		K _{сп}	
					Явочное		Спис	К сп
					В сутки	В см		
Плавленное отделение								
Сталевар	5	3	2	4	24	8	26	1,19
Подручный сталевара	5	3	2	4	24	8	26	1,19
Выбивщик	4	3	1	4	12	4	14	1,19
Шихтовщик	3	3	2	4	24	8	26	1,19
Огнеупорщик	3	3	2	4	24	8	26	1,19
Итого:	-	-	-	-	108	36	118	1,19
Формовочное отделение								
Сборщик форм	3	3	4	2	24	8	26	1,19
Формовщик	4	3	4	2	24	8	26	1,19
Формовщик	5	3	4	2	24	8	26	1,19
Итого:	-	-	-	-	72	24	78	1,19
Стержневое отделение								
Стерженщик	5	3	3	3	27	9	29	1,19
Стерженщик	4	3	4	3	36	12	38	1,19
Итого:	-	-	-	-	63	21	67	1,19
Смесеприготовительное отделение								
Земледел	4	3	2	3	18	6	20	1,19
Земледел	3	3	2	2	12	4	14	1,19
Итого:	-	-	-	-	30	10	34	1,19
Термообрубное отделение								
Выбивщик	3	3	2	2	12	4	14	1,19
Газорезчик	4	3	2	1	6	2	8	1,19
Обрубщик	3	3	2	3	18	6	20	1,19
Итого:	-	-	-	-	36	12	42	1,19
Всего:	-	-	-	-	309	103	339	1,19

Таблица 42 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Кол-во рабочих			K _{сп}
			Явочное		Спис	
			В сутки	В см		
Крановщик	3	3	15	5	17	1,19
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	9	3	11	1,19
Электрик по ремонту оборудования	4	3	9	3	11	1,19
Кладовщик	2	3	3	1	5	1,19
Лаборант экспресс- лаборатории	4	3	12	4	14	1,19
Водитель транспорта	2	3	12	4	14	1,19
Слесарь- сантехник	3	3	9	3	11	1,19
Контролер ОТК	5	3	18	6	20	1,19
Сварщик	4	3	18	6	20	1,19
Итого:	-	-	105	35	123	1,19

Таблица 43 – Штатное расписание ИТР, служащих, МОП

Должность, профессия	Количество работающих, чел.	Должностной оклад, руб./месяц	Сумма окладов с учетом районного коэффициента, руб.	
			В месяц	В год
ИТР				
Начальник цеха	1	42000	48300	579600
Зам.начальника	3	37000	42550	1531800
Зам нач по кадрам	1	35000	40250	483000
Зам нач по сбыту продукции	1	35000	40250	483000
Начальник техбюро	1	26000	29900	358800
Технолог	4	16000	18400	883200
Старший мастер	6	18000	20700	1490400
Экономист	3	11000	12650	455400
Механик	1	22000	25300	303600
Энергетик	1	22000	25300	303600
Итого:	22	-	303600	6872400
Служащие				
Нормировщик	2	8900	10235	245640
Бухгалтер	2	10400	8510	204240
Табельщик	3	8100	4485	161460
Секретарь	1	7500	4715	56580
Итого:	8	-	27945	667920
МОП				
Уборщица	6	4800	5520	397440
Сатураторщик	4	3800	4370	209760
Итого:	10	-	9890	607200
Итого по цеху:	40	-	341435	8147520

Таблица 44 – Структура трудящихся цеха

Категория персонала	Количество, чел.	Количество работающих от общей численности,
Рабочих основных	339	67,5
Рабочих вспомогательных	123	24,5
Рабочих всего	462	92,0
ИТР	22	4,4
Служащие	8	1,6
МОП	10	2,0
Итого	502	100

Таблица 45 – Штатное расписание рабочих

Профессия	Кол-во рабочих	В том числе по разрядам				
		1	2	3	4	5
Сталевар	26					26
Подручный сталевара	26					26
Выбивщик	14				14	
Шихтовщик	26			26		
Огнеупорщик	26			26		
Сборщик форм	26			26		
Формовщик линии изготовления форм	52				26	26
Оператор -стерженщик	67				38	29
Земледел	34			14	20	
Чистильщик	14			14		
Газорезчик	8				8	
Обрубщик	20			20		
Крановщик	17			17		
Слесарь по ремонту оборудования	11			11		
Электрик по ремонту оборудования	11				11	
Кладовщик	5		5			
Лаборант экспресс- лаборатории	14				14	
Водитель внутрицехового транспорта	14		14			
Слесарь - сантехник	11			11		
Контролер ОТК	20					20
Сварщик	20				20	
ИТОГО	462	0	19	165	151	127

