

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 93 листа машинописного текста, 2 рисунка, 47 таблиц, 32 источника литературы, 1 приложение, графическую часть на 6 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса изготовления отливок из серых чугунов для машиностроения с годовым выпуском 22500 тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

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

					ДП.22.03.02.921 ПЗ					
					Проект литейного цеха по производству отливок из серого чугуна с годовым выпуском 22500 тонн					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>		
Разраб.		Мальчиков						1:1		
Провер.		Бекетова								
Т. контроль						Лист	3	Листов	100	
Н. Контр.		Категоренко			Пояснительная записка	ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-411сЛП				
Уте.		Гузанов								

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА.....	8
1.1. Режим работы цеха.....	10
1.2. Расчёт фонда времени работы оборудования.....	11
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	12
2.1. Анализ конструкции детали, условий ее эксплуатации	12
2.2. Материал отливки и его свойства.....	12
2.3. Разработка технологии изготовления отливки «Колесо»	14
2.4. Модельно-литейная оснастка.....	15
2.5. Формовочные и стержневые смеси	17
2.6. Расчет литниково – питающей системы	21
2.6.1. Расчет припусков на механическую обработку	21
2.6.2. Проектирование и расчет прибылей	22
2.6.3. Расчет литниково-питающей системы	24
2.6.4. Коэффициент выхода годного для отливки «Колесо»	27
2.7. Конструирование и изготовление стержней.....	27
2.8. Изготовление полуформ, сборка форм	28
2.9. Заливка, выбивка, обрубка литья.....	30
2.10. Контроль.....	31
2.11. Виды брака и методы борьбы и ними	32
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ЦЕХА	35
3.1. Плавильное отделение	35
3.1.1. Индукционная тигельная печь ИЧТ-10/4,0.....	35
3.2. Смесеприготовительное отделение	40
3.2.1. Формовочные, стержневые смеси и покрытия.....	41
3.2.2. Расчет смесителей для формовочной смеси.....	50
3.3. Стержневое отделение	50
3.3.1. Расчет стержневых машин	53
3.4. Формовочное отделение	54
3.5. Обрубное отделение.....	56
3.5.1. Выбивка, обрубка, очистка литья	56
3.5.2. Методы исправления дефектов литья	61
3.5.3. Контроль.....	62
3.6. Вспомогательные службы	63
3.7. Внутрицеховой транспорт	64
3.8. Сводная ведомость оборудования	65
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	66

4.1. Безопасность труда.....	66
4.1.1. Характер труда.....	67
4.1.2. Условия труда.....	67
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА.....	77
5.1. Глобальные экологические проблемы	77
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.	78
5.3. Основные требования экологизации проекта.....	80
5.4. Мероприятия по экологизации ТП.....	81
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	83
6.1. Расчет численного состава рабочих	83
6.2. Организация и планирование заработной платы	87
6.3. Разработка системы стимулирования трудовой деятельности.....	90
6.4. Отчисления единого социального налога.....	91
6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений	92
6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции.....	94
6.7. Техничко-экономические показатели	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Массовая доля литых заготовок машиностроительных изделиях составляет 30 – 90%.

Развитие техники предъявляет свои требования к качеству литых заготовок. Современные отливки должны иметь высокие и регламентированные механические свойства, физические и химические характеристики, а также высокую точность при минимальной толщине стенок и массе.

Важнейшей проблемой является повышение экологической чистоты литейной технологии, которую можно решить путем комплексной механизации и автоматизации производства, основанного на использовании прогрессивных технологических процессов.

Значимость литейного производства увеличивается несмотря на широкое развитие конкурирующих технологий: порошковой металлургии, использование композиционных материалов, сварных и деформируемых заготовок, а также изделий из пластмасс. Это обусловлено рядом преимуществ:

- отливки имеют большую конфигуративную точности и максимально приближены к деталям;
- применяемые в литейном производстве способы формообразования отличаются большой экономичностью и универсальностью. Литьем можно получать заготовки практически любой конфигурации и из любых сплавов без существенных ограничений по массе и габаритным размерам;
- литые заготовки, в отличии от всех других видов заготовок, имеют более низкую себестоимость.

Метод литья в сырые песчаные формы трудоемок и сложен. Но тем не менее, в ряде случаев, он является наиболее производительным и экономически выгодным. Применение литья в сырые песчаные формы эффективно главным образом в крупносерийном и массовом производстве, когда заливка форм осуществляется на конвейере, при необходимости быстрой сборки форм, вызванный производственными условиями, так как данный способ имеет самый сокращенный общий цикл изготовления отливок. Метод литья в сырые песчаные формы наиболее экономичен, так как не требует площадей для установки сушил и складирования форм.

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 чугунно-литейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения. Мощность цеха 22500 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 ЦЕХА

Производственная программа цеха является основным документом при проектировании цехов.

Проектное задание – производительность чугунолитейного цеха 21000 тонн отливок в год; тип производства – массовый.

В условиях массового производства обычно принимают условную производственную программу.

Литейный цех и его участки по своему типу относятся к массовому производству. В цехе планируется изготовление мелких и средних деталей на вагоны, дорожно-строительную технику, экскаваторы.

Технологический процесс изготовления отливок методом литья в сырые песчано-глинистые формы требует наличия большого количества качественных формовочных и стержневых смесей.

Производственное задание стержневого отделения и разбивка стержней на группы по размерам, сложности изготовления, составу стержневой смеси позволяют определять потребность в производственном оборудовании, транспортных средствах и численности рабочих.

Формовочное отделение литейного цеха является ведущим участком производства отливок, ведущее место формовочного участка определяется тем, что здесь выполняется наиболее ответственная часть технологического процесса изготовления отливок.

Плавильное отделение литейного цеха должно обеспечить жидким металлом работу формовочного отделения. Необходимое количество, мощности и техническая характеристика плавильных агрегатов устанавливается в зависимости от специализации литейного цеха и режима работы его производственных звеньев.

Очистка и обрубка отливок является завершающими технологическими операциями получения годных отливок, качество выполнения которых сказывает большое влияние результаты обработки литых заготовок в механообрабатывающем процессе.

Производственная программа представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Производственная программа цеха

Массовая группа	Наименование отливки	Сплав	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС и прибылями, кг	Общее количество отливок на программу, шт	Брак механ. цеха, шт	Брак литья, шт	Общее количество отливок с учетом брака, шт	Масса отливок без ЛПС на годовую программу, т	Масса жидкого металла на программу, т	Коэффициент выхода годного
0-50	Оголовок	СЧ15	15,6	19,2	25,6	11500	345	805	12650	242,88	323,84	60,94
	Гильза	СЧ15	22,9	29,5	38,4	11500	345	805	12650	373,175	485,76	59,64
	Опора	СЧ25	31,9	35,6	51,9	11500	345	805	12650	450,34	656,535	61,46
	Колесо	СЧ20	13,6	16,1	22,6	11500	345	805	12650	203,665	285,89	60,19
	Щит	СЧ25	42,3	55,6	71,2	11500	345	805	12650	703,34	900,68	59,41
50-100	Проставка	СЧ15	59,6	69,2	88,9	10500	315	735	11550	799,26	1026,795	67,04
	Крышка	СЧ20	61,2	71,4	91,2	10500	315	735	11550	824,67	1053,36	67,11
	Ступица	СЧ15	66,3	69,1	101,2	10500	315	735	11550	798,105	1168,86	65,51
	Плита	СЧ25	78,5	99,5	121,3	10500	315	735	11550	1149,225	1401,015	64,72
	Погон	СЧ25	61,3	81,2	104,8	10500	315	735	11550	937,86	1210,44	58,49
100-150	Защита картера	СЧ15	101,2	125,9	155,9	9500	285	665	10450	1315,655	1629,155	64,91
	Диск	СЧ20	115,6	141,3	169,1	9500	285	665	10450	1476,585	1767,095	68,36
	Валик	СЧ15	124,2	155,9	188,4	9500	285	665	10450	1629,155	1968,78	65,92
	Защита	СЧ25	121,6	139,4	186,5	9500	285	665	10450	1456,73	1948,925	65,2
	Седловина	СЧ20	112,3	135,6	169,6	9500	285	665	10450	1417,02	1772,32	66,21
150-200	Диск нажимной	СЧ25	151,3	185,6	221,3	8500	255	595	9350	1735,36	2069,155	68,37
	Стойка	СЧ20	155,2	189,2	235,6	8500	255	595	9350	1769,02	2202,86	65,87
	Диск	СЧ25	166,8	182,3	255,6	8500	255	595	9350	1704,505	2389,86	65,26
	Рулевая тяга	СЧ20	158,6	184,5	256,9	8500	255	595	9350	1725,075	2402,015	61,74
	Тяга	СЧ20	152,1	191,3	241,6	8500	255	595	9350	1788,655	2258,96	62,96
Итого:						200000	6000	14000	220000	22500,28	28922,3	

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 [7].

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:

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

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 ($k = 0,9$).

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

$$\Phi_{\text{эф}} = \Phi_{\text{д}} \cdot 0,88 = 5422 \cdot 0,88 = 4772 \text{ ч.}$$

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 [7]:

$$F_{\text{д}} = F_{\text{н}} \cdot (1 - \alpha/100), \quad (4)$$

где α – потери времени на плановый ремонт, %;

$F_{\text{н}}$ - номинальный фонд времени работы оборудования, ч,

Номинальный фонд времени работы оборудования составляет 2008 ч на одну смену, в сутках 3 смены, то $F_{\text{н}} = 6024$ ч.

Таблица 2 - Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	$F_{\text{н}}$	α	Расчет $F_{\text{д}}$	Значение, ч
Смесеприготовительное	6024	6,5	$6024 \cdot (1 - 6,5/100)$	5632,44
Стержневое		4,5	$6024 \cdot (1 - 4,5/100)$	5752,92
Формовочное		5,5	$6024 \cdot (1 - 5,5/100)$	5692,68
Плавильное		5	$6024 \cdot (1 - 5/100)$	5722,8
Термообрубное		6	$6024 \cdot (1 - 6/100)$	5783,04

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ конструкции детали, условий ее эксплуатации

В данном дипломном проекте рассматривается процесс изготовления отливки детали «Колесо» черт № Н13.377.13.003 массой 13,6 кг из СЧ20. При эксплуатации деталь испытывает большие динамические и статические нагрузки при движении вагонов. Поэтому деталь должна обладать свойствами такими, как высокая прочность, которая необходима для сохранения формы детали при высоких удельных давлениях, износостойкость. По ГОСТ Р 53464-2009, [1] отливка 11т-0-0-11 класса точности. Габаритные размеры отливки 200×122×106 мм. Конфигурация отливки средней сложности. Средняя толщина стенок 10 мм.

К отливке предъявляются следующие технические требования:

- материал-заменитель СЧ25 по ГОСТ 1412-85[2];
- твердость 197-260 НВ;
- точность отливки 11т-0-0-11 [1];
- предельные отклонения размеров симметричные;
- ** размеры обеспечиваются инструментом;
- неуказанные радиусы скруглений не более 8 мм;
- формовочные уклоны не более 1:50 в сторону уменьшения размеров;
- остальные технические требования по [3].

По классификации сложности - 2 группа сложности отливок. Для отливки внутренней полости детали используем стержни. В качестве материала детали выберем чугун СЧ20, указанный в чертеже отливки.

2.2 Материал отливки и его свойства

Исходя из условий, выбираем материал, подходящий к данной детали, работающей в условиях постоянного трения скольжения – чугун СЧ20 по [2]. Чугун основной литейный материал. Отличается сравнительно низкой температурой плавления и хорошими литейными свойствами. Чугун многокомпонентный сплав железа, характеризующийся эвтектическим превращением. Чугун является основным материалом для изготовления корпусных литых деталей станков, общая масса которых составляет 70-80% массы станка. Корпусные литые детали, особенно станков высокой точности

должны обладать эксплуатационной надежностью и высокой износостойкостью.

Таблица 3 - Химический состав чугуна СЧ20 [2]

Содержание элементов, %				
C	Si	Mn	P	S
3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	не более 0,2	не более 0,15

Механические свойства являются определяющими при выборе чугуна, как конструкционного материала. Эксплуатационная надежность корпусных деталей станка зависит от сохранения ими стабильных размеров во время процесса сборки и особенно во время эксплуатации станка, что в свою очередь зависит от технологичности конструкции детали, использования методов регулирования скорости охлаждения отливки в форме, а также других факторов.

Таблица 4 - Свойства чугуна СЧ20

Свойства	СЧ20
Плотность, кг/м ³	7200
Усадка при литье, %	1,2
Свариваемость	не применяется
Твердость по Бриннелю, НВ	180
Коэффициент линейного расширения, 1/К·10 ⁻⁶	10,5
Теплопроводность, Вт/м·К	41,8-50,2
Удельное электросопротивление, Ом·м·10 ⁻⁶	0,5-1,1
Абсолютная магнитная проницаемость, ГН/м·10 ⁻⁵	10-40
Магнитная индукция, Тл	0,4-0,7
Напряженность магнитного поля, А/м	400-1035
Удельная теплоемкость, кДж/кг·С	523-607
Модуль упругости нормальный, МПа	80000
Модуль сдвига, МПа	42000
Относительное сужение, %	1
Относительное удлинение после разрыва, %	1
Предел прочности при растяжении (растяжение), МПа	98
Предел прочности при растяжении (сжатие), МПа	700
Предел прочности при растяжении (кручение), МПа	300
Предел прочности при растяжении (изгиб), МПа	300
Предел текучести (растяжение), МПа	60
Предел текучести (сжатие), МПа	80
Предел текучести (кручение), МПа	70
Предел текучести (изгиб), МПа	65

На износостойкость деталей влияют микроструктура и твердость чугуна. Исследование механизма изнашивания деталей в условиях, имитирующих процессы, протекающие при эксплуатации станков, позволяют обосновать требования к структуре и свойствам чугуна. Чтобы удовлетворить этим требованиям, необходимо особое внимание уделять процессам получения жидкого чугуна.

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.

2.3 Разработка технологии изготовления отливки «Колесо»

Для производства данного сортамента литья подходит способ производства: литье в сырые песчано-глинистые формы.

К достоинствам литья в разовые формы относятся следующие факторы:

- возможность получения отливок из любых сплавов;
- сравнительно невысокие затраты на оснастку и приспособления;
- технология изучена и отработана;
- возможность получения отливок практически любой массы, размеров и сложности;
- применение доступных формовочных материалов.

Поэтому выбираем способ производства литье в сырые песчано-глинистые формы, используя для приготовления смесей интенсивный смеситель фирмы «Eirich» («Айрих»).

Изготовление стержней предусматриваем на стержневом автомате модели «Disco 3200» из холодно-твердеющих смесей, которые приготавливаются во встроенном смесителе стержневого автомата.

В условиях цеха, формы будем изготавливать на формовочной машине в составе формовочной линии «IMF», которая предназначена для формовки верхних и нижних опок. Способ уплотнения смеси встряхиванием с допрессовкой многоплунжерной головкой. Отливка «Колесо» отливается в песчано-глинистые разовые формы в парных опоках размером 500×400×150 мм, для изготовления форм применяются единые смеси. В форме располагается 4 отливки.

Выбивка отливок производится на выбивной решетке фирмы «IMF» модели T5/4. Опоки раскрепляют и снимают. Верхнюю опоку ставят на решетку, где происходит выбивка кома смеси. Затем на решетку ставят нижнюю опоку, где происходит выбивка куста отливок, вместе с выбивкой отливок из опоки происходит частичная выбивка стержня из отливок. Если стержень плохо поддается выбивки на решетке, то его выбивают пневмомолотком или вручную зубилом и молотком.

Отделение литников от отливок происходит вручную молотком и зубилом или если это затруднено - газорезкой.

2.4 Модельно-литейная оснастка

Для изготовления отливки «Колесо» используются опоки, изготовленные из стали марки 25Л по [3].

Выбор материала модельного комплекта зависит от типа производства отливки. При серийном производстве отливки «Колесо» материалом модельного комплекта является сплав АК7ч по ГОСТ 1583-93, [4].

При разработке модельного комплекта размеры детали пересчитывают с учетом усадки металла. При разработке используют нормы, стандарты, в которых регламентированы конструкции элементов оснастки, их размеры, материал, точность исполнения, шероховатость поверхности.

Заготовки для моделей верха и низа и для стержневых ящиков получают литьем в песчаные формы по деревянным промоделям, изготовленным из сосны с учетом двойной усадки (усадка модели и сплава отливки). При разработке чертежа элементов литейной формы в технических условиях на отливку указывается величина литейной усадки сплава в процентах, которая учитывается при изготовлении модельного комплекта. Литейная усадка на детали из чугуна принимается 1,0-1,2%. Для отливки «Колесо» величину усадки примем 1,0%.

Формовочные уклоны модельных комплектов для получения отливок в песчаных формах регламентирует ГОСТ 3212-92, [5]. При применении песчано-глинистых смесей уклоны назначают в зависимости от высоты формообразующей. Для модельного комплекта отливки «Колесо» формовочные уклоны $0^{\circ}30'$.

В модельный комплект входит:

- монтаж моделей верха, материал АК7ч, [4] ;
- монтаж моделей низа, материал АК7ч, [4];
- стержневой ящик №1 материал АК7ч, [4];

- плита модельная сталь 35Л по ГОСТ 977-88, [3];
- опока верха и низа сталь 25Л, [3].

При выборе типов и размеров опок необходимо учитывать характеристики применяемого оборудования. Опоки должны иметь такие размеры, чтобы оборудование было полностью загружено. Нельзя изготавливать отливки в малых опоках на больших машинах. Окончательные габариты окон уточняются после установки положения отливок при формовке, количества деталей, полости разъёма и т.д.

Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевых сплавов. 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. Учитывая, что размеры и конструкции опок стандартизированы, подбираются опоки с размерами, равными или большими по сравнению с ними. После выбора размера опок в свету подбирают ее стандартный размер по высоте. Минимальные размеры опок можно определить, если к габаритным размерам прибавить расстояния, которое я выбираю по таблице 5.

Таблица 5 - 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
11-25	60	70	40	50	30

Рассчитаем размер опок для отливки:

Общая минимальная длина (в опоке 4 отливки)

$$L_{\min} = 40 + 200 + 200 + 40 = 480 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 500 мм.

Общая минимальная ширина (в опоке 4 отливки)

$$S_{\min} = 40 + 122 + 50 + 30 + 50 + 122 + 40 = 394 \text{ мм}$$

Принимаем стандартный размер опоки 400 мм

Общая минимальная высота нижней опоки.

$$H_{\min} = 60 + 58 = 118 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 150 мм.

Общая минимальная высота верхней опоки.

$$H_{\min} = 70 + 58 = 128 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 150 мм.

В дипломной работе предусматриваются опоки размерами 500×400×150×150 мм. В опоке размещено 4 отливки. Так как на формовочной машине изготовление форм происходит в парных опоках 500×400×150 мм то для изготовления отливки «Колесо» применим данные опоки.

2.5 Формовочные и стержневые смеси

В цехе для изготовления отливок применяются песчано-глинистые формы. Исходными материалами для их получения являются кварцевые пески Басьяновского и Кичигинского месторождений и огнеупорная глина Нижне-увельского месторождения.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяются пески Кичигинского месторождения марки $2K_1O_2O35$ по ГОСТ 2138-91, песок кварцевый 1 класса, категории А и Б.

Сухие пески с содержанием влаги не более 0,5% используют для приготовления стержневых смесей. В качестве формовочной глины используется глина огнеупорная Нижне-Увельского месторождения марки НУ-1, НУ-2. Глина используется молотая сухая с влажностью не более 2,5%. На исходные формовочные материалы существует стандарт предприятия [7]. Настоящий стандарт устанавливает ограниченную номенклатуру исходных формовочных материалов, используемых для приготовления формовочных, стержневых и жидких самотвердеющих смесей, противопопригарных и разделительных покрытий, керамических оболочек.

Стандарт содержит перечень марок или видов материалов с указанием их основных химико-физических свойств и технологических требований.

Формовочная смесь, бывшая в употреблении (выбитая из опок), перед повторным использованием должна быть предварительно переработана. В механизированном производстве отработанная смесь подается из-под выбивной решетки ленточным транспортером в смесеприготовительное отделение. Для изготовления форм для отливки «Колесо» используется единая формовочная смесь. 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 [8].

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 %. Состав и физико-механические свойства формовочных и стержневых смесей представлены в таблице 6.

К стержневой смеси предъявляются более высокие требования, чем к формовочной в отношении прочности, газопроницаемости, газотворности, податливости, выбиваемости и огнеупорности, так как во время заливки и охлаждении металла в форме, стержни в большей мере соприкасаются с металлом и интенсивнее прогреваются.

Процесс приготовления стержневых из холодно-твердеющих 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.

Таблица 6 - Состав и физико-механические свойства формовочной смеси

Наименование	Составляющие формовочной смеси в % по объему
Смесь оборотная	100
Песок кварцевый	5-10
Глина огнеупорная	0-5
Вода	4-6
Лигносulfанат технический	0,75
Влажность, %	4-6
Газопроницаемость, ед	120
Прочность на сжатие в сыром состоянии, МПа (кг/см ²)	0,061 - 0,1 (0,461 - 1,0)

В литейном цехе для изготовления стержней применим холодно-твердеющие 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 холодно-твердеющих 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 [9]:

Песок кварцевый основной марки 1K₂O₂ фракций 016, 02, 025, 03;

В качестве связующего применять связующее «Резамин» ТУ 2221-552-55778270, состоящее из двух компонентов: «Резамин GH 7241» или «Резамин GH 6747» и «Резамин АК 8989» или «Резамин АК 8991».

Песок подаётся по ленточному конвейеру в приёмный бункер. Из приёмного бункера песок пневмотранспортом подаётся в расходные бункера пескострельных стержневых автоматов.

Связующее «Резамин GH 7241 или GH 6747», «Резамин АК 8989 или АК 8991» доставляется грузовыми машинами на поддонах в связке по 4 бочки. По мере необходимости бочки со склада вилочным погрузчиком HYUNDAI транспортируются из склада к стержневым пескострельным автоматам. При помощи бочкокантователя LEMA LM LD-250 устанавливаются на место. Затем с помощью насоса перекачиваются в специальные емкости.

Отвердитель «Резамин К» хранится на центральной станции снабжения газогенераторов жидким амином. С помощью сжатого азота со станции по магистрали «Резамин К» подается к газогенераторам стержневых автоматов.

Изготовление стержневых смесей предусматривается на смесителях периодического действия моделях LVM2 и LVM5 производительностью 2 и 5 т/ч смеси холодного твердения.

Смеситель состоит из следующих основных узлов:

- камера перемешивания;
- устройство объёмной дозировки песка;
- устройство объёмной дозировки связующего;
- электроблок;
- нагреваемый дозатор песка;

В камере перемешивания происходит смешивание химических компонентов с песком до получения однородной массы. Жидкие компоненты дозируются вакуумными насосами, встроенными в механизмы пескострельных автоматов. По окончании процесса перемешивания открывается задвижка камеры перемешивания, и смесь удаляется вниз в бункера стержневых машин LFB25(40), LFB50hLL10.

Процесс затвердевания начинается, когда смола смешивается с песком. Сначала затвердевание идет медленно, а затем непрерывно ускоряется до тех пор, пока реакция не завершится. Затвердевший стержень имеет очень малую эластичность, поэтому стержневой ящик должен иметь тщательно

продуманный формовочный уклон и гладкие поверхности. Ниже приведен рекомендуемый состав стержневой смеси.

Таблица 7 - Состав стержневой смеси

Наименование составляющих	Процент по массе
Песок кварцевый	100
Резамин GH 7241 или GH 6747	0,35-0,70
Резамин АК 8989 или АК 8991	0,35-0,70

Противопригарная краска увеличивает поверхностную прочность, уменьшает осыпаемость и термохимическую стойкость стержней, обеспечивая получение чистых отливок.

Требования на противопригарные, разделительные покрытия:

- исходные материалы для приготовления противопригарных красок, разделительных смазок, клеевых составов, должны соответствовать требованиям СТП АДК 155-2001, [8]:

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

- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать по СТП, [8]:

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

Для покраски стержней на отливку «Колесо» используется спиртовая противопригарная краска на основе дистенсилиманита, состав которой должен соответствовать СТП, данные которого представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Состав противопригарной краски на основе дистенсилиманита

Наименование составляющих	Процент по массе, %
Спирт этиловый	100
Поливинилбутераль	4 - 6
Дистен-силлиманит	До плотности 1,4 - 1,5 г/см ³

Порядок приготовления: поливинилбутераль засыпать небольшими порциями при интенсивном перемешивании. Поставить для набухания и полного растворения. В полученный раствор загрузить дистенсилиманит, перемешивать до получения однородной массы необходимой плотности. Плотность краски проверять при температуре 20 °С. Краску использовать не ранее чем через час после изготовления.

Также при изготовлении форм и стержней используют разделительные покрытия, наносимые на модели и стержневые ящики для облегчения съема песчано-глинистых форм и стержней. Для изготовления отливки «Колесо» в качестве разделительного покрытия используется смесь керосина с УСК (универсальный стержневой крепитель) и уайт-спирит с алюминиевой пудрой.

2.6 Расчет литниково – питающей системы

2.6.1 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 [1]. Этот ГОСТ распространяется на отливки из черных и цветных металлов и сплавов и регламентирует допуски на размеры, массу и 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, [1]).

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 (СЧ20); Наибольший габаритный размер отливки - 200 мм. Степень точности отливки – 11.

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

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, [1]): 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).

$$\text{Ст.кор} = 8 / 200 = 0,04$$

Выбираем степень коробления 7.

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

Размер 200 - допуск размера 5,6 мм;

6. По номинальному размеру нормируемого участка отливки и степени коробления элементов отливки выбираем допуск формы и расположение элементов отливки (таблица 2, [1]): равный 1,2 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 6,0 мм.

8. По общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (таблица 6, [1]): равный 5,6 мм (т.к. из соотношения допусков размера обработанной детали к допуску расположения элементов отливки, выбираем вид окончательной механической обработки как полустоговая).

Согласно [1] припуск на механическую обработку не должен превышать данного значения. Выбираем размер припуска от 3,0 до 5,0 мм.

Вес припусков на механическую обработку рассчитываем по формуле:

$$m = V \cdot \rho, \tag{5}$$

где V – объем припуска, см^3 ;

ρ – плотность жидкого металла, $\text{г}/\text{см}^3$.

$$m_{\text{отл.}} = m_{\text{дет.}} + m_{\text{пр на мех. обр.}} = 13,6 + 2,5 = 16,1 \text{ кг.}$$

Для дальнейших расчетов массу отливки примем 16,1 кг. Точный вес устанавливается на производстве после комиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания.

2.6.2 Проектирование и расчет прибылей

При организации питания отливки технолог, прежде всего, должен проанализировать конфигурацию отливки с точки зрения направленности затвердевания. При одинаковых теплофизических условиях направленность затвердевания отливки обеспечивается, если толщина стенки отливки по направлению к прибыли монотонно увеличивается. Участки, где имеются сужения сечения отливки, нарушают направленность затвердевания, за

такими сужениями будут находиться такие зоны отливки, которые не могут быть пропитаны из прибыли.

Прибылью называется специальный, не предусмотренный чертежом литой детали технологический прилив в поверхности отливки, предназначенный для сосредоточения в нем усадочной раковины в процессе питания затвердевающей отливки жидким металлом.

Кроме того, прибыль служит также выпором и резервуаром, в который могут всплывать продукты разложения литейной формы, шлаковые включения и продукты реакции, происходящие в жидком металле. Прибыль располагают так, чтобы металл, сохраняющийся в прибыли в жидком состоянии, мог непосредственно поступать в затвердевающие части отливки для компенсации уменьшения их объема, вызванного усадкой сплава. Установка прибылей является наиболее эффективным способом предупреждения образования усадочных раковин и пор в отливках.

Прибыли могут использоваться практически для всех сплавов, они особенно эффективны для сплавов, обладающих большой объемной усадкой: стали, высокопрочные чугуны, латуни, бронзы и др. Для расчета прибыли применим метод И. Пржибыла.

Для расчета прибыли используем формулу:

$$V_n = \frac{V_{п.у.} \cdot \varepsilon_v}{\beta - \varepsilon_v}, \quad (6)$$

где β – коэффициент экономичности прибыли (коэффициент β зависит от типа прибыли: для открытых конических прибылей $\beta = 0,1 - 0,11$, принимаем $\beta = 0,1$);

$V_{п.у.}$ – объем питаемого узла отливки ($V_{п.у.} = 256 \text{ см}^3$);

ε_v – объемная усадка, принимающая участие в формировании усадочной раковины.

Величину объемной усадки рассчитаем по формуле:

$$\varepsilon_v = 0,025 + 0,0001 \cdot \Delta T, \quad (7)$$

где ΔT – перегрев над температурой ликвидуса T_l ($\Delta T = 50$).

$$\varepsilon_v = 0,025 + 0,0001 \cdot 50 = 0,03;$$

$$V_n = \frac{256 \cdot 0,03}{0,1 - 0,03} = 110 \text{ см}^3.$$

Рассчитаем высоту прибыли по формуле:

$$H = \frac{4 \cdot V_n}{\pi \cdot D_n^2},$$

$$H = \frac{4 \cdot 110,0}{3,14 \cdot 5,0^2} = 5,59 \text{ см} \approx 60 \text{ мм}.$$

$$M_{ПР} = V \cdot \rho,$$

$$m_{\text{пр}} = 110 \cdot 7,2 = 792 \text{ гр.} = 0,792 \text{ кг.}$$

Для дальнейших расчетов массу прибыли примем 0,8 кг.

2.6.3 Расчет литниково-питающей системы

Заполнение форм сплавом является первым этапом формирования отливки. Несмотря на свою относительную кратковременность, наполнение формы в значительной мере определяет качество отливки. Подавляющее большинство технологического брака в литейном производстве связано с неправильной организацией заливки. Управление заполнением форм осуществляется путем соответствующего конструирования и расчета литниковых сметем. Литниковая система представляет собой совокупность каналов в форме, через которые сплав поступает из ковша в полость формы.

Выбираем боковую литниковую систему, где питатели подводят металл по разьему формы. Боковая литниковая система обеспечивает заполнение нижней части отливки сверху, а верхней части отливки снизу. Шлакоуловители и питатели расположены сбоку отливки в горизонтальной плоскости разьема формы, что удобно в отношении формовки, особенно машинной. С боковой литниковой системой удобна простановка стержней и продувка формы перед сборкой.

Выбор места подвода сплава осуществляется по следующим правилам:

- подвод металла идет в направлении продольной оси простенка формы без прямого удара о стенку и стержень;
- питатель не расположен вблизи знака стержня;
- обеспечено одностороннее движение металла в форме;

Для чугуна не склонного к окислению и вспениванию выбирают замкнутую систему III группы, по [6]. Это обеспечивает заполнение всех элементов литниковой системы сплавом и хорошо задерживает шлак, содержащую стояк, шлакоуловитель, питатель. Подвод металла буду осуществлять по разьему формы, шлакоуловитель находится в верхней полуформе, а питатель в нижней полуформе.

Расчет оптимальной продолжительности заливки выполняется по следующей формуле

$$\tau_{\text{opt}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{\text{ж}}}, \quad (8)$$

где S – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы;

δ – средняя толщина стенки отливки, 20 мм;

$G_{\text{ж}}$ – общая масса отливки, литников и прибылей, кг.

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{приб} + G_{л.с.}), \quad (9)$$

$$G_{жс} = 4 \cdot (16,1 + 0,8 + 5,7) = 90,4 \text{ кг.}$$

$$\tau_{отт} = 2 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 90,4} = 19,3 \text{ сек.}$$

Расчет площади узкого сечения производится по формуле:

$$F_{уз} = \frac{G_{жс}}{\rho_{жс} \cdot \mu \cdot \tau_{отт} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (10)$$

где $\rho_{жс}$ – плотность жидкого сплава, г/см³;

μ – коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{сп}$ – действующий напор, см;

g – ускорение свободного падения, 981 см/с².

При заливке по разъему $H_{сп}$ – действующий напор, рассчитывается по формуле

$$H_{сп} = H_{ст} - h_0 / 8, \quad (11)$$

где $H_{ст}$ – высота стояка от уровня воронки до питателя, 15,0 см;

h_0 – высота отливки, 12,2 см.

$$H_{сп} = 15 - \frac{12,2}{8} = 13,475 \text{ см.}$$

$$F_{уз} = \frac{90400}{7,2 \cdot 0,45 \cdot 19,3 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 13,475}} = 8,8 \text{ см}^2.$$

В форме 4 отливки, на отливку по 2 питателя, то $F_{пит} = 1,1 \text{ см}^2$.

Определение площадей остальных элементов литниковой системы осуществляется по эмпирическим соотношениям, зависящим от сплава и положения узкого места системы. На основании практического опыта принимаем следующее соотношение:

$$F_{пит} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4, \quad (12)$$

Отсюда получаем:

$F_{шл} = 10,6 \text{ см}^2$, так как в форме 2 шлакоуловителя, то:

$$F_{шл} = 5,3 \text{ см}^2.$$

$$F_{ст} = 12,3 \text{ см}^2.$$

По полученным площадям поперечного сечения элементов литниковой системы и типу формовки сконструируем питатель, стояк, литниковую чашу или воронку.

Размер литниковой воронки определим по формуле:

$$Dв = Hв = (2,7 - 3,0) \cdot Dст, \quad (13)$$

По данным таблицы 9 найдем диаметр верха и низа стояка:

$$Fст = 12,3 \text{ см}^2.$$

$$Dст н = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (14)$$

Таблица 9 - Конусность стояка

Высота стояка, мм	Дст в – Дст н, мм	Высота стояка, мм	Дст в - Дст н, мм
100	2	800	8
200	3	900	9
300	4	1000	10
400	4	1200	12
500	5	1400	14
600	6	1600	16
700	7	1800	18

$$D_{ст н} = 2 \cdot \sqrt{\frac{12,3}{3,14}} = 4,0 \text{ см} = 40 \text{ мм.}$$

$$D_{ст в} = D_{ст н} + 0,3 = 4,0 + 0,3 = 4,3 \text{ см} = 43 \text{ мм.}$$

$$Dв = (2,5 - 3) \cdot 4,0 = 12,0 \text{ см} = 120 \text{ мм.}$$

В практике чаще всего применяются трапециевидные шлакоуловители. Сечение шлакоуловителя по его длине при замкнутой системе следует оставлять постоянным. После прохождения последнего питателя шлакоуловитель следует несколько продолжить, чтобы образовать тупик, в котором будут скапливаться неметаллические включения.

Рекомендуемые соотношения размеров сечения шлакоуловителя приведены на рисунке 1.

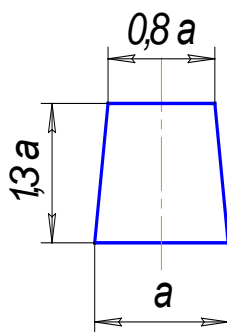


Рисунок 1 - Конструкция шлакоуловителя

На практике чаще всего применяют трапециевидные питатели, для отливки «Колесо» примем трапециевидные питатели, то:

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

$$a = 0,9 \text{ см, } в = 0,7 \text{ см, } h = 1,1 \text{ см.}$$

Аналогично рассчитываем размеры шлакоуловителя :

$$a = \sqrt{\frac{5,3}{1,17}} = 2,1 \text{ см, } в = 0,8a = 1,7 \text{ см, } h = 1,3a = 2,8 \text{ см.}$$

2.6.4. Коэффициент выхода годного для отливки «Колесо»

$$KBГ = Q_{отл.} \cdot 100 \% / (Q_{отл.} + Q_{л.с.} + Q_{пр.} + Q_{пот}), \quad (15)$$

где $Q_{отл.}$ – масса отливки, 16,1 кг;

$Q_{л.с.}$ – масса литниковой системы, 5,7 кг;

$Q_{пр.}$ – масса прибыли, 0,8 кг;

$Q_{пот}$ – масса потерь, принимаем 2% от массы отливки 0,1 кг.

$$KBГ = 16,1 \cdot 100\% / (16,1 + 5,7 + 0,8 + 0,1) = 60,2 \%$$

2.7 Конструирование и изготовление стержней

Специфика работы стержней заключается в том, что при заливке они испытывают более значительные термические и механические напряжения, чем форма. Кроме того, в процессе формирования отливки стержни, как правило, окружены жидким металлом, поэтому они должны обладать следующими свойствами: высокой прочностью в сыром и сухом состоянии, высокой поверхностной прочностью, минимальными осыпаемостью и гигроскопичностью, высокой газопроницаемостью, хорошей податливостью, противопригарностью, минимальной газотворной способностью, достаточной прочностью в нагретом состоянии, хорошей выбиваемостью из отливок.