6.2 Организация и планирование заработной платы

Заработная плата отражает количество затраченного труда на производство продукции и условия выполнения работы. В данном проекте используется система повременной – премиальной оплаты труда. Повременная оплата труда ориентирована только на степень сложности труда и применяется в случае, когда количественный результат труда уже определен. При сдельной оплате труда учитывается и степень сложности труда и его производительность. При этом часовая оплата может быть определена двумя способами:

- умножения производственных единиц в час на оплату труда одной единицы;

- произведение произведенных в час единиц на норму времени на одну единицу продукции и тарифную ставку.

На данный момент выбор системы оплаты труда и тарифных ставок осуществляется предприятием самостоятельно. Расчет фонда заработной платы осуществляется укрупнено по средней тарифной ставке по всем отделениям цеха.

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n T_{cti} \cdot N_i / N_{яв}, \quad (44)$$

где T_{cp} – тарифная ставка рабочего i –го разряда.

Среднюю тарифную ставку вспомогательных рабочих определим аналогично. Исходные данные для расчетов берем в таблице 46.

Таблица 46 – Часовые тарифные ставки

Условия труда	Разряд			
	2	3	4	5
Тяжелые и вредные	20,1	21,6	22,7	22,9
Среднемесячная тарифная ставка, руб.	3417	3672	3859	3893
Особо тяжелые и вредные	22,9	23,1	23,6	24,1
Среднемесячная тарифная ставка, руб.	3893	3927	4012	4097

Средняя тарифная ставка основных рабочих по отделениям:

Плавильное отделение:

$$T_{cp} = (24,1 \cdot 52 + 23,6 \cdot 14 + 23,1 \cdot 52) / 118 = 23,6 \text{ руб.}$$

Формовочное отделение:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 26 + 22,7 \cdot 26 + 21,6 \cdot 26) / 78 = 22,4 \text{ руб.}$$

Стержневое отделение:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 29 + 22,7 \cdot 38) / 67 = 22,3 \text{ руб.}$$

Смесеприготовительное отделение:

$$T_{cp} = (22,7 \cdot 20 + 21,6 \cdot 14) / 34 = 22,8 \text{ руб.}$$

Термообрубное отделение:

$$T_{cp} = (23,6 \cdot 8 + 23,1 \cdot 34) / 42 = 23,2 \text{ руб.}$$

Средняя тарифная ставка вспомогательных рабочих

$$T_{cp} = (20,1 \cdot 19 + 21,6 \cdot 39 + 22,7 \cdot 45 + 22,9 \cdot 20) / 123 = 18,6 \text{ руб.}$$

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитаем по формуле:

$$Z_{тф} = T_{cp} \cdot N_{ч}, \quad (45)$$

где $Z_{тф}$ – зарплата по тарифу, руб;

$N_{ч}$ – годовые затраты времени данных рабочих на программу.

$$N_{ч} = N_{сп} \cdot F_{\rho}, \quad (46)$$

где $N_{\text{сп}}$ – списочное число работающих данной группы, чел.

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тф}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{ком}} + K_{\text{оп}}) \cdot K_{\text{рн}}, \quad (47)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент премиальных доплат;

$K_{\text{ком}}$ – коэффициент компенсационных доплат (доплаты, связанные с режимом работы (работа в ночное время, выходные и праздничные дни, сверхурочная работа);

$K_{\text{оп}}$ – коэффициент прочих доплат;

$K_{\text{рн}}$ – районный коэффициент (1,15).

Значение вышеуказанных коэффициентов устанавливается в соответствии с коллективным договором. В проектируемом цехе принято:

- для основных рабочих премия за выполнение плана составляет 50% от тарифа; для вспомогательных рабочих – 25%;

- для основных рабочих коэффициент прочих доплат составляет 20% от тарифа; для вспомогательных рабочих – 10%;

- доплата за работу в ночное и вечернее время – 20% от тарифа.