Для оформления внутренних полостей, наружных углублений и выступов отливки применяются стержни. Установка и фиксация стержня в форме осуществляется с помощью стержневых знаков, которые в зависимости от положения стержня при сборке могут быть горизонтальными и вертикальными.

Конфигурация стержневых знаков выбирается в соответствии с ГОСТ 3212-92 [5] и зависит от размеров сечений знаков $(a + b)/2$ или D , длины стержня (L), положения его в форме (вертикальное, горизонтальное) и способа формовки.

При выборе положения отливки в форме и поверхности ее разъема определяют контуры стержней, необходимых для выполнения всех полостей отливки и элементов ее наружной поверхности. При этом необходимо стремиться к уменьшению числа стержней путем замены их болванами.

Внутреннюю поверхность в отливке выполняем стержнем. Стержень в форме располагаем горизонтально, а знак выполняем пирамидальной формой в нижней полуформе.

Фиксация стержней в форме осуществляется с помощью их знаков. В зависимости от положения стержня в форме стержневые знаки подразделяют

на горизонтальные и вертикальные. Основное назначение знаков - обеспечить надежность и точность фиксирования стержня в форме. Точность и надежность фиксирования стержня зависят от двух конструктивных параметров знака формы и размеров.

От формы нижнего знака зависит возможность установки стержня в полуформу в определенном положении, а от величины знака и соответствия его размеров размерам знакового гнезда формы - точность и надежность фиксирования стержня в определенном положении. Для изготовления отливки используются 1 стержень.

Технологический процесс изготовления стержней из холоднотвердеющих 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.

После этого ответственные места стержней красятся спиртовой быстросохнущей краской и готовые стержни складываются в стопки на стержневом участке. Далее стержни передаются на формовочный участок для установки в форму низа.

2.8 Изготовление полуформ, сборка форм

Формовкой называется процесс изготовления литейных форм и стержней с помощью модельно-опочной оснастки из формовочных и стержневых смесей.

Процесс изготовления форм на автоматической машине 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.

Уплотнение смеси встряхиванием с допрессовкой позволяет обеспечить высокую и равномерную плотность и прочность формы, получение отливки высокого качества. Допрессовка многоплунжерными колодками (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. Такая прессовая колодка называется активной.

Поврежденные места формы исправляют отделочными инструментами: гладилками, ложечками и т.д. Затем так же формуют верхнюю опоку. Перед установкой стержней форму обдуть сжатым воздухом.

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.

Сборку формы начинают с установки нижней полуформы на заливочную площадку. Затем полуформу продувают, для того, чтобы удалить пыль и песок, образовавшийся при извлечении модели и ремонта полуформы. Полуформы, поступающие на сборку, тщательно осматривают. К сборке не допускают полуформы, имеющие повреждения или дефекты. В обдую полость полуформы в определенной последовательности устанавливают стержни.

Устойчивое расположение стержней обеспечивается знаками. Правильность установки стержней проверяют специальными шаблонами. 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. Формы и стержни с дефектами и горелые к сборке не допускаются.

Проверяют все элементы литниково – питающей системы. После этого на нижнюю полуформу устанавливают верхнюю. Точность совмещений

нижней и верхней полуформы обеспечивается применением центрирующих штырей.

Соединение полуформ производится по направляющим штырям, а затем они скрепляются скобами. Вентиляция осуществляется посредством наколов, выполненных в верхней полуформе иглой. На всю форму делают 20 наколов.

2.9 Заливка, выбивка, обрубка литья

Плавка чугуна производится в ИЧТ-10/4,0.

После подачи на заливочный плац формы заливаются с помощью ковша, перемещающегося по заливочному полю с помощью мостового крана. Охлаждение отливки должно быть оптимальное, т.к. преждевременная выбивка ведет за собой получение отливок с нарушением геометрии отливки или к развитию напряжений в отливке, иногда к развитию трещин. Длительное охлаждение – нецелесообразно с экономической точки зрения, удлиняет технологический цикл изготовления отливки.

После охлаждения отливки поступают на выбивку. Выбивка отливок производится на выбивной инерционной решетке модели Т5/4. Опоки раскрепляют и снимают. Верхнюю опоку ставят на решетку, где происходит выбивка кома смеси. Затем на решетку ставят нижнюю опоку, где происходит выбивка куста отливок, вместе с выбивкой отливок из опоки происходит частичная выбивка стержня из отливок. Если стержень плохо поддается выбивки на решетке, то его выбивают пневмомолотком или вручную зубилом и молотком.

Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков, кувалд, пневматических молотков и т.д. Отделение литниковой системы - процесс удаления литников и питателей, затвердевших и охлаждённых до определённой температуры из литейных форм. Отделение литниковой системы крупных отливок производится следующим образом:

- зачистить линию реза на питателе от пригара, формовочной земли до чистого металла с помощью пневматического молотка;
- отрезать питатели и выпоры с помощью резака.

Мелкие отливки сначала попадают в галтовочный барабан, где происходит обломка литниково-питающей системы. Далее отливку направляют на очистку в дробеметную камеру, где происходит удаление песка, окалина и пригара, а также небольших заусенцев, мелких неровностей.

Предварительная обработка отливок заключается в следующем:

- отрезать заливки;
- зачистить заподлицо с телом отливки места по разъему формы, места обрезки литников, заливки на поверхности, нарушающие геометрию отливок.

2.10 Контроль

Качество готовой отливки зависит от точности выполнения технологических требований на каждом этапе изготовления.

На качество отливки оказывает влияние качество заливаемого металла, которое зависит от состава шихты. Шихтовые материалы должны соответствовать сертификату. Химический состав металла должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

После извлечения отливки из формы, обрубки литниковой системы отливку подвергают конечному контролю. К ней предъявляют следующие требования:

- отливка не должна иметь трещин;
- отливка не должна иметь дефектов превышающих по площади указанные в нормативно - технической и нормативно - технологической документации существующей на предприятии.
- геометрические размеры должны соответствовать чертежу отливки, согласно допусков на размеры по [1].

После проверки деталей на соответствие всех вышеперечисленных параметров ее предъявляют контролерам БТК. На годных отливках ставится клеймо БТК, и отправляют в механический цех для проведения обработки.

Для улучшения положения в области качества по фасонно-литейному переделу в дальнейшем предлагаются следующие мероприятия:

- увеличить количество комиссионных проверок соблюдения техдисциплины с привлечением специалистов;
- увеличить объем контроля со стороны мастеров;
- запустить в работу дополнительные модельные комплекты с целью возможности ремонта и корректировок действующих комплектов;
- аттестация технологических процессов;
- аттестация персонала, выполняющих операции особо ответственных техпроцессов;
- аттестация персонала, контролирующего особо ответственный технологический процесс;

- проверки соблюдения технологической дисциплины;
- летучий контроль соблюдения техпроцесса;
- профилактические проверки по соблюдению техдисциплины.

2.11 Виды брака и методы борьбы с ними

Одним из основных показателей работы литейного цеха является качество литья и уровень брака. Этот показатель влияет на экономическую эффективность производства и зависит от технического состояния, квалификации исполнителей и культуры производства.

Несоответствие размеров отливки чертежу. Возникает из-за плохой сборки формы (плохо досаженный стержень). Этот вид брака возникает по невнимательности рабочих-сборщиков форм. Для предотвращения применяют шаблоны, которые позволяют точно установить стержни в форме. Несоответствие размеров отливки чертежу может быть следствием неправильно назначенной усадки при изготовлении модельного комплекта, а также неточной сборки формы. Этот дефект устраняется доводкой модельного комплекта, повышением точности сборки формы.

Перекося. Чаще всего возникает в результате отсутствия штырей на опоках или износа втулок, или из-за неточного набора моделей на модельные плиты. Перекося в отливках образуется при небрежной сборки формы в результате смещения полуформы или неправильной центровке опок, из-за износа втулок и штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике.

Усадочные раковины. Возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, нетехнологичной конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, заливки чрезмерно перегретым металлом. Для снижения брака применяют: внутренние и наружные холодильники, изменение конструкции и размеров прибылей, повышение скорости заливки. Усадочные раковины возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, технологической конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, повышенной усадки.

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). Применяют для снижения брака: улучшение вентиляции форм и стержней, уменьшение площади сечения питателей,

изменение температуры заливки, соблюдение технологии окраски, снижение влажности формовочной смеси. Они бывают открытые или закрытые и возникают при чрезмерной газотворности или недостаточной газопроницаемости формовочной смеси, плохой вентиляции формы и стержня или неправильным ее устройстве, низкой температуры заливаемого металла.

Спай и недолив в отливках образуется от неслившихся потоков металла, потерявших жидкотекучесть до заполнения всей формы. Такие потоки получаются при заливки формы недостаточно перегретым металлом через питатели малого сечения, при чрезмерно влажной формовочной смеси или недостаточной газопроницаемости формовочной смеси.

Заливы на отливке возникают обычно по разьему формы вследствие изношенности опок, их коробления, а также из-за плохого крепления формы.

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.

Горячие трещины возникают а отливках при высокой температуре заливаемого металла, повышенной усадке отливки, неправильной конструкции литниково-питающей системы и прибылей, при плохой податливости стержня, формы, неправильной конструкции отливок, неравномерном охлаждении. Горячие трещины имеют темную окисленную поверхность.

Холодные трещины могут быть следствием как неравномерной усадки отдельных частей отливки, так и просто механических повреждений при выбивки и очистке. Для устранения холодных трещин необходимо обеспечивать равномерное охлаждение отливки в тонких и утолщенных местах.

Вскип - дефект в виде скопления раковин и наростов, образовавшихся вследствие парообразования и местах переувлажнения литейной формы или проникновения газов из стержней в полость литейной формы. Основной причиной дефекта является высокое содержание влаги в форме, из-за некачественной подготовки формовочных и стержневых материалов и смесей, применения гигроскопичных связующих материалов, покраски форм в стержней без последующей их подсушки и длительного хранения форм перед заливкой. Вскип происходит при использовании влажных, окисленных холодильников. Неправильно разработанная конструкция стержней, которая не обеспечивает отвода образовавшихся газов, высокая газотворность используемых смесей являются причинами вскипа форм.

Отбел это дефект в виде твердых, трудно поддающихся механической обработке мест в различных частях отливки из серого чугуна, вызванных скоплением структурно свободного цементита. Основными причинами дефекта являются отклонения от заданного состава чугуна (низкое содержание С и Si, присутствие Тс, Вi, Sb и др.) и нарушение процесса охлаждения отливки (высокая скорость охлаждения).

Ликвации это дефект в виде местных скопления химических элементов или соединений в теле отливки, возникающие в результате избирательной кристаллизации при затвердевании. Различают дендритную (внутрикристаллическую) ликвацию и ликвацию по плотности. Для предотвращения образования дендритной ликвации необходимо медленное охлаждение отливки, чтобы получить однородные кристаллы твердого раствора. Для устранения ликвации по плотности, наоборот, требуется повышенная скорость охлаждения, предотвращающая неоднородность сплава.

3 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ЦЕХА

3.1 Плавильное отделение

3.1.1 Индукционная тигельная печь ИЧТ-10/4,0

Индукционные печи предназначены для плавки черных, цветных и драгоценных металлов токами повышенной частоты. Данные установки для индукционной плавки широко применяются в литейных цехах металлургических заводов, в цехах точного и художественного литья, в ремонтных цехах машиностроительных заводов для получения металла высокого качества, нужного состава и марки.

Таблица 10 - Характеристики печи ИЧТ-10/4,0

Параметр	Показатель
Тип	ИЧТ-10/4,0
Мощность установленная, кВт	4000
Мощность потребляемая, кВт	3800
Емкость номинальная, т	10
Частота тока, Гц/ч	50
Число фаз питающей сети	2
Номинальное напряжение питающей сети	10,0 или 6,0
Температура перегрева металла, °С	1450
Удельная мощность, кВт ч/т	500
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	40

Преимущества:

- высокое качество металла за счет нагрева энергией, выделяющейся внутри самого металла и постоянного перемешивания;
- возможность получения нужного состава и марки металла при определенных соотношениях компонентов шихты;
- небольшой расход энергии и сравнительно небольшое время нагрева и плавки металла;
- небольшие габариты плавильных узлов и литейного участка;
- дистанционное управление процессами нагрева, плавки и разлива металла;
- постоянный контроль за состоянием футеровки и изоляции индуктора;
- максимально достижимая температура расплава 2000°С;

- экологичность и высокая экономичность технологических процессов;
- комплексная поставка «под ключ» и быстрый шеф-монтаж установок;
- рекомендации по размещению оборудования в каждом конкретном случае и привязка к условиям заказчика;

- возможен непрерывный трехсменный режим работы оборудования

Индукционная печь состоит из:

- узла плавильного (каркас, водоохлаждаемый индуктор, тигель для плавки металла);

- оборудования для дистанционного управления процессами плавки и разлива металла;

- преобразователя частоты и оборудования, обеспечивающего его работу;

- оборудования, осуществляющего контроль за процессами плавки, за состоянием футеровки и изоляции индуктора.

Электродпечь работает по принципу трансформатора, у которого первичной обмоткой является водоохлаждаемый индуктор, а вторичной, и одновременно нагрузкой, – находящийся в тигле металл. Нагревается и расплавляется металл за счет протекающих в нем токов, которые возникают под действием электромагнитного поля, создаваемого индуктором.

Плавку металлов проводят в тигле, изготовленном из основных или кислых огнеупорных материалов. Вокруг тигля располагается спиральный многovitковый индуктор, изготовленный из медной трубки, в которой циркулирует охлаждающая вода. К индуктору подключается питающий высокочастотный двигатель - генератор переменного тока. При пропускании тока через индуктор (с частотой 500-800 Гц) в металле, находящемся в тигле, индуктируются мощные вихревые потоки, что обеспечивает нагрев и плавление металла. Шихтовые материалы загружают сверху, которые состоят из металлической части, состоящей из литейного чугуна, чугуна лома, возврата собственного производства (литники, брак), стального скрапа, добавок ферросплавов. Для выпуска плавки печь наклоняют в сторону сливного желоба.

Плавку проводят методом переplava. Пуск печи осуществляется с помощью пусковой болванки требуемого химического состава массой около 10-12% общей ёмкости тигля, по форме, соответствующей форме тигля, но несколько меньшего диаметра.

Болванку помещают в тигель и расплавляют. После этого загружают составляющие шихты. В момент загрузки печь должна быть отключена. На зеркало жидкого металла загружают электродную стружку, затем легковесные отходы металлообработки и в последнюю очередь - возврат

собственного производства. После полного расплавления шихты в печь вводят ферросплавы. Металл в печи перегревают до температуры 1350-1400⁰С. По достижении этой температуры печь выключают и отбирают пробы для анализов.

Таблица 11 – Баланс шихтовых материалов

Марка чугуна				Чугун серый СЧ20	
Плавильное оборудование				ИЧТ-10/4,0	
Объём производства (тыс. тонн)				22500	
№ № п/п	Статьи баланса, наименование материала	ГОСТ, ТУ	Марка мат- ла	Норма	
				%	кг
I Баланс металла (в % к металлозавалке)					
1	Выход годного металла			60,2	67,54
2	Возврат собственного пр-ва			27,3	30,63
	в т ч брак литья			6,0	6,73
3	Угар и безвозвратные потери			6,5	7,29
	ИТОГО:			100,0	112,2
II Шихтовые материалы					
1	Чугун передельный	805-95	ПЛ1-2 гр3, кл.Б, кат.2	17,5	19,635
2	Чугун литейный	4832-95	Л3 гр.3-4 кл Б, кат.2	30,3	33,9966
3	Лом стальн. углеродистый	2787-75	1А	10,0	1,122
4	Возвраты собств. пр-ва			38,6	43,3092
6	Ферросплавы:				
	Ферромарганец в углерод.	4755-91	ФМн70	0,5	0,561
	Ферросилиций	1415-93	ФС45	2,5	2,805
	Никель	849-97	Н1-2-3	0,2	0,2244
	Медь	859-2001	М ₃	0,4	0,4448
	ИТОГО металлозавалки			100,0	112,2
III Раскислители и модификаторы					
1	Ферросиликобарий (для модифицирования чугуна в ковше)	ТУ 14-5-160-84	ФС65Ба4		0,36

После корректировки доводят температуру металла до 1450-1470⁰С и проводят выпуск его в ковши, предварительно подогретые до температуры 600-800⁰С во избежание охлаждения металла. В конце периода плавления на металл загружают флюс, необходимый для образования шлакового покрова. В качестве флюса используют известь и плавиковый шпат.

Таблица 12 – Расчет шихты для чугуна СЧ20

Наименование	Количество, кг	Содержание элементов									
		C		Si		Mn		P		S	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Жидкий чугун	100,00	3,4	3,4	1,5	1,5	0,9	0,9	0,2	0,2	0,15	0,15
Угар	0,47	4,3	0,15	4,1	0,07	1,9	0,01	-	-	-	-
Шихта	100,47	3,53	3,55	1,56	1,57	0,95	0,91	0,199	0,2	0,149	0,15
Отходы	30	3,4	1,02	1,5	0,45	0,9	0,27	0,2	0,06	0,15	0,045
Стальной лом	20	0,3	0,06	0,7	0,14	0,5	0,10	0,05	0,01	0,05	0,01
Внесено отходами и стальным ломом	50	-	1,08	-	0,59	-	0,37	-	0,07	-	0,055
Необходимо дополнительно внести	50,47	4,89	2,47	1,94	0,98	1,07	0,54	0,26	0,13	0,19	0,095
Чугунный лом	48,63	3,39	1,61	2,0	0,97	0,5	0,24	0,2	0,097	0,1	0,049
Стальной лом	0,92	0,3	0,003	0,7	0,01	0,4	0,004	0,05	0,001	0,05	0,001
Карбюратор (электродный бой)	0,92	93,3	0,86	-	-	-	-	-	-	0,05	0,001
Внесено чугуном и стальным ломом	-	-	2,47	-	0,98	-	0,24	-	0,098	-	0,051
Необходимо внести	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,032	0,03	0,044
Ферромарганец ФМн0,5	0,35	0,5	0,002	2,0	0,007	85,0	0,3	0,3	0,001	-	-
Всего:	100,82	3,52	3,55	1,56	1,57	0,93	0,91	0,168	0,169	0,105	0,106

Шлаковый покров защищает металл от окисления и насыщения газами атмосферы, уменьшает потери тепла. Под действием электромагнитного поля индуктора при плавке происходит интенсивное движение (циркуляция) жидкого металла, что способствует ускорению химических реакций, получению однородного по химическому составу металла, быстрому всплыванию неметаллических включений, выравниванию температуры.

В конце плавки проводят диффузионное раскисление путём подачи на шлак порошкообразного кокса, ферросилиция и алюминия. Во всех случаях в печи должен оставаться жидкий металл в количестве 25-50% общей ёмкости, в который вновь загружают шихту. Из плавильной печи чугун выпускают в ковш, который мостовым краном переносят к месту разлива чугуна.

Число печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле

$$H_n = \frac{M_{жс} \cdot 1,2}{P \cdot F_{\phi} \cdot 0,97}, \quad (16)$$

где $M_{жс}$ - потребность в жидком металле на расчетный период, т.

1,2 – коэффициент неравномерности потребления металла;

P - производительность печи, т/ч;

0,97 – коэффициент, учитывающий потери металла при заливке.

$$H_n = \frac{28922,3 \cdot 1,2}{4,0 \cdot 5722,8 \cdot 0,95} = 1,6 \text{ шт.}$$

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле

$$K_z = \frac{H_{\text{расчетное}}}{H_{\text{принятое}}} \cdot 100\%, \quad (17)$$

$$K_z = \frac{1,6}{2} \cdot 100\% = 80,0\%.$$

Для выполнения производственной программы необходимо установить 2 печи ИЧТ-10/4,0.

В цехе используются сталеразливочные чайниковые ковши (ковши с носиком) емкостью 5 т, которые, после заполнения сплавом, с помощью мостового крана транспортируются на участок формовочного отделения. Другие разливочные ковши расположены на стенде для сушки, а остальные в ремонте, который происходит на шихтовом дворе.

Количество одновременно работающих ковшей

$$n = \frac{t \cdot Q}{T_d \cdot P}, \quad (18)$$

где Q – годовое количество жидкого металла, заливаемого из типа ковшей, т;

P – время работы ковша, час;

t – оборот ковша, ч;

T_d – действительный годовой фонд времени работы времени или участка, ч.

Продолжительность работы и время оборота одного ковша определим 12 часов.

$$n = \frac{12 \cdot 28922,3}{5722,8 \cdot 12} = 5,01 \text{ шт.}$$

Принимаем 5 одновременно работающих ковшей. Количество ковшей, работающих в смену.

$$N = \frac{t_c \cdot n}{t}, \quad (19)$$

где n – число одновременно работающих ковшей, (шт.);

t_c – продолжительность рабочей смены, ч ($t_c=8$ ч);

t – продолжительность работы ковша, ч

$$N = \frac{8 \cdot 5}{12} = 3,3 \text{ шт.}$$

Принимаем 4 работающих ковшей в смену. Рассчитаем парк ковшей:

$$N_1 = K \cdot K_1 \cdot N, \quad (20)$$

где K – коэффициент, учитывающий число ковшей в ремонте ($K = 1,2$);

K_1 – коэффициент запаса ($K_1 = 1,2$).

$$N_1 = 1,2 \cdot 2 \cdot 4 = 9,6 \text{ шт.}$$

Принимаем 10 ковшей в смену, 30 ковшей в сутки.

3.2 Смесеприготовительное отделение

На участке расположены бегуны периодического действия с вертикально вращающимися металлическими катками модели 1А-12М, бункера для складирования глины и сухого песка, полигональные сита для удаления металлических включений из отработанной смеси и система транспортировки смеси.

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. Для изготовления стержней применяют смеси из холодно твердеющих смесей, упрочняющиеся в результате продувки газообразным отвердителем. К стержневой смеси предъявляются более высокие требования, чем к формовочной в отношении прочности, газопроницаемости, газотворности, податливости, выбиваемости и огнеупорности, так как во

время заливки и охлаждения металла в форме, стержни в большей мере соприкасаются с металлом и интенсивнее прогреваются.

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 %.

3.2.1 Формовочные, стержневые смеси и покрытия

Пески формовочные. В качестве наполнителей формовочных смесей применяют кварцевые пески. Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяются пески Кичигинского месторождения по ГОСТ 2138–84, пески кварцевые 1 класса категории А и Б.

Формовочные пески не должны иметь посторонних включений: остатков растительных слоев (перегноя, корней), а также засорения углем, торфом и известняком.

Формовочные пески должны соответствовать ГОСТам.

Отбор проб производится в соответствии с ГОСТ 29234.0–91. Для отбора проб из неподвижного слоя песка применяются совки стальные пробоотборники для ручного отбора проб. Количество точечных проб должно быть не менее трех, масса точечных проб – не менее 0,5 кг. Влажность сухого песка – не более 0,5%, сырого не более 5,0%. Сухой песок просеивают через устройство с ячейками 4 мм. В бегуны подавать песок с температурой не выше 300С.

Таблица 13 - Физико-механические свойства формовочных песков

Место-рождение	Марки по ГОСТ 2138-94	Содержание глинистой составляющей, %	Содержание кремнезема, % не более	Содержание оксидов железа, %, не менее	Газопроницаемость при оптимальной влажности, ед, не менее	
					Категории песков	
Кичигинские	2К0315	2	96	1,0	300	250
Басьяновские	2К020	2	96	1,0	300	160
	2К016	2	96	1,0	100	75

Глины огнеупорные. Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяется глина огнеупорная Каменского участка Белкинского месторождения. Глина огнеупорная должна соответствовать требованиям

ТУ 14-8-262-78. Не допускается засорение глины посторонними примесями. Влажность сухой глины не более 5,0%.

Таблица 14 - Требования к формовочным пескам

Наименование определяемого параметра	ГОСТ
Массовая доля глинистой составляющей	ГОСТ 23409.18-78
Гранулометрический состав	ГОСТ 23409.24-78
Газопроницаемость	ГОСТ 23409.6-78
Массовая доля влаги	ГОСТ 23409.5-78
Массовая доля окиси кремния	ГОСТ 2642.3-86
Массовая доля окиси железа	ГОСТ 23409.2-78

Таблица 15 - Характеристика огнеупорных глин

Наименование показателя	Норма для марок			
	БК1	БК2	БК3	БК4
Массовая доля Al_2O_3 , %, не менее	37	33	28	28
Массовая доля Fe_2O_3 , %, не более	2,8	3,5	5,5	3,5

Глины огнеупорные проходят испытания, которые должны соответствовать ГОСТам. Отбор проб производится в соответствии с требованиями ГОСТ 3226-77. Для отбора проб применяется металлический совок. Количество точечных проб глины должно быть не менее 8, масса точечных проб не менее 0,5 кг.

Таблица 16 - Требования к огнеупорным глинам

Наименование определяемого параметра	ГОСТ
Массовая доля влаги	ГОСТ 3594.11-77
Массовая доля окиси алюминия	ГОСТ 2642.4-86
Массовая доля окиси железа	ГОСТ 2642.5-86

Лигносульфанаты технические – связующий материал, получаемый из сульфитного щелока, образующегося при варке целлюлозы. В качестве связующего материала для формовочных и стержневых смесей применяют лигносульфанаты технические (ЛСТ) марки А по ТУ В-0279121-01-90.

Таблица 17 - Требования к лигносульфанатам техническим

Наименование показателя	Норма	Метод испытания
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	47,0	ТУ 13-0281036-05-90
Концентрация ионов водорода, ед PH	4,4	ТУ 13-0279121-01-90

Таблица 18 - Таблица для определения плотности водного раствора ЛСТ

Начальная плотность, г/см ³	Количество воды на 1 литр ЛСТ, см ³	Полученная плотность, г/см ³
1,26	1300	1,10-1,15
1,25	1200	1,10-1,15
1,24	1150	1,10-1,15
1,23	1100	1,10-1,15
1,22	1000	1,10-1,15
1,21	900	1,10-1,15
1,20	800	1,10-1,15

Отбор проб производится в соответствии с требованиями ТУ 13-0281036-05-90 и ТУ 13-0279121-01-90. Пробы отбирают с трех уровней. Объединенную пробу составляют смешиванием проб с трех уровней в соотношении 6:1. Объем средней пробы – 500 мг. Хранить в сухих условиях. Срок хранения 1 год со дня изготовления.

Исходные материалы для формовочной смеси:

- песок кварцевый, основная фракция 04, 0315, 020;
- смесь оборотная;
- глина огнеупорная;
- лигносульфанат технический;
- вода техническая.

Для изготовления отливок 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. В качестве разделительного покрытия используется смесь керосина с УСК, а для покраски стержней используется быстросохнущая противопопригарная краска на основе дистен-силлиманита.

Требования на противопопригарные, разделительные покрытия:

- исходные материалы для приготовления противопопригарных красок, разделительных смазок, клеевых составов, должны соответствовать требованиям СТО-07518941-78-2008 [7];
- для приготовления красок использовать чистые ёмкости, перемешивание остатков краски с вновь приготовленной недопустимо;
- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать;
- 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 СТП [3]. Данные представлены в таблице 19.

Состав водного раствора лигносульфанатов технических в зависимости от плотности должен соответствовать СТП [2].

Таблица 19 - 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

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.

Подача кварцевого песка и глины в бункера производится ленточными транспортерами. Кварцевый песок должен быть сухим, не должен быть замусорен посторонними материалами.

Лигносульфонаты подаются на участок автомобильным транспортом, подача в бегуны осуществляется через дозаторы или вручную - ведрами. Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита. На площади стержневого отделения происходит изготовление, сушка, зачистка и сборка стержней, а также производство каркасов и склад готовых стержней. Подача смесей к рабочим местам производится с помощью ленточных конвейеров.

Всем необходимым требованиям приготовления смеси целиком и полностью соответствует интенсивный смеситель фирмы «EIRICH», в частности смеситель типа D, работающий по современной технологии смешения. Смеситель характеризуется 3 основными признаками:

- вращающийся смесительный резервуар, непрерывно подающий смесь в зону вращающейся мешалки;
- вращающийся смесительный инструмент с оптимальным для формовочной смеси числом оборотов и мощностью привода;

- комбинированный инструмент как скребковый сбрасыватель смеси со стен и днища предотвращает налипание материала и ускоряет разгрузку смесителя по окончании процесса смешения.

Возникающие при этом потоки смеси, движущиеся с разной скоростью, способствуют перемешиванию. Благодаря этому дополнительно могут быть оптимальными интенсивность смешения или подача энергии.

Смесители этой фирмы отличаются высокой производительностью, простотой технического обслуживания, малым износом и безопасностью эксплуатации: простота замены изнашиваемых частей, доступность для выполнения работ по техническому обслуживанию, все основные рабочие узлы находятся вне смесителя (приводы, редукторы), возможность повторного включения полного смесителя при отключении тока.

Смеситель оснащен программой для регулировки параметров, позволяющей достигать высокую эффективность процесса смешения.

Главными характеристиками качества формовочных смесей являются:

- равномерная уплотняемость;
- оптимальная сыпучесть;
- высокая прочность;
- достаточная газопроницаемость.

Основными факторами для выполнения этих требований являются:

- производительность смесительной установки;
- быстрое и полное распределение дозируемой воды;
- высокая гомогенизация отработанного формовочного песка и присадок в течение кратчайшего времени;
- полное растворение связующего;
- полное и равномерное обволакивание зерен песка.

Данная установка состоит в основном из систем транспортировки, дозирования и смешивания с промежуточно расположенными охладителем горелой земли и универсального циклона.

В системе дозирования, состоящей из весовых дозаторов, шнековых транспортёров и ленточных дозаторов, компоненты формовочной смеси отвешиваются, транспортируются и подаются в интенсивный смеситель EIRICH для гомогенизации.

После охлаждения в песчаных формах литьё отделяется от песка на выбивной решётке. Литые детали транспортируются далее для дальнейшей обработки, в то время как горячая формовочная земля снова возвращается в смесеприготовительную установку. Эта формовочная земля просеивается, охлаждается, взвешивается и снова подаётся в смеситель. Одновременно подготавливаются также и другие компоненты смеси, которые отвешиваются

и подаются в смеситель. Во время смешивания в смеситель подаётся вода с целью достижения оптимальной влажности формовочной смеси.

Гомогенизированная формовочная смесь подаётся затем по ленточным конвейерам на формовочную машину. Эта смесь, состоящая из горелой земли, бентонита, фильтрационной пыли, крахмала и воды, образует, так называемый, формовочный песок и осаживается в опоках для изготовления песчаных форм. Затем заполненные формовочным песком опоки заливаются жидкой сталью. Спустя некоторое время сталь в формах затвердевает и принимает желаемый профиль.

После этого стальные отливки могут быть отделены от формовочного песка и использованный песок снова подаётся на смесеприготовительную установку как, так называемая, горелая земля.

Горелая земля транспортируется по ленточным конвейерам и ковшовому элеватору в полигональное сито и в следующий затем охладитель. В полигональном сите горелая земля освобождается от комков. Охладитель охлаждает горелую землю до температуры 40 - 45 °С.

Следующие конвейеры и ковшовый элеватор передают горелую землю в соответствующие бункера, где горелая земля накапливается и имеет достаточно времени для вылёживания. Затем горелая земля транспортируется по ленточным конвейерам и ковшовому элеватору на смесительную установку.

Хранение и дозирование добавок и свежего формовочного песка. Три бункера предусмотрены для хранения бентонита, крахмального порошка и фильтрационной пыли. Бункеры оснащаются ёмкостными зондами уровня наполнения. Свежий формовочный песок хранится в накопительном бункере и подаётся в процесс смешивания по дозировочному ленточному конвейеру.

Весовой дозатор горелой земли - взвешивается горелая земля и свежий формовочный песок. После открытия пневматического затвора, который открывается по всему сечению, горелая земля вместе со свежим песком выпускается в смеситель.

Весовой дозатор добавок - дозируются и взвешиваются согласно рецепту добавки - бентонит, крахмал и фильтрационная пыль. После открытия пневматической заслонки содержимое весов опорожняется в смеситель.

Вода дозируется из резервуара весов методом обратного взвешивания в EIRICH-смеситель согласно заданной рецептуре и соответственно результатам измерения влажности зондом-влажномером.

Смеситель: Приготовление формовочного материала осуществляется при помощи EIRICH -смесителя интенсивного действия Тип DW 31/7. После

дозирования и отвешивания веса подают отдельные компоненты в EIRICH - смеситель интенсивного действия.

Приготовление и гомогенизация происходят в несколько этапов:

Опорожнение весов (добавки и горелая земля). Сухое смешивание и гомогенизация. Измерение влажности и температуры смеси (во время процесса смешивания) при помощи зонда-датчика влажности и температуры.

- Дозировка воды
- Мокрое смешивание
- Выгрузка смеси из смесителя

Благодаря вращающемуся резервуару, эксцентрически расположенному завихрителю стационарном комбинированному инструменту смесителя достигается оптимальная однородность смеси.

Следующая за бункером конвейерная линия транспортирует приготовленную формовочную смесь к формовочной установке бункер формовочной машины.

Для обеспечения эксплуатации смесеприготовительной установки полностью в автоматическом режиме в концепции предусмотрена система управления Тип Siemens. Журнал производственных циклов (режимных карт) позволяет точное наблюдение за расходом сырья за свободно выбираемые промежутки времени. Возможные нарушения в работе всей установки могут отображаться на мониторе, заноситься в журнал и архив благодаря функции регистрации сигналов помех.

После опорожнения весов в начале смешивания в смесь опускается и снова поднимается измерительный зонд, передвигаемый гидравлически. Температуру горелой земли измеряет температурный зонд PT100 при помощи термометрического сопротивления.

Измерительный зонд оснащён высокочастотным датчиком и определяет содержание влаги в формовочной смеси. Смесь, находящаяся между измерительным зондом и стенкой резервуара, меняет свою электрическую проницаемость в зависимости от влажности горелой земли.

На основе измеренных температуры и влажности горелой земли, а также заданной рецептуры вычисляется необходимое для дозирования количество воды, которое дозируется в смеситель методом обратного взвешивания.

Контрольный прибор качества смеси QTALTMASER AT1. Тестер качества смеси AT1 устанавливается над конвейером для готовой смеси, следующим непосредственно после имеющегося EIRICH-смесителя. Данные измерений (уплотняемость и прочность на срез) передаются в систему управления в режиме онлайн в такте нескольких секунд.

Пробник заполняет смесь специальную воронку, через которую определённое количество смеси поступает в контрольный цилиндр. Контрольный цилиндр расположен на поворотном диске и перемещается по заданному временному такту на позиции контроля уплотняемости и прочности на срез.

На основе измеренных значений компьютер определяет и регистрирует качество формовочной смеси.

Обнаруженные отклонения в параметрах уплотняемости и прочности на срез сообщаются скова в систему управления. Эти данные анализируются и служат для корректировки состава следующего замеса. В программе записываются такие данные моделей как вес отливки, доля стержневой смеси, возврат стержневой смеси, нужная влажность формовочной смеси (уплотняемость) и пр.

Результатом является превентивная система управления процессом посредством расчёта рецептуры для определённой модели.