Фонд основной заработной платы:

Плавильное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 23,6 \cdot 118 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 26\,460\,891,12 \text{ руб.}$$

Формовочное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 22,4 \cdot 78 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 16\,601\,719,68 \text{ руб.}$$

Стержневое отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 22,3 \cdot 67 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 14\,506\,550,73 \text{ руб.}$$

Смесеприготовительное отделение

$$Z_{\text{осн}} = 22,8 \cdot 34 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 7\,187\,237,16 \text{ руб.}$$

Термообрубное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 23,2 \cdot 42 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 9\,256\,750,98 \text{ руб.}$$

Вспомогательные рабочие:

$$Z_{\text{осн}} = 18,6 \cdot 123 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15 = 17\,771\,978,69 \text{ руб.}$$

Таблица 47 – Годовой ФЗП основных и вспомогательных рабочих

Категории работающих	Сумма, руб.
Плавильное отделение	26460891,12
Формовочное отделение	16601719,68
Смесеподготовительное отделение	7187237,16
Стержневое отделение	14506550,73
Термообрубное отделение	9256750,98
Вспомогательные рабочие	17771978,69
Итого:	91785128,36

Дополнительная заработная плата составляет 11% от заработной платы основных рабочих и используется на оплату очередных, дополнительных и учебных отпусков, выполнение государственных обязанностей и т.д.

Годовой фонд зарплаты основных и вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$\text{ФЗП} = \text{З}_{\text{осн}} + \text{З}_{\text{доп}} \quad (48)$$

Расчет годового фонда заработной платы приведен в таблице 48.

Таблица 48 – Годовой фонд заработной платы по цеху

Категории работающих	Сумма, руб.
Основные рабочие	82 154 596,13
Вспомогательные рабочие	19 726 896,34
ИТР	7 628 364,00
Служащие	741 391,20
МОП	827 172,00
Итого:	111 078 419,67

6.3 Разработка системы стимулирования трудовой деятельности

Качество продукции и эффективность производства во многом зависят от достижения высокой производительности, экономии энергоресурсов и материалов. Поэтому большую роль играет материальное стимулирование. На базовом предприятии введена система стимулирования труда. Фонд материального поощрения (ФМП) образуется за счет отчисления от прибыли.

ФМП составляет 10% от фонда заработной платы.

$$\text{ФМП} = \text{З}_{\text{год}} \cdot 0,1 = 111\,078\,419,67 \cdot 0,1 = 11\,107\,841,97 \text{ руб.}$$

ФМП_{ИТР} = 20% от годового фонда зарплаты ИТР

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 7\,628\,364,00 \cdot 0,2 = 1\,525\,672,80 \text{ руб.}$$

ФМП_{сл} = 20% от годового фонда зарплаты служащих:

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 741\,391,20 \cdot 0,2 = 148\,278,24 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = \text{ФМП} - \text{ФМП}_{\text{ИТР}} - \text{ФМП}_{\text{сл}}$$

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 11\,107\,841,97 - 1\,525\,672,80 - 148\,278,24 = 9\,433\,890,93 \text{ руб.}$$

На 1 рубль фонда заработной платы МОП и основных и вспомогательных рабочих приходится ФМП:

$$82\,154\,596,13 / 111\,078\,419,67 = 0,739 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 82\,154\,596,13 \cdot 0,739 = 60\,762\,276,65 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 19\,726\,896,34 \cdot 0,739 = 14\,590\,189,58 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 827\,172,00 \cdot 0,739 = 611\,783,83 \text{ руб.}$$

Среднемесячная зарплата с премиями из ФМП составит:

$$ЗП_{\text{ср/м}} = (З_{\text{год}} + \text{ФМП}) / 12 \cdot N_{\text{сп}}, \quad (49)$$

где $N_{\text{сп}}$ – списочное количество рабочих

$$ЗП_{\text{ср/м осн}} = (82\,154\,596,13 + 60\,762\,276,65) / 12 \cdot 339 = 35131,97 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м всп}} = (19\,726\,896,34 + 14\,590\,189,58) / 12 \cdot 123 = 23250,06 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м ИТР}} = (7\,628\,364,00 + 1\,525\,672,80) / 12 \cdot 22 = 34674,38 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м сл}} = (741\,391,20 + 148\,278,24) / 12 \cdot 8 = 9267,39 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м МОП}} = (827172,0 \cdot ((1+0,25+0,1+0,2) \cdot 1,15) + 611783,83) / 12 \cdot 40 = 15782,50$$

Сводный план по труду и заработной плате представлен в таблице 49.