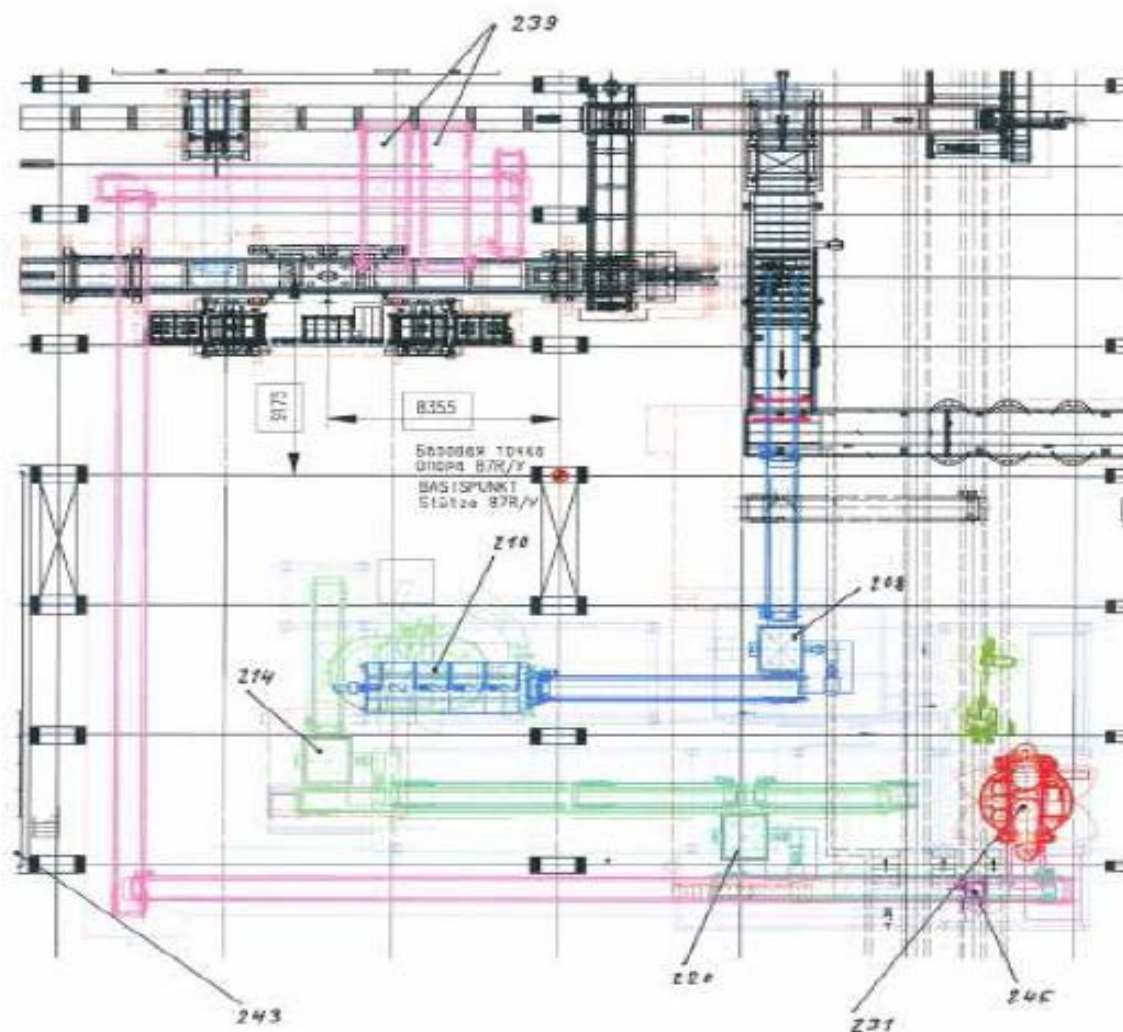


Рисунок 2 – Схема смесеприготовительной установки

Таблица 20 - Расчетная ведомость смесей

Наименование отливки	Общее количество отливок с учетом брака, шт.	Количество отливок в форме, шт	Количество полуформ с учетом 5% брака на программу, шт	Объем формовочной смеси, м ³	Кол-во стержней на отливку, шт	Количество стержней на программу, шт	Масса смеси на отливку, кг	Масса смеси на программу, т	Объем смеси на отливку, м ³	Объем смеси на программу, м ³
Оголовок	12650	3	8855	4569,6	2	25300	6,1	84,8815	10,37	150,858
Гильза	12650	2	13282,5	4264,96	1	12650	3,6	50,094	6,12	89,0307
Опора	12650	3	8855	4988,48	3	37950	14,2	197,593	24,14	351,177
Колесо	12650	4	6641,25	4683,84	1	12650	4,6	64,009	7,82	113,761
Щит	12650	4	6641,25	4379,2	6	75900	44,5	619,218	75,65	1100,52
Проставка	11550	3	8085	3922,24	4	46200	26,3	334,142	44,71	593,861
Крышка	11550	3	8085	3884,16	2	23100	12,2	155,001	20,74	275,479
Ступица	11550	2	12127,5	4188,8	3	34650	19,6	249,018	33,32	442,573
Плита	11550	3	8085	6092,8	4	46200	33,1	420,536	56,27	747,406
Погон	11550	2	12127,5	4950,4	1	11550	11,2	142,296	19,04	252,899
Защита картера	10450	3	7315	4645,76	2	20900	15,6	179,322	26,52	318,704
Диск	10450	2	10972,5	4607,68	3	31350	44,6	512,677	75,82	911,167
Валик	10450	3	7315	5331,2	6	62700	56,2	646,019	95,54	1148,15
Защита	10450	2	10972,5	4036,48	5	52250	41,8	480,491	71,06	853,964
Седловина	10450	2	10972,5	4226,88	2	20900	66,1	759,82	112,37	1350,41
Диск нажимной	9350	2	9817,5	6092,8	8	74800	14,5	149,133	24,65	265,049
Стойка	9350	1	19635	3922,24	4	37400	61,2	629,442	104,04	1118,69
Диск	9350	2	9817,5	4379,2	2	18700	16,3	167,646	27,71	297,952
Рулевая тяга	9350	1	19635	4303,04	6	56100	71,1	731,264	120,87	1299,65
Тяга	9350	2	9817,5	3846,08	3	28050	13,6	139,876	23,12	248,598
ИТОГО:	220000		209055	91315,8		729300		6712,48		11929,9

3.2.2 Расчет смесителей для формовочной смеси

Таблица 21 – Характеристика смесителя EIRICH

Параметры	Величина
Производительность интенсивного смесителя, м ³ /ч	30 – 50
Продолжительность цикла приготовления одного замеса, мин	1,5 – 2
Объем замеса при периодической работе, м ³	4
Объем замеса при непрерывной работе, м ³	3,6
Максимальная загрузка, т	4,8
Дозировка материалов	автоматические весы

Количество смесителей находим по формуле:

$$n = \frac{N \cdot K_{\Pi}}{F_{д} \cdot q} \quad (21)$$

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.

$$n = \frac{91315,8 \cdot 1,05}{5632,5 \cdot 30} = 0,56 \text{ шт.}$$

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расчетное}}}{N_{\text{принятое}}} \cdot 100\%, \quad (22)$$
$$K_3 = \frac{0,56}{1} \cdot 100\% = 56\%.$$

Для выполнения производственной программы необходимо установить 1 смеситель EIRICH.

3.3 Стержневое отделение

На участке установлены стержневые автоматы фирмы Disco3200, предназначенные для серийного изготовления мелких стержней из холодно-твердеющих смесей (ХТС) по Cold-box-amin-процессу. Все операции по изготовлению ХТС-смесей и стержней выполняются в автоматическом режиме.

Стержневой автомат состоит из следующих основных узлов:

- пескострельный механизм;
- продувной механизм;
- каретка стола;
- механизмы прижима стержневого ящика;
- механизм выталкивания стержневого ящика;
- гидравлическая система;
- пневматическая система;
- защитная система;
- газогенератор.

Перед началом работы сменный мастер стержневого участка включает вентилятор и насос АБХУ. Пульт отдельный не сблокированный с автоматом. Включение подтверждается загоранием зеленого светового индикатора.

При помощи манипулятора для автоматической замены комплекта модельной оснастки устанавливается на передвижную каретку стола. На стержневые автоматы ящик устанавливается и закрепляется вручную.

В начале смены наладчик выполняет следующие операции для подготовки пескострельного автомата к работе:

- главный выключатель - включить;
- двери защитной кабины закрыты;
- переключатель блок управления ВКЛЮЧИТЬ;
- настроить машину,
- наладить комплект модельной оснастки, настроить газогенератор, заполнить пескострельный резервуар стержневой смесью;
- проверить параметры настройки;
- горит зеленая лампа: основное состояние достигнуто. (Основное состояние: двери защитной кабины закрыты; контуры системы защиты ОК; ходовой стол внизу; боковые части разомкнуты; поворотная заслонка закрыта).

Автоматический режим возможен только при закрытых дверях защитной кабины и при замкнутом контуре системы защиты. При нарушении одного из условий в автоматическом режиме цикл прекращается, электропитание отключается. По окончании цикла машина останавливается. Новым нажатием на стартовую кнопку начинается следующий цикл. - нажать стартовую кнопку - автоматический цикл.

Стерженщик выбирает различные программные варианты на дисплее программного обеспечения: номер изготавливаемого стержня, количество выстрелов, давление выстрела, пескострельный цикл, время продувки, давление продувки, время нарастания давления продувки, дозировка амина.

На панели управления стержневого автомата стерженщик нажимает кнопку «Старт». Защитные двери закрываются. Передвижная каретка со стержневым ящиком перемещается в позицию настрела. Стержневой ящик поднимается вверх под настрельную плиту, стержневая смесь из пескострельной трубы настреливается в стержневой ящик.

После заполнения ящика настрельная плита поднимается, ящик закрывается плитой газации, стержень продувается отвердителем (амином) и очищается воздухом. После продувки плита газации отъезжает в нерабочую позицию, стержневой ящик опускается и передвигается кареткой в исходную позицию. Стержень толкателями отделяется от ящика, открываются защитные двери. Стерженщик вручную снимает стержень. Далее цикл повторяется.

Стерженщик напильником ГОСТ 1465-80 очищает стержень от возможных заусенцев, остатков смеси после настрела. При необходимости стержень окрашивается окунанием в ванну с противопригарной краской Amterm В-90 в соответствии с СТП АДК 723-2009 [8].

Порядок изготовления стержней:

– обдуть сжатым воздухом и обрызгать стержневой ящик разделительной смесью. В процессе работы обрызгивание производить периодически;

– подать стержневой ящик под настрел;

– вернуть стержневой ящик в исходное положение;

– снять излишки смеси линейкой;

– закрепить сушильную плиту и кантовать ее со стержневым ящиком;

– снять сушильную плиту со стержнем с каретки выдачи и установить на этажерку горизонтально-конвейерного сушила;

– проверить качество стержня: стерженщик – 100 %, старший мастер – периодически, БТК – не менее одного раза в смену.

После изготовления стержней их подвергают сушке и покраске.

Сушка заключается в нагреве стержней до определённой температуры, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении. Сушка производится в четырёх ходовом горизонтальном сушале при температуре 180-250 °С в течение 96 мин.

Для подачи сырых стержней в сушило и выдачи сухих стержней используется замкнутый тележечный конвейер. Сухие стержни поступают на склад, откуда их транспортируют по мере необходимости на линию сборки форм. Перед установкой стержней в форму необходимо проверить стержни на наличие сколов, трещин, не покрашенных мест.

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 водными противопопригарными красками с последующей тепловой подсушкой существующем проходном сушиле. Окраска стержней в сыром состоянии производится водной дистен-силлиманитовой краской.

Для сушки стержней предусмотрена сушильная печь. Сушку стержней производят в сушильной печи с внутренними размерами 3500×1600×1800 мм. Габариты выкатной тележки составляют 2200×1300 мм. Сушильные плиты для транспортировки и сушки постоянно чистятся и контролируются на наличие коробления.

Сушка стержней производится по следующему режиму:

- подъем температуры до 200...250 °С - 0,2 часа,
- выдержка при температуре 200...250 °С - 0,7 часа,
- охлаждение вместе с печью - 0,5 часа.

Глубина просушенного слоя должна быть не менее 40 мм.

Общее время сушки стержней - достаточно 1 часа 10 минут.

3.3.1 Расчет стержневых машин

Количество стержневых машин определяем по формуле

$$n_{cm} = \frac{N_{cm}}{(\Phi_o - t) \cdot q}, \quad (23)$$

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.

$$n_{cm} = \frac{729300}{(5752,9 - 102,9) \cdot 100} = 1,29 \text{ шт}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{1,29}{2} \cdot 100\% = 64,5\%.$$

3.4 Формовочное отделение

Процесс изготовления форм на автоматической формовочной машине «IMF» 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 машине «IMF».

Допрессовка многоплунжерными колодками 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.

Таблица 22 - Техническая характеристика формовочной машины IMF

Показатели	Характеристика
Усилие прессования, кН	2880
Производительность, ф/ч	40 - 60
Время цикла, с	40
Спец. давление прессования, Н/см ²	120
Ход опускания, мм	600
Количество прессовых пуансонов, шт	96
Размер прессовых пуансонов, мм	150

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 180⁰ 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.

Заливка форм производится из чайникового ковша емкостью 5 т. Разливочный ковш с металлом подается по монорельсу от печи к фронту разливки. После заливки форм на формовочной линии ковш по монорельсу подается к промежуточному ковшу для заполнения и далее снова на заливку. Температура расплава при выпуске из печи составляет 1420⁰ С, при заливке форм 1340⁰ С.

Найдём необходимое количество формовочных машин

$$n_m = \frac{N}{(F_0 - t) \cdot q}, \quad (24)$$

где N – количество форм, шт. в год;

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

F_{∂} – действительный фонд времени, ч/год;

q – производительность машины, ф./ч.

Количество форм на выполнение производственной программы рассчитано в таблице 20, данные берем оттуда.

$$n_m = \frac{209055}{(5692,7 - 102,7) \cdot 50} = 0,75 \text{ шт.}$$

Принимаю 1 формовочную машину «IMF» для выполнения производственной программы.

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,75}{1} \cdot 100\% = 75\%.$$

3.5 Обрубное отделение

3.5.1 Выбивка, обрубка, очистка литья

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 [11].

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. После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. Выбивка отливок из форм осуществляется на выбивных инерционных решетках грузоподъемностью 10 т.

Выбивка крупных и тяжелых отливок производится на выбивных решетках. Выбивка стержней из отливок производится с помощью пневматического молотка ПМП – 3, при этом необходимо следить, чтобы

боек молотка ударял по литниковой части во избежание повреждения отливки.

Характеристика выбивной решетки:

- грузоподъемность 10 т;
- размеры полотна 3720×2400 мм;
- мощность 22 кВт;
- число оборотов вала решетки 1150 об/мин;
- КПД 85%;
- производительность 10 т/ч.

Найдём необходимое количество выбивных решеток для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{N_{\phi}}{\Phi_{д} \cdot q}, \quad (25)$$

где N_{ϕ} – кол-во форм на годовую программу, шт;

$\Phi_{д}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность выбивной решетки, шт/ч.

$$N = \frac{209055}{5783,1 \cdot 50} = 0,72 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{з} = \frac{0,72}{1} = 0,72$$

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 [10].

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси. Удаление заливок и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников 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 очищают до и после термообработки. Также для очистки отливок применяют галтовочные барабаны. В них не только отливка очищается от смеси, но и обламываются элементы литниково-питающей системы. Отделение прибылей и литниковой системы происходит в галтовочном барабане периодического действия.

При вращении барабана отливки подвергаются сотрясению, переворачиванию и ударению, в результате чего обламываются литники и оставшаяся прилипшая к отливкам формовочная смесь. Так же отделение литников и прибылей на участке чугунного литья производится с помощью пил, резачков. Обрубку осуществляют пневматическими рубильниками и молотками.

Остатки элементов литниковой системы отрезают абразивными кругами, а также зачищают различные дефекты (например: заливывы). Для удаления заусенцев, заливов и других неровностей недоступных абразивам, применяют пневматические рубильные молотки.

Таблица 23 - Характеристики галтовочного барабана периодического действия модели БГП-3

Параметр	Показатель
Объем барабана, м ³	4,5
Наибольшая масса загрузки, кг	5000
Размеры полости барабана, мм: диаметр	1534
длина	2482
Размеры загрузочно-разгрузочного окна, мм: длина	1480
ширина	1295
Число оборотов барабана, об/мин	0 – 15,0
Мощность привода, кВт	20
Габаритные размеры, мм длина	4200
ширина	1900
высота	2315

Расчет галтовочных барабанов

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.

$$N = \frac{22500}{5783,1 \cdot 3,0} = 1,29 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,29}{2} \cdot 100\% = 64,5\%.$$

Конструкция барабана БПП-3 отличается оригинальным устройством футеровки, позволяющим значительно улучшить виброизоляцию и шумопоглощение, повысить эффективность галтовки, а также выгрузки. Крышка загрузочного люка оснащена быстросъемным надежным запором. Барабан оборудован электротормозом и фиксатором.

Пылеудаление из барабана производится посредством пылевого вентилятора. Электропривод дополнительно имеет функции вращения барабана на малой скорости и реверса. Производительность барабана 3 т/ч [11].

Окончательную очистку производят в дробметной камере, где происходит удаление песка, окалины и пригара, а также небольших заусенцев, мелких неровностей.

Камера дробеметная периодического действия универсальная фирмы «Реслер» предназначена для очистки чугунных и стальных отливок, поковок, штамповок в цехах и участках с единичным, мелкосерийным и серийным производством. Для удаления ржавчины и приданию отливкам хорошего вида их подвергают дробеметной обработке. Эту обработку производят в камере дробеметной очистки отливок модели RDT 1000 фирмы «Реслер».

По технологическим возможностям в камере можно очищать тонкостенные, подверженные бою и деформации, изделия. Камера очистная предназначена для очистки отливок от пригара и окалины с одновременной выбивкой стержней с остаточной прочностью на сжатие до 15 кг/см² дробеметным способом в цехах с мелкосерийным и серийным производством.

Наличие двух дверей позволяет использовать установку как в проходном, так и в тупиковом вариантах. Режим работы – наладочный и пооперационный. Заправка системы дробью производится в наладочном режиме работы.

Используемый абразив – дробь ДСЛ 1 – 1,8 по ГОСТ 11964-91.

Дробеметные установки применяются в основном для средних и серийных партий изделий и особенно подходят для:

- очистки дробеметом
- снятия окалины
- финишной обработки поверхности.

Отливки, перед поступлением в камеру, должны быть освобождены от земли и стержней. Камера может быть укомплектована одной или двумя дверями, на которых устанавливаются грузонесущие механизмы в виде подвески, поворотного стола и колокола.

При необходимости могут применяться различные комбинации грузонесущих устройств. Эти возможности выгодно реализуются при большом разнообразии номенклатуры изделий, подлежащих очистке [11].

Расчет дробеметных камер

Рассчитаем необходимое количество дробеметных 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 дробеметных камер, т/ч.

$$N = \frac{22500}{5783,1 \cdot 5,5} = 0,71 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,72}{1} \cdot 100\% = 72\%.$$

Таблица 24 – Технические параметры дробеметной камеры фирмы «Реслер»

Наименование показателя	Значение показателя
Габаритные размеры очищаемой отливки:	
диаметр, мм	2500
длина, мм	3000
Соотношение стержневой массы и массы отливки	1 : 1
Наибольшая масса загрузки, кг	500
Производительность, кг/ч	1000
Производительность аппарата по дробе, кг/мин	800
Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч	30000
Установленная мощность, кВт	36,9
Количество дробеметных аппаратов, шт.	4
Габаритные размеры камеры, мм:	
длина	4800
ширина	5700
высота над уровнем пола	7050
высота	9550
Масса, кг	70000

Готовые отливки подвергаются окончательному контролю ОТК. Незначительные дефекты на неответственных поверхностях отливок могут быть исправлены.

Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка, а так же пропитка анаэробными герметиками

для исправления микронеплотностей литья. Годные отливки отгружаются потребителям. Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются в цех на переплав.

Низкотемпературный отжиг применяют для снятия внутренних напряжений, повышения вязкости, стабилизации размеров детали и уменьшения деформации.

Низкотемпературный отжиг производится по следующему режиму: медленное нагревание чугунных отливок (70-100°С/ч) до 500-600°С; выдержка при этой температуре 2-8 ч (в зависимости от размера отливки) , и медленное охлаждение, вместе с печью со скоростью 20-50°С/ч до 250°С. В результате такого отжига внутренние остаточные напряжения снимаются почти полностью, никаких структурных превращений не происходит.

Для термообработки выбираем печь с выкатным подом [11].

Для расчета необходимого количества печей для термообработки используем формулу:

$$n = \frac{N \cdot k_n}{\Phi \delta \cdot q}, \quad (28)$$

где N – годовой выпуск литья, т;

q – производительность печи, т/ч (1,8 т/ч);

k_n – коэффициент неравномерности, принимаем 1,1-1,3.

Для участка термической обработки:

$$n = \frac{22500 \cdot 1,1}{5783,1 \cdot 5,5} = 0,78 \text{шт.}$$

Таблица 25 - Технические характеристики термопечи с выкатным подом

Модель	Температура печи, °С	Мощность, квт	Габариты рабочей камеры, мм			Внешние размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота	Длина	Ширина	Высота
ПВП 5,5/9М	900	190	1500	1500	1500	6000	2600	4900

3.5.2 Методы исправления дефектов литья

Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка, а так же пропитка анаэробными герметиками для исправления микронеплотностей литья.

Сварка чугуна для устранения дефектов получила широкое распространение благодаря тому, что за последние годы значительно

продвинулось изучение теоретических основ процесса, разработаны новые методы сварки, а практика их использования подтвердила возможность гарантированного получения отливок, подвергавшихся исправлению, со свойствами, полностью соответствующими требованиям ТУ.

Способ, а также технологические приемы его выполнения выбирают с учетом следующих факторов:

- вида дефекта, его объема, расположения на отливке, числа отдельных дефектов;

- требований к наплавленному металлу: обрабатываемость, микроструктура, твердость и плотность, герметичность, цвет;

- особых требований: неизменность размеров отливки (отсутствие коробления) после сварки, закаливаемость наплавленного металла и др.

Газоплазменные методы по сравнению с электродуговыми имеют преимущества, связанные с тем, что нагрев основного металла отливки или наплавленной ванны и плавление присадочного материала могут производиться отдельно.

Это обеспечивает гибкость процесса и позволяет расплавлять или просто нагревать основной металл и обеспечивать заданный термический режим в процессе наплавки, а также в период охлаждения сварного соединения.

3.5.3 Контроль

Качество готовой отливки зависит от точности выполнения технологических требований на каждом этапе изготовления.

На качество отливки оказывает влияние качество заливаемого металла, которое зависит от состава шихты. Шихтовые материалы должны соответствовать сертификату. Химический состав стали должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

Температура заливаемого металла 1380-1400⁰С. После извлечения отливки из формы, обрубки литниковой системы отливку подвергают конечному контролю. К ней предъявляют следующие требования:

- отливка не должна иметь трещин;

- отливка не должна иметь дефектов превышающих по площади указанные в нормативно - технической и нормативно - технологической документации существующей на предприятии.

- геометрические размеры должны соответствовать чертежу отливки, согласно допусков на размеры по ГОСТ Р 53464-2009 [1].

После проверки деталей на соответствие всех вышеперечисленных параметров ее предъявляют контролерам БТК. На годных отливках ставится клеймо БТК, и отправляют в механический цех для проведения обработки.

Существуют различные контроли качества:

- контроль физико-механических свойств оборотной смеси на газопроницаемость, прочность, на сжатие в сыром состоянии, глинистая составляющая, зерновой состав, содержание окислов алюминия, кремния и железа;

- контроль физико-механических свойств стержневой смеси на газопроницаемость, прочность, на сжатие в сыром состоянии, глинистая составляющая, зерновой состав;

- контроль выплавки металла в электропечи на содержание различных элементов;

- контроль механических свойств;

- контроль стержней визуально;

- контроль изготовления полуформ на плотность набивки;

- контроль заливки;

- контроль опочной оснастки;

- контроль модельной оснастки;

- контроль качества отливок визуально на наличие дефектов. В случае обнаружения дефектов после термообработки в механических цехах подлежат исправлению, если их размеры не превышают требования соответствующих ТУ.

3.6 Вспомогательные службы

Для обеспечения бесперебойной работы оборудования в цехе создана ремонтная служба, которая включает в себя службы механика, электрика и энергетика. Служба механика состоит из бригад слесарей-ремонтников и слесарей-сантехников.

Для обеспечения оборудования запасными частями в цехе имеется механическая мастерская, оснащенная металлорежущими станками и электроталью с монорельсом, для передачи и установки крупных деталей на станки. Ремонтная служба состоит из ремонтных бригад, работающих в две смены, и дежурных бригад, осуществляющих аварийные работы если в этом есть необходимость.

3.7 Внутрицеховой транспорт

Подача сырья в цех и вывоз готовой продукции осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом. Участки цеха оборудованы электромостовыми кранами грузоподъемностью от 5 до 30 т, которые предназначены для транспортировки форм и заливки форм жидким металлом, а также для ремонтных мероприятий.

Литейный цех оснащен грузоподъемными механизмами (разливочные краны, грейферы и др.). Подъем и перемещение грузов, производимых в технологических целях, должны производиться в соответствии с требованиями техники безопасности, с соблюдением следующих основных правил:

- к работе допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста, имеющие удостоверение о прохождении специальных курсов;
- перед началом работ проверяется исправность применяемой оснастки и оборудования, наличие на них бирок с указанием даты испытания и допустимой грузоподъемности;
- запрещается производить подъем или перемещение груза на неисправном оборудовании;
- подвешивание груза к крюку грузоподъемного устройства должно осуществляться с помощью строп из канатов или цепей;
- при подъеме груза его сначала приподнимают, и убедившись, что груз надежно захвачен, не наклоняется и перевернуться не сможет, продолжают подъем, в противном случае груз немедленно опускают, а неполадки устраняют;
- груз при его перемещении не должен касаться здания, а также находящегося в нем оборудования;
- не допускается подъем груза, превышающего грузоподъемность оборудования, а также, если груз занимает неустойчивое положение;
- место установки груза должно быть заранее подготовлено, держать груз в поднятом состоянии запрещается;
- установка перемещенного груза на место должна обеспечивать его устойчивое положение и возможность извлечения троса;
- работающее грузоподъемное оборудование должно подвергаться периодическому техническому освидетельствованию (частичному не реже 1 раза в год, полному не реже 1 раза в 3 года).

3.8 Сводная ведомость оборудования

Таблица 26 – Сводная ведомость оборудования

Наименование отделения	Наименование оборудования	Марка оборудования	Произв. программа	Производительность оборудования	Потребность в машинах, шт		Кз, %
					Расч	Прин	
Плавильное	Плавильная печь	ИЧТ-10/4,0	28922,3 т	4,0 т/ч	1,46	2	73
Смесеприготовительное	Смеситель	EIRICH	91315,8 м ³	30-50 м ³ /ч	0,56	1	56
Стержневое	Стержневая машина	Disco 3200	729300 стр	100 стр/ч	1,29	2	64,5
Формовочное	Формовочная машина	IMF	209055 ф	50 ф/ч	0,75	1	75
Термообрубное	Выбивная решетка	IMF	209055 ф	50 ф/ч	0,72	1	72
	Дробебетная камера	«Реслер»	22500 т	5,5 т/ч	0,71	1	71
	Термическая печь	ПВП-5,5-9М	22500 т	5,5 т/ч	0,78	1	78
	Галтовочный барабан	БГП-3	22500 т	3 т/ч	1,29	2	64,5

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1 Безопасность труда

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. Избежать этого полностью при существующей технологии невозможно.

В нашей стране вопросы охраны труда являются одной из самых важных социальных проблем. Для успешного решения этих проблем разработаны и реализуются многочисленные правовые, технические и организационные мероприятия по охране труда.

Охрана труда это система законодательных актов, социально-экономических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Задача «Охраны труда» - свести к минимальной вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Все известные технологические процессы производства чугуна, стали, а также процесса, связанные с их последующим переделом, сопровождаются образованием больших количеств отходов в виде вредных газов и пыли, шлаков, шламов, сточных вод, содержащих различные химические компоненты, скрапа, окалины, боя огнеупора, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли.

Большое значение для предупреждения несчастных случаев и заболеваний имеет разработка правил безопасных методов работы. Эти методы входят в инструкции разработанные для каждой профессии и утвержденные администрацией предприятия.

Создание здоровых и безопасных условий труда на каждом рабочем месте является главной задачей администрации промышленных предприятий, инженерно-технических работников и профсоюзного актива. Администрация обязана соблюдать требования трудового законодательства, государственных стандартов, норм и правил по охране труда, осуществлять мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии.

4.1.1 Характер труда

Чугунолитейный цех мощностью 22500 т годного литья.

Проектируемый цех включает в себя следующие отделения:

Плавильное, 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.

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.

В проектируемом мной цехе предлагается трехсменный график. Продолжительность рабочей смены 8 часов, ночная 7 часов, перерыв на обед 30 минут.

4.1.2 Условия труда

Микроклимат производственных помещений

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение нормальных метеорологических условий в рабочих помещениях.

Показатели микроклимата рабочей зоны: температура воздуха, °С; относительная влажность воздуха, %; скорость движения воздуха на рабочем месте, м/с; интенсивность теплового облучения, Вт; температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств[12].

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений

состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Таблица 27 - Фактические показатели микроклимата в цехе [13]

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
Холодный	6-11	37
Теплый	21,3-27	46

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата в цехе проводятся следующие защитные мероприятия:

- системы местного кондиционирования воздуха (приточно-вытяжная вентиляция);

- для поддержания заданного температурного режима в холодный период года в помещении предусматривается система водяного отопления. Также для защиты рабочих мест от сквозняков в холодное время года у входных дверей, ворот цеха устраиваются отапливаемые тамбуры, тепловые и воздушные завесы.

Величина температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, устанавливаемые для рабочей зоны производственных помещений с учетом тяжести выполняемой работы и периода года, подразделяются на оптимальные и допустимые.

Переносимость человеком высокой температуры в значительной степени зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется влаги из организма человека в единицу времени, и тем быстрее наступает перегрев тела. Для восстановления водного баланса рабочих цеха обеспечивают подсоленной газированной водой из расчета 4-5 л/чел в смену.

Таблица 28 - Показатели микроклимата в рабочей зоне [13], [14]

Период года	Температура воздуха °С		Относительная влажность процентов		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптим	Факт	Оптим	Факт	Оптим	Факт
Холодный и переходный	16-18	17	40-60	65	0,4	0,4
Теплый	18-20	20	40-60	50	0,5	0,4

Работы в данном литейном цехе относятся к категории работ средней тяжести: Па; Пб. Исходя из этого устанавливаются нормируемые значения показателей микроклимата в рабочей зоне (таблица 4.2) согласно ССБТГОСТ 12.1-005.88*[14].

Вентиляция

Вентиляция – это организованный воздухообмен, заключающийся в удалении из рабочего помещения загрязненного воздуха и подачи вместо него свежего наружного воздуха.

В литейном цехе используется общеобменная механическая вентиляция. Обеспечивается вытяжными вентиляторами, расположенными на крыше производственного помещения. Над основными источниками выделения вредных веществ (транспортёры, бегуны, места пересыпки земли, выбивная решетка) установлены вытяжные зонты с пылеуловителями сухого типа.

Местная вентиляция обеспечивает замену воздуха в месте его загрязнения, что исключает распространение вредных веществ по всему помещению.

Все зоны с вредными выделениями оборудованы местной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей ПДК вредных веществ в рабочей зоне. Для систем местных отсосов, удаляющих вредные вещества 1-го и 2-го класса опасности, предусмотрена сигнализация о работе оборудования («Включено», «Авария»).

Воздухозаборные устройства приточной вентиляции установлены снаружи здания в тех местах, где содержание вредных веществ минимально.

Освещение

Освещение является одним из важнейших производственных условий работы. Через зрительный аппарат человек получает около 90% информации. От освещения зависит утомление работающего, производительность труда, его безопасность.

Освещение должно обеспечивать: санитарные нормы освещенности на рабочих местах; равномерную яркость; отсутствие резких теней и блескости; постоянство освещенности во времени и правильность направления светового потока.

Фактическая освещенность в производственном помещении должна быть больше или равна установленной санитарными нормами освещенности.

На практике пользуемся двумя видами освещения – естественным и искусственным.

Естественное освещение создается солнечным светом, проникающим через фонари в крыше здания. Оно зависит от многих факторов: времени года и дня, погоды, географического положения и т. п. Естественное освещение оказывает положительные физиологическое и психологическое воздействие на работающих, поэтому производительность труда при естественном освещении выше, чем при искусственном [15].

Естественное освещение осуществляется через светопроемы, ориентированные на север и северо-восток и расположены сбоку, преимущественно слева. В цехе также предусмотрена система аварийного освещения, выполненная с независимым источником питания и автоматическим переключением на него при аварии, которое составляет пять процентов от освещенности.

Искусственное освещение применяется для освещения в вечернее и ночное время суток, а также в дневное время в тех местах, где недостаточно естественного.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях литейной промышленности обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. От освещения зависит производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Наиболее применим для расчета общего равномерного освещения метод коэффициента использования светового потока.

Определим световой поток одного светильника (УПД глубоководный) по формуле

$$F_{\text{св}} = E \cdot Z \cdot S \cdot K_n / N \cdot X, \quad (29)$$

где $F_{\text{св}}$ - световой поток, лм;

E - освещенность, лк;

Z - коэффициент минимальной освещенности;

K_n - коэффициент запаса;

N - количество устанавливаемых светильников, шт;

X - коэффициент использования светового потока, зависит от индекса помещения i .

Согласно нормативного документа СНиП 23-05-95* [16] для металлургических цехов $E=200$ лк, $Z=1,5$.

Индекс помещения определим по формуле:

$$I = S / h \cdot (A + B), \quad (30)$$

где S - площадь помещения, м²;

h - высота подвески светильников, м;

А, В - стороны помещения, м.

$$l_l = 864 / 10 \cdot (41 + 21) = 1,3 \text{ед.}$$

Индекс литейного участка занимаемого площадью 864 м² и с принятой расчетной освещенностью 200 лк составляет 1,3. Количество ламп в цехе 58 шт.

Следовательно согласно нормативного документа для люминесцентных ламп: $X=0,45$.

$$F_{\text{св.ф}} = 200 \cdot 1,5 \cdot 864 \cdot 1,1 / 58 \cdot 0,45 = 10924 \text{ лм.}$$

Выбираем лампы ртутные, высокого давления с люминофором типа ДРЛ 500 мощностью 500 Вт со световым потоком 10950 лм.

Технические характеристики ламп следующие: напряжение сети - 220 В; Срок службы - 1500 часов.

Необходимо регулярно проводить очистку остекленных проемов и светильников от загрязнений, своевременную замену перегоревших ламп. Чистка стекол проводится не менее 2 раз в год, а чистка светильников – 4 раза в год.

Производственный шум и вибрация

Шум и вибрация на производстве наносят большой ущерб и вредно действуют на организм человека, приводя к ряду профессиональных заболеваний.

Кроме непосредственного воздействия на органы слуха человека, шум оказывает вредное воздействие на нервную систему, психику, сердечно-сосудистую систему. Установлено, что шум снижает работоспособность при умственном труде на 60%, при физическом – на 30% [17].

Шум, при воздействии на работающего, вызывает у него утомление, головную боль, замедление реакции, повышение кровяного давления. Чрезмерный шум отрицательно влияет на здоровье рабочего, понижает общую сопротивляемость организма заболеваниям, приводит к снижению производительности труда, способствует возникновению несчастных случаев и брака. При систематическом воздействии шум является причиной понижения остроты слуха, развития профессиональной глухоты. Защита людей от вредного воздействия шума на производстве является одной из важнейших проблем в области охраны труда [17].

Допустимый уровень шума для производства регламентируется ГОСТ 12.1.003-83*[18]. Предельно допустимый, эквивалентный (по энергии) уровень звука для непостоянных шумов устанавливается 80 дБА .

В литейном цехе уровень звукового давления равен 75-80 дБА .

Основными источниками шума и вибрации в цехе являются: формовочные машины, пневмотрамбовки, электропечи.

Работа литейщика связана с шумом, издаваемым пневмотрамбовкой при уплотнении смеси, достигает 80 дБА [13].

Для снижения шума необходимо:

- производить своевременный ремонт технологического оборудования, смазывание трущихся поверхностей (движение опок и заслонок по направляющим к печи).

В соответствии ГОСТ 12.1.012-90* [19] для санитарного нормирования и контроля вибраций используют среднеквадратичные значения виброускорения и виброскорости, а также логарифмические уровни в децибелах. В производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям работы человека (неблагоприятное воздействие на нервную систему, изменения в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате и так далее) и, в конечном счете, – к «вибрационной болезни».

Для уменьшения воздействия локальной вибрации, необходимо пользоваться средством индивидуальной защиты для рук – рукавицами (ГОСТ 12.4.010-75). Всем рабочим применять средства индивидуальной защиты от общей вибрации – специальную виброзащитную обувь (ботинки ГОСТ 12.4.164-85) [20].

Важное профилактическое значение имеет режим труда, предусматривающий уменьшение времени пребывания людей в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях в течение смены и снижающий эквивалентное по энергии значение уровня шума до допустимого для рабочих мест. Для этого организовываются периодические перерывы на 10 мин., через каждые 2 часа, для отдыха в тихих помещениях.

Эти мероприятия надежно защищают обслуживающий персонал при производстве во время всей смены.

Электробезопасность

Широкое использование электроэнергии в цехе диктует строгое соблюдение правил безопасной эксплуатации электроустановок и оборудования. Несоблюдение этих правил может привести к травмам, разрушениям и пожарам. ГОСТом 12.1.019-79* [21] регламентированы меры по обеспечению электробезопасности.