Таблица 49 – Сводный план по труду и заработной плате

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Объем производства	т	18000
Численность: основных рабочих	чел.	339
вспомогательных рабочих	чел.	123
служащих	чел.	8
ИТР	чел.	22
МОП	чел.	10
Выработка продукции на одного работающего	т/чел.	53,78
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	142 916 872,8
вспомогательные рабочие	руб.	34 317 085,93
ИТР	руб.	9 154 036,8
служащие	руб.	889 669,44
МОП	руб.	2 183 410,635
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП:		
основные рабочие	руб.	35131,97
вспомогательные рабочие	руб.	23250,06
ИТР	руб.	34674,38
Служащие	руб.	9267,39
МОП	руб.	15782,50

6.4 Отчисления единого социального налога

В единый социальный налог (ЕСН, 30,2%; от ФЗП) входят:

- отчисления в пенсионный фонд (ПФ 22% от ФЗП);
- социальное страхование (СоцСтрах 2,9 % от ФЗП);
- обязательное медицинское страхование (ОМС 5,1% от ФЗП);
- травматизм (0,2 % от ФЗП).

Таблица 50 – Отчисления по ЕСН по фонду оплаты труда

Категория работающих	ФЗП, руб.	Отчисления, руб.				Отчисления ЕСН, руб.
		ПФ	Фонд соцстраха	ОМС	Травматизм	
Основные рабочие	142916872,8	31441712	4144589,3	7288760,51	285833,75	43160895,58
Вспомогательные рабочие	34317085,93	7549758,9	995195,49	1750171,38	68634,172	10363759,95
ИТР	9154036,8	2013888,1	265467,07	466855,877	18308,074	2764519,114
Служащие	889669,44	195727,277	25800,414	45373,1414	1779,3389	268680,1709
МОП	2183410,635	480350,34	63318,908	111353,942	4366,8213	659390,0118
Итого	189461075,58	41681436,6	5494371,19	9662514,855	378922,152	57217244,83

6.5 Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений

Стоимость основных фондов включают:

- затраты на строительство зданий и сооружений;
- затраты на приобретение, транспортировку и монтаж оборудования;
- затраты на заказ и приобретение технологической оснастки;
- затраты на приобретение инструментов.

Ориентировочно стоимость здания литейного цеха принимается 2500 руб/м³. Затраты на бытовые помещения вычисляются по формуле:

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot C_{зд/м}, \quad (50)$$

$$C_{бп} = V_{бп} \cdot C_{бп/м}, \quad (51)$$

где $C_{зд/м}$, $C_{бп/м}$ – удельная цена здания и бытового помещения, руб/м³.

Расчеты капитальных затрат и амортизационных отчислений представлены в таблице 51.

Затраты на приобретение и монтаж подъемно – транспортного оборудования закладываем в размере 60% от стоимости технологического оборудования. Затраты на прочее вспомогательное оборудование принимаем в размере 25% от стоимости технологического оборудования. Стоимость инструментов принимаем из расчета 170 руб на одного работника.

Амортизационные отчисления определяем на стоимость основных материалов. Принимаем следующие значения норм амортизации:

- здания и сооружения – 2 %;
- плавильные печи – 7 %;
- подъемно – транспортное оборудование – 10 %;
- инструмент и оснастка – 50 %;

- прочее оборудование – 10 %.

Расходы на содержание и ремонт оборудования берутся в процентах от стоимости основных материалов.