Электрический ток оказывает на организм человека термическое и биологическое воздействие, вызывает общую рефлекторную реакцию центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Напряжение в сети, к которой присоединяется оборудование, составляет 380 В. Окружающая среда помещения (влажность, температура, наличие токопроводящей пыли, материала пола) воздействует на электрическую изоляцию приборов, устройств, электрическое сопротивление тела человека и может создать условия для поражения рабочих электрическим током. В этом отношении различают производственные помещения с повышенной опасностью, особо опасные и без повышенной опасности. Помещение данного цеха относится к категории особо опасных производственных помещений, так как для него характерно наличие токопроводящей пыли и полов [22].

Электробезопасность в литейных цехах достигается при соблюдении следующих требований:

- электропроводка должна выполняться хорошо изолированными проводами, которые следует прокладывать на высоте не менее 2 м от уровня пола и ограждать от возможных повреждений;

- все металлические части оборудования (корпуса электродвигателей, пульты управления), которые могут оказаться под напряжением более 42 В, должны быть оснащены легко обозримыми устройствами заземления;

- каждая единица оборудования, работающая независимо и имеющая блокировки со смежным оборудованием, должна иметь вводный выключатель ручного действия, размещённый в безопасном и удобном для обслуживания месте и предназначенный для подключения электрооборудования к питающей сети, а также для отключения его от сети на время перерыва в работе или в аварийных случаях;

- токоведущие части выключателей, рубильников, электродвигателей должны быть закрыты сплошными кожухами или щитами;

- внутренние поверхности кожухов, дверец и шкафов, в которых имеются электрические аппараты, работающие при напряжении выше 42 В должны быть окрашены в красный цвет;

- использовать средства индивидуальной защиты (коврики).

- электрические распределительные щиты и высоковольтные камеры должны быть ограждены решётчатыми перегородками, двери которых следует оборудовать электрической блокировкой, снижающей напряжение с ограждаемых устройств при их отрывании.

Меры по защите от поражения электротоком:

- инструктаж персонала;

- применение предупредительных плакатов на опасных местах;

- токовыводящие части выключателей рубильников электродвигателей должны быть закрыты сплошными кожухами или щитами;

- электрическое разделение сети на отдельные участки с помощью специальных разделительных трансформаторов (каждый участок имеет свой распределительный щиток), что позволяет уменьшить электроемкость сети и значительно повысить роль сопротивления изоляции;

- выравнивание потенциала земли с целью устранения напряжения за счет использования заземлений;

- применение средств коллективной и индивидуальной защиты (металлические части производственного оборудования, которые могут оказаться под напряжением, заземляют, автоматическое отключение, блокировка, двойная изоляция) от поражения электрическим током;

- все нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при не исправной изоляции имеют защитное заземление;

- обучение безопасным приемам труда по профессии.

Все электрооборудование на участке установлено по «Правилам технической эксплуатации электрических установок потребителей и правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ потребителей) и «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) [23].

Кроме того, следует выполнять указания эксплуатации по безопасному обслуживанию, имеющих в инструкциях заводов изготовителей, так как наибольшее число электротравм происходит при работе на электроустановках напряжением до 1000 В. Допуск к работе на электрооборудовании разрешается только после экзамена по знанию инструкций по эксплуатации и правилам техники безопасности.

Присоединение и отключение от сети оборудования, а также наблюдение за их исправностью должно проводиться электротехническим персоналом данного цеха.

Пожарная безопасность

Основной причиной возгорания в литейном цехе является неисправность электрооборудования, случайные возгорания от источников открытого огня – это разливка металла из ковшей и вследствие невнимательного и халатного отношения обслуживающего персонала.

В случае пожара необходимо обеспечить эвакуацию людей. В цехе существует план эвакуации людей. Применять комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и ограничения материального ущерба. Пожарная защита, согласно ГОСТ 12.1.004-91 должна обеспечиваться:

- для быстрого вывода людей из задымленного помещения необходимо наличие плана эвакуации людей;
- наличие средств индивидуальной защиты (респиратор);
- системой пожарной сигнализации (противодымная защита зданий, система оповещения о пожаре);
- применение средств пожаротушения (огнетушитель);
- организацией пожарной охраны объекта.

Сигналы оповещения в чрезвычайных ситуациях: «внимание всем!». Общий предупредительный сигнал звучание сирен и других средств информации. Рабочие должны включить телевизоры и радио, прослушать информацию.

Литейный цех отнесен к пожароопасной категории Г, как связанное с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр.

В соответствии со СНиПом 2.01.02-85, [25] здание производственного корпуса цеха отнесено ко II степени огнестойкости.

Причинами возникновения пожара на рабочем месте в литейном цехе являются: неисправность электропроводки, искрение и электрические дуги при заварке дефектов (возможно загорание одежды), случайное возгорание от источников открытого огня вследствие невнимательности и халатности рабочих.

Пожарная безопасность обеспечивается применением средств пожаротушения. Все оборудование систем пожаротушения должно находиться в исправном состоянии и быть готовым к действию. Осмотр системы пожаротушения должен производиться раз в сутки лицом, утвержденным приказом по цеху.

Средства пожаротушения регламентированы ГОСТ 12.4.009-83 [26] среди которых:

- огнетушители пенные ОХП–10 – 8 шт, предназначенный для тушения оборудования без электропроводки;
- огнетушители углекислотные ОУ-5 в кол-ве 8 шт., для тушения электрооборудования, твердых и жидких горючих веществ;
- песок;
- вода.
- пожарные гидранты в количестве 8 шт. (расход воды на наружное пожаротушение – 35 л/сек.; на внутреннее – 2,5 л/сек, к которым при пожаре присоединяются гибкие рукава.

При обнаружении пожара рабочий должен:

- сообщить в пожарную охрану;
- сообщить мастеру или непосредственному начальству;
- выключить все электроустановки
- по возможности приступить к тушению пожара подручными средствами.

Соблюдение правил пожарной безопасности позволит предотвратить возникновение пожаров.

Представленные в данном разделе 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 эмоционально – психологическое состояние работников цеха.

5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

5.1 Глобальные экологические проблемы

Все серьезные изменения, произошедшие в природной среде за время существования планеты, - дело рук человека. Воздействие человека на природу происходит на фоне естественных изменений, масштабы которых порой бывают очень значительны.

Загрязнение атмосферы происходит в основном в результате работы промышленности, транспорта, которые в совокупности выбрасывают ежегодно более миллиарда твердых и газообразных частиц. Основными загрязнителями атмосферы на сегодняшний день являются оксиды азота, углерода и серы, которые являются источниками кислотных дождей.

В некоторых районах земного шара кислотные дожди превратились в серьезную опасность. Возникла сложная и трудная в своем решении проблема, которая на международном уровне была впервые поднята Швецией на конференции ООН по окружающей среде. С тех пор она превратилась в одну из главных природоохранных проблем человечества. Кислотные дожди губительно действуют на природу водоёмов, наносят ущерб лесной растительности и сельскохозяйственным культурам, наконец, все эти вещества представляют определенную опасность для жизни человека.

Но, конечно, нельзя забывать и о фреонах. Именно их большинство ученых считают причиной образования так называемых озоновых дыр в атмосфере. Фреоны широко используются в производстве и в быту в качестве хладореагентов, пенообразователей, растворителей, а также в аэрозольных упаковках. А именно с понижением содержания озона в верхних слоях атмосферы медики связывают рост количества раковых заболеваний кожи. Известно, что атмосферный озон образуется в результате сложных фотохимических реакций под воздействием ультрафиолетовых излучений Солнца. Хотя его содержание невелико, его значение для биосферы огромно. Озон, поглощая ультрафиолетовое излучение, предохраняет все живое на земле от гибели. Фреоны же, попадая в атмосферу, под действием солнечного излучения распадаются на ряд соединений, из которых окись хлора наиболее интенсивно разрушает озон.

Третий, не менее важный, чем небо над головой и земля под ногами, фактор существования цивилизации - водные ресурсы планеты. На свои нужды человечество использует главным образом пресные воды. Их объём составляет чуть больше 2% гидросферы, причём распределение водных

ресурсов по земному шару крайне неравномерно. В Европе и Азии, где проживает 70% населения мира, сосредоточено лишь 39% речных вод. Общее же потребление речных вод возрастает из года в год во всех районах мира. Недостаток воды усугубляется ухудшением её качества. Используемые в промышленности, сельском хозяйстве и в быту воды поступают обратно в водоёмы в виде плохо очищенных или вообще неочищенных стоков. Таким образом, загрязнение гидросферы происходит, прежде всего, в результате сброса в реки, озера и моря промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод. Растет загрязнение мирового океана. Причем здесь существенную роль играет не только загрязнение стоками, но и попадание в воды морей и океанов большого количества нефтепродуктов. В целом, наиболее загрязнены внутренние моря - Средиземное, Северное, Балтийское, Внутреннее Японское, Яванское, а также Бискайский, Персидский и Мексиканский заливы.

В числе важнейших путей решения экологических проблем большинство исследователей также выделяет внедрение экологически чистых, мало- и безотходных технологий, строительство очистных сооружений, рациональное размещение производства и использование природных ресурсов. Важнейшим направлением решения стоящих перед цивилизацией экологических проблем стоит назвать повышение экологической культуры человека, научно-обоснованное экологическое образование и воспитание, все то, что искореняет главный экологический конфликт - конфликт между потребителем и разумным обитателем хрупкого мира, существующий в сознании человека.

5.2 Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.

ТП изготовления отливок из серых чугунов сопровождается получением различного вида отходов. Схема ТП представлена на рисунке 2.

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия, пар, сжатый воздух.

В ходе ТП образуются следующие виды отходов:

Материальные отходы - жидкие (сточные воды), твердые (скрап, шлак ванадиевый и сталелитейный, пыль) и газообразные (оксид углерода, сернистый газ, диоксид азота).

Энергетические - шум и 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.

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

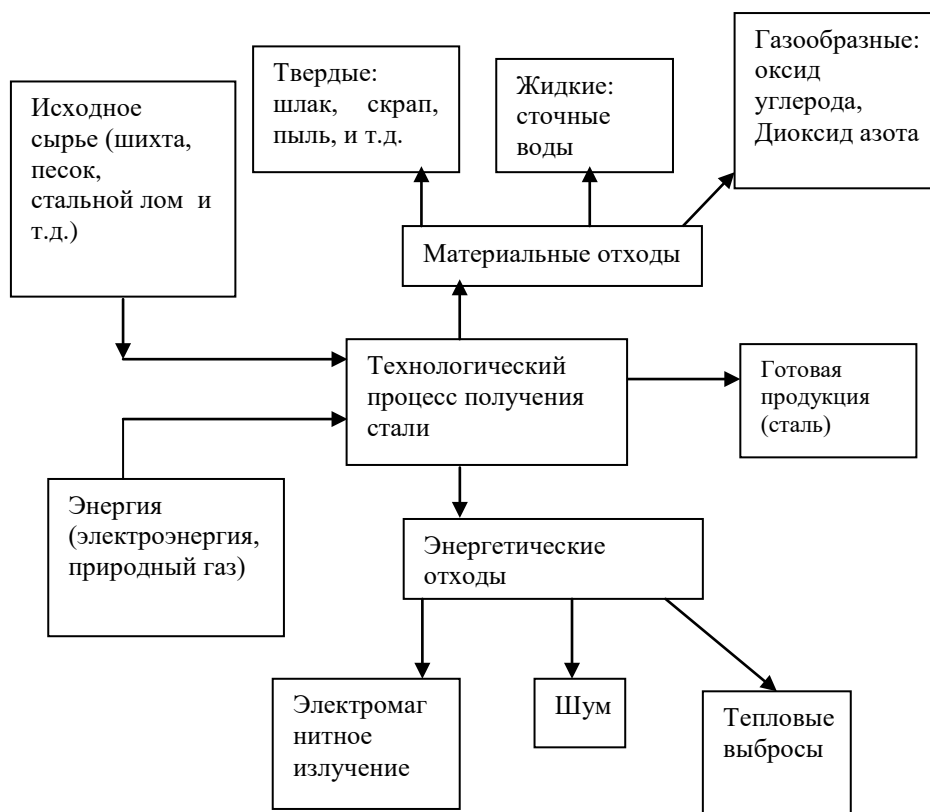


Рисунок 3 - Схема технологического процесса получения отливок

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 мартеновских и электродуговых печах.

Источником электромагнитного излучения и шума является работающее оборудование

Тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разлива металла.

Анализ ТП свидетельствует о его незамкнутом характере, поскольку существуют связи с внешней средой при использовании исходного сырья, энергии, выходе готовой продукции и получении различных видов отходов.

Основные характеристики ТП представлены в таблице 29.

Таблица 29 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

№	Показатели	Количество	Ед.изм.
1.	Сырье:		
	Лом и отходы	18	тыс.т/год
	Ферросплавы	0,4	тыс.т/год
	Железо из окалины	3	тыс.т/год
	Сжатый воздух	0,2,6	млн м ³ /год
	Вода оборотная	0,9	тыс. м ³ /год
2.	Энергия		
	Электрическая	4	млн. кВт*ч
	Природный газ	15	тыс. м ³ /год
	Пар	22	тыс. кДж/год
3.	Продукция		
	Отливки	21	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 серы	1,2	тыс. т/год
	Диоксид азота	0,2	тыс. т/год
	Сточные воды:		
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

5.3 Основные требования экологизации проекта

Литейное производство являются экологически небезопасным, поэтому должны соблюдаться санитарно-гигиенические нормативы, представленные в таблице 30.

Таблица 30- Предельно допустимые концентрации (ПДК) 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	дБА	80
Электромагнитное излучение	(А/м) ² ·ч	25
Температура	°С	16-24

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

5.4 Мероприятия по эколизации ТП

Для снижения уровня запыленности атмосферы предусматривается установка вытяжной вентиляции, размещение воздух отсосов в местах повышенного пылеобразования.

Для уменьшения выбросов газообразных веществ предусматривается использование скрубберов, циклонов, фильтров мокрой очистки.

Сточные воды подвергаются механической и реагентной очистке и направляются обратно в технический процесс.

Твердые отходы подвергаются переработке и возвращаются в технический процесс.

Отходы, неподлежащие регенерации, выводятся на шлакоотвалы.

Для уменьшения выбросов тепловой энергии предусматривается использование котлов-утилизаторов. Далее поступает в систему подогрева воздуха приточной вентиляции.

Эффективным путем решения проблемы борьбы с шумом является снижение его уровня в самом источнике за счет изменения технологии и конструкции машин.

К мерам этого типа относятся замена шумных процессов бесшумными, ударных — безударными, например замена клепки — пайкой,ковки и штамповки обработкой давлением; замена металла в некоторых деталях незвучными материалами, применение виброизоляции, глушителей, демпфирования, звукоизолирующих кожухов.

Уменьшите подверженность ЭМИ можно увеличивая расстояние до излучения. Это - самое важное правило для защиты от ЭМИ, и часто самое легкое в применении.

Насколько следует отстраниться от источника излучения – зависит от его интенсивности.

Чтобы уменьшить полевую интенсивность, нужно переместиться на расстояние:

25 метров для линий электропередачи и вышек сотовой связи.

30 см. от Вашего компьютерного монитора.

Для общего снижения выбросов загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны предусматривается замена дуговой сталеплавильной печи ДСП-5 на индукционную тигельную печь ИЧТ 10/4.

Сравнительные характеристики приведены в таблице 31.

Таблица 31 - Сравнительные характеристики печи

Показатели	ДСП-5	ИЧТ 10/4
Пыль, мг/м ³	26,2	12,4
Шум, дБ (общий уровень)	100	70
Расход электроэнергии на 1 т жидкой стали общий/по расплавлению, кВтчас	880/535	670/360
Угар металла общий, %	8-9,5	3,4-4
Расход элементов кг/т жидкого металла:		
Графитированных электродов	14,0	2,06
Шамота (для наведения шлака)	16,2	3,2
Магнезитовый кирпич на кладку	26	14
Количество шлака на плавку, т	1,54	0,4

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс более экологичным, ресурсо- и энергосберегающим, поскольку количество вредных воздействий на окружающую среду будет сведено к минимуму, за счет 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 формовочное оборудование «ASPA-1000», стержневое оборудование фирмы «Laempe», индукционные печи ИЧТ-10/4,0 современное очистное оборудование, 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. Годовая программа цеха составляет 21000 тонн годного литья (таблица 1).

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

$$N_{яв} = N_i \cdot A_i \cdot C_i, \quad (31)$$

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

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{сп}, \quad (32)$$

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

$$K_{сп} = \frac{F_{ном}}{F_{д}}, \quad (33)$$

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

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

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

Календарный фонд времени работы персонала $F_{к}$:

$$F_{к} = D_{к} \cdot T_{см}, \quad (34)$$

где $D_{к}$ - число дней в году;

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

$$F_{к} = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ ч}$$

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

$$F_{ном} = T_{см} \cdot (D_{к} - D_{вых}), \quad (35)$$

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

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

Действительный фонд времени $F_{д}$

$$F_{д} = F_{ном} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (36)$$

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

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

Баланс рабочего времени одного работника представлен в таблице 32.

Таблица 32 – 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 33, 34, 35.

Таблица 33 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуж, чел	Кол-во агрегатов, шт	Кол-во рабочих		К _{сп}	
					Явочное		Спис	К сп
					В сутки	В см		
Плавильное отделение								
Сталевар	5	3	1	2	6	2	8	1,19
Подручный	5	3	1	2	6	2	8	1,19
Выбивщик	4	3	1	2	6	2	8	1,19
Шихтовщик	3	3	1	2	6	2	8	1,19
Огнеупорщик	3	3	1	2	6	2	8	1,19
Итого:	-	-	-	-	30	10	40	1,19
Формовочное отделение								
Сборщик форм	3	3	2	1	6	2	8	1,19
Формовщик	4	3	2	1	6	2	8	1,19
Формовщик	5	3	2	1	6	2	8	1,19
Итого:	-	-	-	-	18	6	24	1,19
Стержневое отделение								
Стерженщик	5	3	4	2	24	8	26	1,19
Итого:	-	-	-	-	24	8	26	1,19
Смесеприготовительное отделение								
Земледел	4	3	2	2	12	4	14	1,19
Итого:	-	-	-	-	12	4	14	1,19
Термообрубное отделение								
Выбивщик	3	3	2	1	6	2	8	1,19
Газорезчик	4	3	2	2	12	4	14	1,19
Обрубщик	3	3	2	3	18	6	20	1,19
Термист	3	3	2	1	6	2	8	1,19
Итого:	-	-	-	-	36	12	50	1,19
Всего:	-	-	-	-	120	40	154	1,19

Таблица 34 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Кол-во рабочих			К _{сп}
			Явочное		Спис	
			В сутки	В см		
Крановщик	3	3	12	4	14	1,19
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	6	2	8	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	9	3	11	1,19
Водитель транспорта	2	3	6	2	8	1,19
Слесарь - сантехник	3	3	6	2	8	1,19
Контролер ОТК	5	3	9	3	11	1,19
Сварщик	4	3	6	2	8	1,19
Итого:			66	22	84	1,19

Таблица 35 – 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	39000	44850	538200
Зам.нач.	2	33500	38525	924600
Зам.нач. по кадрам	1	33500	38525	462300
Зам.нач. по сбыту прод.	1	33500	38525	462300
Начальник техбюро	1	25300	29095	349140
Технолог	2	18000	20700	496800
Старший мастер	4	23000	26450	1269600
Экономист	2	12500	14375	345000
Механик	1	28000	32200	386400
Энергетик	1	28000	32200	386400
Итого:	16	-	315445	5620740
Служащие				
Нормировщик	2	12100	13915	333960
Бухгалтер	2	12400	8510	204240
Табельщик	3	9900	4485	161460
Секретарь	1	11100	4715	56580
Итого:	8	-	31625	756240
МОП				
Уборщица	3	7900	9085	327060
Сатураторщик	3	6700	7705	277380
Итого:	6	-	16790	604440
Итого по цеху:	30	-	363860	6981420

Таблица 36 – Структура трудящихся цеха

Категория персонала	Количество чел	Количество работающих от общей численности, %
Рабочих основных	154	57,46
Рабочих вспомогательных	84	31,34
Рабочих всего	238	88,81
ИТР	16	5,97
Служащие	8	2,985
МОП	6	2,239
Итого	268	100

Таблица 37 – Штатное расписание рабочих

Профессия	Кол-во рабочих	В том числе по разрядам				
		1	2	3	4	5
Сталевар	8					8
Подручный сталевара	8					8
Выбивщик	8				8	
Шихтовщик	8			8		
Огнеупорщик	8			8		
Сборщик форм	8			8		
Формовщик	16				8	8
Оператор -стерженщик	26					26
Земледел	14				14	
Чистильщик	8			8		
Газорезчик	14				14	
Обрубщик	20			20		
Термист	8			8		
Крановщик	14			14		
Слесарь по ремонту оборудования	8			8		
Электрик по ремонту оборудования	11				11	
Кладовщик	5		5			
Лаборант экспресс- лаборатории	11				11	
Водитель внутрицехового транспорта	8		8			
Слесарь- сантехник	8			8		
Контролер ОТК	11					11
Сварщик	8				8	
ИТОГО	238	0	13	90	74	61

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.

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n T_{cti} \cdot N_i / N_{яв}, \quad (37)$$

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

Среднюю тарифную ставку вспомогательных рабочих определим аналогично. Исходные данные для расчетов берем в таблице 38.

Таблица 38 – Часовые тарифные ставки

Условия труда	Разряд			
	2	3	4	5
Тяжелые и вредные, руб/ч	20,1	21,6	22,7	22,9
Среднемесячная тарифная ставка, руб	3417	3672	3859	3893
Особо тяжелые и вредные, руб/ч	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:

$$T_{cp} = (24,1 \cdot 16 + 23,6 \cdot 8 + 23,1 \cdot 16) / 40 = 23,6 \text{ руб.}$$

формовочное отделение:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 8 + 22,7 \cdot 8 + 21,6 \cdot 8) / 24 = 22,4 \text{ руб.}$$

стержневое отделение:

$$T_{cp} = 22,9 \cdot 26 / 26 = 22,9 \text{ руб.}$$

смесепрготовительное отделение:

$$T_{cp} = 22,7 \cdot 14 / 14 = 22,7 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение:

$$T_{cp} = (23,6 \cdot 14 + 23,1 \cdot 36) / 50 = 23,24 \text{ руб.}$$

Средняя тарифная ставка вспомогательных рабочих:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 11 + 22,7 \cdot 30 + 21,6 \cdot 30 + 20,1 \cdot 13) / 84 = 20,16 \text{ руб.}$$

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитаем по формуле:

$$З_{тф} = T_{cp} \cdot H_{ч}, \quad (38)$$

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

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

$$H_{ч} = N_{сп} \cdot F_{\rho}, \quad (39)$$

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

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитывается по формуле

$$З_{осн} = З_{тф} \cdot (1 + K_{пр} + K_{ком} + K_{оп}) \cdot K_{рн}, \quad (40)$$

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

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

$K_{оп}$ – коэффициент прочих доплат;

$K_{рн}$ – 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:

$$Z_{осн} = 23,6 \cdot 40 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 8969793,6 \text{ руб.}$$

формовочное отделение:

$$Z_{осн} = 22,4 \cdot 24 \cdot 1667 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 5108221,44 \text{ руб.}$$

стержневое отделение:

$$Z_{осн} = 22,9 \cdot 26 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 3019703,82 \text{ руб.}$$

смесепрготовительное отделение:

$$Z_{осн} = 22,7 \cdot 14 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 5657431,26 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение:

$$Z_{осн} = 23,2 \cdot 50 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 11041207,8 \text{ руб.}$$

вспомогательные рабочие:

$$Z_{осн} = 20,1 \cdot 84 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15 = 13128025,08 \text{ руб.}$$

Таблица 39 – Годовой ФЗП основных и вспомогательных рабочих

Категории работающих	Сумма, руб.
Плавильное отделение	8 969 793,6
Формовочное отделение	5 108 221,44
Смесеподготовительное отделение	3 019 703,82
Стержневое отделение	5 657 431,26
Термообрубное отделение	11 041 207,8
Вспомогательные рабочие	13 128 025,08
Итого:	46 924 383,0

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:

$$\text{ФЗП} = \text{З}_{\text{осн}} + \text{З}_{\text{доп}} \quad (41)$$

Расчет годового фонда заработной платы приведен в таблице 40.

Таблица 40 – Годовой фонд заработной платы по цеху

Категории работающих	Сумма, руб.
Основные рабочие	37 513 957,29
Вспомогательные рабочие	14 572 107,84
ИТР	6 239 021,40
Служащие	839 426,40
МОП	670 928,40
Итого:	59 835 441,33

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. Он составляет 10% от фонда заработной платы.

$$\text{ФМП} = \text{З}_{\text{год}} \cdot 0,1 = 37\,513\,957,29 \cdot 0,1 = 3\,751\,395,729 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 20\% \text{ от годового фонда зарплаты ИТР}$$

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 6\,239\,021,40 \cdot 0,2 = 1\,247\,804,28 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 20\% \text{ от годового фонда зарплаты служащих}$$

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 839\,426,40 \cdot 0,2 = 167\,885,28 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 3\,751\,395,729 - 1\,247\,804,28 - 167\,885,28 = 5\,983$$

544,13 руб.

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

$$37\,513\,957,29 / 59\,835\,441,33 = 0,62$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 37\,513\,957,29 \cdot 0,62 = 23\,519\,455,37 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 14\,572\,107,84 \cdot 0,62 = 9\,136\,014,024 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 670\,928,40 \cdot 0,62 = 420\,639,9883 \text{ руб.}$$

Среднемесячная зарплата с премиями из ФМП составит:

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м}} = (\text{З}_{\text{год}} + \text{ФМП}) / 12 \cdot N_{\text{сп}}, \quad (42)$$

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

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м осн}} = (37\,513\,957,29 + 235\,194\,55,37) / 12 \cdot 154 = 330\,26,7385 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м вст}} = (14\,572\,107,84 + 9\,136\,014,024) / 12 \cdot 84 = 235\,19,9622 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м ИТР}} = (6\,239\,021,40 + 391\,156\,7,745) / 12 \cdot 16 = 38\,993,8838 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м сл}} = (839\,426,40 + 526\,280,1681) / 12 \cdot 8 = 10\,492,83 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м МОП}} = (670\,928,4 \cdot ((1+0,25+0,1+0,2) \cdot 1,15) + 420\,639,9) / 12 \cdot 6 = 67\,61,9 \text{ руб.}$$

Сводный план по труду и заработной плате представлен в таблице 41.

Таблица 41 – Сводный план по труду и заработной плате

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Объем производства	т	21000
Численность: основных рабочих	чел	154
вспомогательных рабочих	чел	84
ИТР	чел	16
служащих	чел	8
МОП	чел	6
Выработка продукции на одного работающего	т/чел	78,4
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	61033412,66
вспомогательные рабочие	руб.	23708121,86
ИТР	руб.	7486825,68
служащие	руб.	1007311,68
МОП	руб.	1695403,948
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП:		
основные рабочие	руб.	33026,7385
вспомогательные рабочие	руб.	23519,9622
ИТР	руб.	38993,8838
Служащие	руб.	10492,83
МОП	руб.	6761,93985

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)

Отчисления по ЕСН для всех работающих приведены в таблице 42.

Таблица 42 – Отчисления по ЕСН по фонду оплаты труда

Категория работающих	ФЗП, руб	Отчисления, руб.				Отчисления ЕСН, руб.
		ПФ	Фонд соцстраха	ОМС	Травматизм	
Основные рабочие	61033412,66	13427350,8	1769969	3112704,05	122066,83	18432090,62
Вспомогат. рабочие	23708121,86	5215786,81	687535,53	1209114,21	47416,244	7159852,802
ИТР	7486825,68	1647101,65	217117,94	381828,11	14973,651	2261021,355
Служащие	1007311,68	221608,57	29212,039	51372,8957	2014,6234	304208,1274
МОП	1695403,948	372988,869	49166,715	86465,6014	3390,8079	512011,9924
Итого	94 931 075,83	20884836,7	2753001,2	4841484,867	89862,1517	28669184,9

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 2700 руб/м³.

Затраты на бытовые помещения вычисляются по формуле

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot C_{зд/м}, \quad (43)$$

$$C_{бп} = V_{бп} \cdot C_{бп/м}, \quad (44)$$

где $C_{зд/м}$, $C_{бп/м}$ – удельная цена здания и бытового помещения, 0,5 тыс руб/м³.

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%.

Расчеты капитальных затрат и амортизационных отчислений представлены в таблице 43.

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

Таблица 43 – 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, т.р.		Норма,%	Руб.	
Здание	25000 м ³	-	2,7	-	-	67500	67500	2	1350
Сталеплавильная печь	ИЧТ-10/4,0	2	40000	10	4000	44000	88000	7	6160
Форм. машина	IMF	1	20000	10	2000	22000	22000	10	2200
Смеситель	EIRICH	2	8000	10	800	8800	17600	10	1760
Стержневой автомат	Disco3200	2	15000	10	1500	16500	33000	10	3300
Выбивная решетка	IMF	1	10000	10	1000	11000	11000	10	1100
Дробеметная камера	RDT 1000	2	20000	10	2000	22000	44000	10	4400
Галтовочный барабан	БПП-3	1	25000	10	2500	27500	27500	10	2750
Термическая печь	ПВП5,5/9	1	28000	10	2800	30800	30800	10	3080
Итого:	-	-	-	-	-	-	341400	-	26100
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	204840	10	20484
Оснастка	-	-	-	-	-	-	45,56	50	22,78
Прочее оборудование	-	-	-	-	-	-	85350	10	8535
Итого	-	-	-	-	-	-	290235,6	-	29041,78
Всего	-	-	-	-	-	-	631635,6	-	55141,78

Таблица 44 – Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, тыс руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	3 414,00	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	17 070,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение	1 035,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Износ оборудования	1 035,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Прочие расходы	63 163,56	10 % от общей суммы расходов
Итого:	85 717,56	-

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 45 представлена смета цеховых расходов.

Таблица 45 – Смета цеховых расходов

Статьи затрат	Затраты 1 т литья, руб	Сумма затрат на всю программу, руб
1. Затраты на оплату труда	4219,16	94 931 075,83
2. Отчисления ЕСН	1274,19	28669184,9
3. Амортизация здания, инвентаря	2450,75	55141780
4. Затраты на научную работу, рационализаторство, (8 % от п.1)	337,533	7594486,066
5. Расходы на охрану труда (10% от п.1)	421,916	9493107,583
6. Стоимость вспомогательных материалов	318,433	7164750
Итого:	9021,97	202 994 384,38
Прочие расходы (10% от общих расходов)	902,197	20299438,44
Цеховые расходы:	9924,17	223 293 822,81

6.7 Техничко-экономические показатели

Фондоотдачу ΦO находим по формуле:

$$\Phi O = \frac{N}{\Phi o\phi}, \quad (45)$$

где N – годовой объем продукции, руб;

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

$$\Phi O = \frac{1062510368}{631635000} = 1,68 \text{ руб} / \text{руб}.$$

Таблица 46 – 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	1,662	3121	5186,97	116706831
ВСП	0,612	1891	1157,212	26037273,9
Угар	0,05	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1	-	3451	77647500
Оплата труда основных рабочих	-	-	4219,159	94931075,8
ЕСН	-	-	1274,186	28669184,9
Электроэнергия, кВтч	12,5	3	37,5	843750
Природный газ, м ³	62	2,9	179,8	4045500
Вода, м ³	40,1	3,1	124,31	2796975
Сжатый воздух, м ³	14,1	1,8	25,38	571050
Расходы на подготовку производства		-	4045,7	91028250
Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования	-	-	176,8	3 978 000,00
Отчисления на амортизацию оборудования	-	-	2450,746	55141780
Основная себестоимость	-	-	22328,76	502397170
Цеховые расходы	-	-	9924,17	223293823
Цеховая себестоимость	-	-	32252,93	725690993
Общезаводские расходы	-	-	1507,2	33912000
Производственная себестоимость	-	-	13195,1	296889750
Непроизводственные расходы	-	-	267,45	6017625
Полная себестоимость	-	-	47222,68	1062510368

Фондоемкость находим по формуле:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi O}, \quad (46)$$

$$\Phi E = \frac{1}{1,68} = 0,59.$$

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%:

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (47)$$

$$П = 1,3 \cdot 47222,68 = 61389,5 \text{ руб.}$$

Примем цену за 1 т годного литья 65000 руб. При объеме производства 22500 т литья в год доход от продаж составит 1426500000 руб. Прибыль найдем по формуле:

$$П = Д - С, \quad (48)$$

где Д – доход, руб.

$$П = 1426500000 - 1062510368 = 399\,989\,631 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле

$$Ток = \frac{Кз}{Эф}, \quad (49)$$

$$Ток = \frac{631635600}{399989631} = 1,57г.$$

Определим рентабельность проекта:

$$Р = \frac{П}{С} \cdot 100\%, \quad (50)$$

$$Р = \frac{399989631}{1062510368} \cdot 100\% = 26,5\%.$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 47.

Таблица 47 – Технико-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	22500
Численность работающих всего, чел	268
в том числе: основных	154
вспомогательных	84
ИТР	16
служащих	8
МОП	6
Фонд основной заработной платы, тыс руб	94 931,075
Капитальные вложения, тыс руб	631 635,6
Себестоимость тонны годного, руб	47 222,68
Рентабельность, %	26,5
Прибыль, тыс руб	399 989,631
Срок окупаемости, г.	1,57

Вложенные в проектирование и строительство цеха чугунного литья с производительностью 22500 тон капитальные средства окупятся за короткий срок в течении 1,57 года и позволят получать прибыль от реализации продукции в размере 399 989,631 тыс.руб./год.

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 автоматической формовочной линии и стержневых автоматов на основе ХТС 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 22500 тонна отливок в год отвечает предъявленным к нему требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов 1990. 5с.
3. 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.
4. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Введ. 01.01.1997. – М.: Изд-во стандартов 1993. 45с.
5. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. Введ. 01.07.1993. – М.: Изд-во стандартов 1992. 15с.
6. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. УГППУ . 2000. 662с.
7. СТП АДК 78-2000. Исходные формовочные материалы. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2008.76 с.
8. СТП АДК 155-2001. Формовочные и стержневые смеси. Противопригарные краски, разделительные покрытия. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2001.35 с.
9. СТП АДК 723-2005. Смеси ХТС. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2005.21 с.
10. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
11. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
12. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21.
13. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.
14. ССБТ ГОСТ 12.1-005.88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Дата введения 1989-01-01.
15. Безопасность производственных процессов. Справочник. Под общей ред. Белова С. В. М.: Машиностроение, 1985. 271 с.
16. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Введен 02.08.1995 г. № 18-78 в качестве строительных норм и правил Российской Федерации взамен СНиП II-4-79.

17. Клячко Л.Н. Производственный шум и меры защиты от него в черной металлургии. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
18. ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности. Введен 06.06.1983 г. № 2473 М.: Изд-во стандартов 1983 г.
19. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Введен 01.07.91 М.: Изд-во стандартов 1991 г.
20. Руководство Р 2.2.2006 – 05, Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. М.: Минздрав России, 2006. 189 с.
21. ГОСТ 12.1.019-79*. Электробезопасность и общие требования. Введен 1707.1979. № 2582 М.: Изд-во стандартов 1979 г.
22. ПОТ РМ-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. Введен постановлением Минтруда РФ от 5 января 2001 г. № 3 и приказом Минэнерго РФ от 27 декабря 2000 г. № 163) (с изменениями от 18 февраля 2003 г.).
23. Правила устройств электроустановок 7-е издание М.: Изд-во стандартов 1998, 235 с.
24. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. Введен 14.06.91 № 875 М.: Изд-во стандартов 1991, 56 с.
25. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы. Введен в действие постановлением Госстроя СССР № 18 от 24 апреля 1991 г М.: Изд-во стандартов, 111 с..
26. ГОСТ 12.4.009-90 Пожарная техника для защиты объектов основные виды, размещение и обслуживание. Дата введения 01.01.1990 г. М.: Изд-во стандартов 1990, 23 с.
27. Ссылка <http://www.ecoguild.ru/regions/sverdlovsk/index.htm>.
28. Ссылка http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030_0.html.
29. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. - пед. ун-та, 1999.-91с.
30. Единый тарифно-квалификационный справочник. - М.: Экономика, 1989. 526с.
31. ГОСТ 3.1125-88 «Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок». М.: ИПК Издательство стандартов. 19с.
32. Методические указания по дипломному проектированию для студентов: В4 ч. Свердлов. инж. - пед. инс-т. Свердловск, 41. 1989. 88с.