Таблица 51 – Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Наименование	Марка оборуд.	Кол-во, шт	Стоимость единицы оборудования				Общая стоим. тыс руб	Амортизационные отчисления	
			Цена, тыс руб	Монтаж		Всего руб		Норма,%	руб
				%	Σ,руб				
Сооружения	20000 м ³	-	2,5	-	-	50000	50000	2	1000
Сталеплавильная печь	ДППТ-6	3	35000	10	3500	38500	115500	7	8085
Формовочная линия	Кюнкель Вагнер	1	30000	10	3000	33000	33000	10	3300
Смеситель	WM20	1	20000	10	2000	22000	22000	10	2200
Стержневая машина	Лаепре L10	2	23500	10	2350	25850	51700	10	5170
Выбивная решетка	Кюнкель Вагнер	1	15000	10	1500	16500	16500	10	1650
Галтовочный барабан	41212	2	18000	10	1800	19800	39600	10	3960
Дробеметная камера	M42185	2	19500	10	1950	21450	42900	10	4290
Термическая печь	ТП-5	2	13000	10	1300	14300	28600	10	2860
Итого:	-	-	-	-	-	-	399800	-	32515
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	239880	10	23988
Оснастка	-	-	-	-	-	-	125,5	50	62,75
Пр.оборудование	-	-	-	-	-	-	99950	10	9995
Итого	-	-	-	-	-	-	339955,5	-	34045,75
Всего	-	-	-	-	-	-	739755,5	-	66560,75

Таблица 52 – Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, тыс. руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	3 998,00	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	19 990,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение грузов	989,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Износ оборудования	989,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Прочие расходы	73 975,55	10 % от общей суммы расходов
Итого:	99 941,55	-

6.6 Определение затрат и расчет себестоимости продукции

Себестоимость продукции играет большую роль в системе планирования и экономического стимулирования предприятия. С понижением себестоимости продукции увеличивается прибыль предприятия, повышается рентабельность производства. Это достигается внедрением передовых технологий, использование автоматизации и механизации производства, применением новых видов материалов, топлива, энергии, рациональной организации труда.

В соответствии с законодательством РФ в себестоимость продукции включаются следующие группы затрат:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

В таблице 53 представлена смета цеховых расходов.

Таблица 53 – Смета цеховых расходов

Статьи затрат	Затраты 1 т литья, руб.	Сумма затрат на всю программу, руб.
1. Затраты на оплату труда	8812,14	189 461 075,58
2. Отчисления ЕСН	2661,26	57217244,83
3. Амортизация здания, инвентаря	3095,84	66560750
4. Затраты на научную работу, рационализаторство, (8 % от п.1)	704,97	15156886,05
5. Расходы на охрану труда (10% от п.1)	881,21	18946107,56
6. Стоимость вспомогательных материалов	333,24	7164750
Итого:	16488,68	354 506 814,01
Прочие расходы (10% от общих расходов)	1648,86	35450681,4
Цеховые расходы:	18137,55	389 957 495,41

6.7 Техничко-экономические показатели

Фондоотдачу ΦO находим по формуле

$$\Phi O = \frac{N}{\Phi o \phi}, \quad (52)$$

где N – годовой объем продукции, руб.;

$\Phi o \phi$ – стоимость основных фондов, руб.

$$\Phi o = \frac{17843173405}{739755500} = 2,41 \text{ руб} / \text{руб}.$$

Таблица 54 – Калькуляция себестоимости 1 тонны годного литья проектируемого цеха

Статьи затрат	На 1 т литья			На программу
	Кол-во, т	Цена, руб.	Сумма, руб.	Сумма, руб.
Основные материалы	1,692	3700	6260,57	134602369
ВСП	0,622	2150	1337,40	28754140
Угар	0,07	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1	-	3451	74196500
Оплата труда основных рабочих	-	-	8812,143	189461076
ЕСН	-	-	2661,26	57217244,8
Электроэнергия, кВт·ч	11,9	2,6	30,94	665210
Природный газ, м ³	57	1,8	102,6	2205900
Вода, м ³	37,6	3,2	120,32	2586880
Сжатый воздух, м ³	14	1,4	19,6	421400
Расходы на подготовку производства	-	-	4045,7	86982550
Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования	-	-	276,8	5 951 200,00
Отчисления на амортизацию оборудования	-	-	3095,84884	66560750
Основная себестоимость	-	-	30214,19	649605219
Цеховые расходы	-	-	18137,55	389957495
Цеховая себестоимость	-	-	48351,75	1039562715
Общезаводские расходы	-	-	8177,2	175809800
Производственная себестоимость	-	-	23195,1	498694650
Непроизводственные расходы	-	-	3267,45	70250175
Полная себестоимость	-	-	82991,50	1784317340

Фондоемкость находим по формуле

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi O}, \quad (53)$$

$$\Phi O = \frac{1}{2,41} = 0,41 \text{ руб} / \text{руб}.$$

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

- обеспечение безубыточности и получение прибыли;
- установление цены исходя из ценности товара;
- ориентация на издержки производства.

Рассчитаем цену 1 т литья по формуле при учете доходов 30%

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (54)$$

$$Ц = 1,3 \cdot 82991,5 = 107888,95 \text{ руб}.$$

Примем цену за 1 тонн годного литья 110000 руб. При объеме производства 21500 т литья в год доход от продаж составит 2 365 000 000 руб. Прибыль найдем по формуле:

$$\Pi = Д - С, \quad (55)$$

где Д – доход, руб.

$$\Pi = 2\,365\,000\,000 - 1\,784\,317\,340 = 580\,682\,660 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле

$$T_{ок} = \frac{Кз}{Эф}, \quad (56)$$

$$T_{ок} = \frac{739755500}{580682660} = 1,27 \text{ г.}$$

Определим рентабельность проекта:

$$P = \frac{\Pi}{С} \cdot 100\% \quad (57)$$

$$P = \frac{580682660}{1784317340} \cdot 100\% = 32,54\% .$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 55.

Таблица 55 – Технико-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	21500
Численность работающих всего, чел.	502
в том числе: основных	339
вспомогательных	123
ИТР	22
служащих	8
МОП	10
Фонд основной заработной платы, тыс. руб.	189 461,075
Капитальные вложения, тыс. руб.	739 755,5
Себестоимость, руб.	82 991,5
Рентабельность, %	32,54
Прибыль, тыс. руб.	580 682,66
Срок окупаемости, год	1,27

Вывод:

Вложенные в проектирование и строительство цеха мелкого и среднего стального литья с производительностью 215000 тонн капитальные средства в размере 739755,5 тыс. руб. окупятся за короткий срок в течении 1,27 года и позволят получать прибыль от реализации продукции в размере 580682,66 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте предусмотрено внедрение автоматизированного и механизированного оборудования с применением прогрессивных технологических процессов, что позволяет повысить качество литья, точность отливок, практически исключить ручной труд, уменьшить расход металла, электроэнергии, снизить затраты труда, повысить производительность и минимизировать вредное воздействие на окружающую среду. Применяя прогрессивную современную технологию изготовления отливок путем литья в сырые песчаные формы, предусмотрено использование наиболее современного и производительного оборудования, которое улучшает санитарно-гигиенические условия труда, повышает качество отливок. Максимально автоматизирован и механизирован производственный процесс, что влияет на рост производительности труда, снижает трудоемкость работ, приводит к экономии фонда заработной платы. Широко используются возвраты собственного производства.

Но на сколько бы не был данный проект эффективным, необходимо постоянно совершенствовать технологический процесс, модернизировать и устанавливать новое оборудование в цехе, улучшать условия труда, т.к. в литейном цехе они очень тяжелые. Необходимо находить применение в цехах роботов, это несомненно приведет к повышению эффективности.

Проект цеха был разработан с учётом всех предъявляемых к нему требований. Производство отливок с использованием формовочной автоматической линии является экономичным и высокопроизводительным. Экономический раздел рассматривает затраты на создание цеха и организации производства.

В разделе «Безопасность и экологичность проекта» рассмотрены факторы, влияющие на работающих в цехе и предложены меры защиты.

В разделе «Экологическая часть» была проведена оценка экологической безопасности данного литейного цеха.

Проектируемый литейный цех производительностью 21500 тонн отливок в год отвечает предъявленным к нему требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 977-88. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 01.07.1988. –М.: Изд-во стандартов 1990. 63с.
2. ГОСТ 3226-93. Глины формовочные огнеупорные. Общие технические условия. Введ. 01.01.1995. - Изд-во стандартов 1994. 6с.
3. СТО-07518941-78-2008.. Исходные формовочные материалы. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2008.76 с.
4. Могилев В. К., Лев О. И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
5. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 09.12.2009. – М.: Изд-во стандартов 1990. 45с.
6. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. Урал. гос. проф. – пед. Ун-т . 2000. 662с.
7. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
8. ГОСТ 2138-91. Пески формовочные Общие технические условия. Введ. 01.01.1993. – Изд-во стандартов 2005. 7с.
9. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. - М.: Машиностроение, 1985. 320с.
10. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
11. В.М. Чураев, Ю.А.Ермаков, М.П. Зуев, Л.Б. Нечиперович. Создание и промышленное освоение серии универсальных автоматических формовочных линий, журнал «Литейное производство», 2000, №9.
12. Д.М. Кукуй, В.А.Скворцов, В.Н. Эктова. Теория и технология литейного производства. Минск: изд. Дизайн ПРО, 2000. 416 с.
13. А.М.Михайлов, Б.В.Бауман, Б.Н. Благов. Литейное производство. М.: Машиностроение, 1987. 480с.
14. П.П.Берг. Формовочные материалы. М.: Машгиз, 1983. 408с.
15. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.
16. ГОСТ 12.1.005–88* Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 01.01.1988. –М .: Изд-во стандартов 1989. 49с.

17. ПБ 11-493-02 Общие правила безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств. М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России» 2002. 103с.
18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997 г. 7с.
19. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Москва 1995. 69с. (СП 52.13330.2011).
20. Отчет отдела охраны труда ОАО НПК Уралвагонзавод 2009 г. 113с.
21. Ссылка <http://turboreferat.ru/life-safety/organizaciya-rabochego-mesta/19056-98255-page4.html>.
22. ГОСТ 12.1.012 – 90 Вибрационная безопасность. Общие требования. Введ. 01.07.1991. –М.: Изд-во стандартов 1990. 29с.
23. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум общие требования безопасности». Введ. 01.07.1984. –М.: ИПК Изд-во стандартов 2001. 11с.
24. СН 2.2.4 / 21.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. 1996. 120с.
25. ПОТ РМ-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ». Введ. 01.07.2001. М.: Министерство энергетики Российской Федерации 2000. 611с.
26. ГОСТ Р 12.4.026-2001 Цвета сигнальные и знаки безопасности. Введ. 19.09.2001. –М.: Изд-во стандартов 2001. 72с.
27. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. 01.07.1992. М.: Изд-во стандартов 1992. 66с.
28. ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. Введ. 01.01.1985. –М.: Изд-во стандартов 1983. 21с.
29. Шаприцкий В.М. Защита атмосферы в мет аллургии. М.: Металлургия, 1984. 216 с.
30. Шицкова А.П. Охрана окружающей среды от загрязнений предприятиями черной металлургии. М.: Металлургия, 1982. 245 с.
31. Юдашкин М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии. изд. 2-е перераб. и доп. М.: Металлургия, 1984. 386 с.
32. Ядыганов Я.Я. Экономика природопользования. Екатеринбург: Урал. Гос. Эконом. Универ., 1997, 438 с.
33. Ссылка http://othod-v-dohod.ru/ekologija_sverdlovskaja_oblast
34. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. - пед. ун-та, 1999.-91с.
35. Единый тарифно-квалификационный справочник. - М.: Экономика, 1989. 526с.

36. ГОСТ 3.1125-88 «Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок». М.: ИПК Издательство стандартов. 13с.

37. Методические указания по дипломному проектированию для студентов: В4 ч. Свердл. инж. - пед. инс-т. Свердловск, 41. 1989. 88с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Лист	Листов
A1		1	Плавильная печь	ДППТ-6	3										
A1		2	Шихтовый двор		1										
A1		3	Формовочная линия	"Kunkel Wagner"	1										
A1		4	Смесеприготовительная установка	WM20	1										
A1		5	Стержневая машина	Laetpre "L10"	1										
A1		6	Кран мостовой	Q=10 т	4										
A1		7	Стержневая машина	Laetpre "L10"	1										
A1		8	Дробебетонная камера	M42815	2										
A1		9	Передачная телега		2										
A1		10	Склад стержней		4										
A1		11	Скрудбдер	АБХУ	2										
A1		12	Виброконвейер		8										
A1		13	Выбивная решетка	"Kunkel Wagner"	1										
A1		14	Суточные бункера		10										
A1		15	Кран мостовой	Q=15 т	8										
A1		16	Бункер для песка		3										
A1		17	Галтовочный барабан	41212	2										
													ДП.22.03.02.919		
													Лит. 1 Листов 1		
													ФГАОУ ВО РГПТУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-41с/1П		
													Формат А4		
													Копировал		
													План размещения оборудования цеха		
													Изм. Лист № докум. Подп. Дата		
													Разраб. Степанов		
													Проб. Бекетаба		
													Н.контр. Категоренко		
													Утв. Гизанов		