





## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 97 листов машинописного текста, 2 рисунка, 49 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 18,0 тыс. тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОТЛИВКА, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОЩНОСТИ, ОХРАНА ПРИРОДЫ, ОХРАНА ТРУДА, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ, ТЕХНКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

					<b>ДП.22.03.02.911 ПЗ</b>				
					Проект литейного цеха по производству отливок из серого чугуна с годовым выпуском 12800 тонн	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>	
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				1:1	
<i>Разраб.</i>	<i>Андреев</i>								
<i>Провер.</i>	<i>Бекетова</i>								
<i>Т. контроль</i>						<i>Лист</i>	3	<i>Листов</i>	97
<i>Н. Контр.</i>	<i>Категоренко</i>				3	ФГАОУ ВО РГПШУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-411сЛП			
<i>Утв.</i>	<i>Гузанов</i>				Пояснительная записка				

## 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 .....	13
2.3 Разработка технологии изготовления отливки «Патрубок».....	15
2.4 Модельно-литейная оснастка .....	16
2.5 Расчет литниково – питающей системы.....	18
2.5.1 Расчет припусков на механическую обработку.....	18
2.5.2 Проектирование и расчет прибылей .....	19
2.5.3 Расчет литниково-питающей системы .....	21
2.5.4 Коэффициент выхода годного для отливки «Патрубок» .....	24
2.5.5 Расчет груза .....	24
2.6 Формовочные и стержневые смеси.....	24
2.7 Конструирование и изготовление стержней .....	28
2.8 Изготовление полуформ, сборка форм.....	29
2.9 Заливка, выбивка, обрубка литья .....	31
2.10 Контроль .....	32
2.11 Виды брака и методы их предупреждения.....	33
3 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ЦЕХА.....	38
3.1 Плавильное отделение.....	38
3.1.1 Индукционная тигельная печь ИЧТ-5/2,0.....	38
3.2 Смесеприготовительное отделение.....	43
3.2.1 Участок подготовки исходных формовочных материалов.....	43
3.2.2 Формовочные, стержневые смеси и покрытия.....	44
3.2.3 Расчет смесителей для формовочной смеси.....	48
3.3 Стержневое отделение.....	49
3.3.1 Расчет стержневых машин.....	51
3.4 Формовочное отделение.....	52
3.5 Обрубное отделение .....	55
3.5.1 Выбивка, обрубка, очистка литья .....	55
3.5.2 Методы исправления дефектов литья.....	60
3.5.3 Контроль.....	61
3.6 Вспомогательные службы.....	62
3.7 Внутрицеховой транспорт.....	62
3.7 Сводная ведомость оборудования.....	63

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА .....	64
4.1 Безопасность труда .....	64
4.1.1 Характер труда .....	65
4.1.2 Условия труда.....	65
5 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	75
5.1 Характеристика базового проекта.....	76
5.2 Экологическая эффективность проекта при достижении поставленной задачи.....	78
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	80
6.1 Расчет численного состава рабочих.....	80
6.2 Организация и планирование заработной платы.....	84
6.3 Разработка системы стимулирования трудовой деятельности ....	87
6.4 Отчисления единого социального налога .....	88
6.5 Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений.....	89
6.6 Определение затрат и расчет себестоимости продукции .....	91
6.7 Техничко-экономические показатели .....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	97

## 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.

Литейное производство России является основной заготовительной базой машиностроения и в перспективе сохранит свое лидирующее положение. На долю литых деталей в среднем приходится 50-70% массы (в

станкостроении до 90%) и 20% стоимости машин. Только методами литья можно получить сложные по конфигурации и геометрии заготовки из черных и цветных сплавов с высоким (75-98) коэффициентом использования металла. Как правило, литые детали несут высокие нагрузки в машинах, механизмах и определяют их эксплуатационную надежность, точность.

Литейное производство России, сохранившееся после общего кризиса 90-х гг., сегодня находится в стабильном положении. Однако в подавляющем большинстве у предприятий нет средств для проведения радикальных проектов по реструктуризации и технологическому перевооружению производства.

В настоящее время литейные цеха преимущественно находятся в структуре машиностроительных предприятий и производят отливки для собственных нужд.

В 2011 в мире было произведено 98,6 млн. тонн отливок из черных и цветных сплавов, в том числе в России 4,3 млн.т, что составляет 4,36%. Количество действующих литейных заводов и цехов в машиностроении, в том числе выпускающих литейные материалы и оборудование, составляет около 1250 ед., загрузка которых в среднем достигает лишь около 30%.

Сейчас в литейном производстве машиностроения и металлургии занято около 300 тыс. человек, в том числе около 78% рабочих, 14% инженерных и 8% научных работников. Выпуск отливок на одного работающего составляет 20,8 тонн в год.

Серьезной проблемой литейного производства остается экология, так как при выплавке и внепечной обработке литейных сплавов, изготовлении форм и стержней, заливке и выбивке литейных форм, очистке отливок выделяется значительное количество пыли и вредных газов, которые отрицательно влияют на здоровье работников.

Наиболее перспективными направлениями развития литейного производства, снижающими экологическую опасность, являются: разработка и освоение экологически безопасных и безотходных технологических процессов и оборудования, применение регенерации отработанных смесей на местах их образования с возвратом (до 95%) в производство, утилизация твердых отходов и использование их в дорожном строительстве.

# 1 ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА

Производственная программа цеха является основным документом при проектировании цехов.

Проектное задание – производительность чугунолитейного цеха 12800 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

Группа по массе	Чертежный номер детали	Наименование отливки	Материал отливки	Вес детали, кг	Вес отливки, кг	Литники и прибыли, кг	Скрап и б/в потери, кг	Жидкий металл на отливку, кг	Количество деталей на программу, шт	Количество деталей на брак, шт	Количество деталей с учетом брака, шт	Вес отливок на программу, т	Вес литников на программу, т	Скрап, т	Жидкий металл на программу, т
От 0 до 10 кг	155.00.027-0	Головка	СЧ20	5,00	8,50	4,00	0,50	13,00	20000	600	20600	175,1	80	10	260
	132.40.00.117-0	Кронштейн	СЧ20	5,60	7,20	4,00	0,34	11,54	20000	600	20600	148,32	80	6,861	230,861
	ЭО-5122А.0428	Корпус	СЧ20	9,00	14,00	7,70	0,70	22,40	20000	600	20600	288,4	154	14	448
	T05-17.02.505	Фланец	СЧ20	3,50	4,50	2,50	0,24	7,24	20000	600	20600	92,7	50	4,861	144,861
	T05-17.02.525	Корпус	СЧ20	8,00	9,20	4,00	0,46	13,66	20000	600	20600	189,52	80	9,167	273,167
	T45-17.01.011	Стакан	СЧ20	4,20	6,00	3,50	0,33	9,83	20000	600	20600	123,6	70	6,597	196,597
	T55-34.01.205-В	Опора	СЧ20	6,40	8,50	4,20	0,44	13,14	20000	600	20600	175,1	84	8,819	262,819
	T55-34.01.215-В	Гильза	СЧ20	7,50	11,20	7,00	0,63	18,83	20000	600	20600	230,72	140	12,64	376,639
T55-34.21.031-Б	Корпус	СЧ20	8,70	12,50	8,30	0,72	21,52	20000	600	20600	257,5	166	14,44	430,444	
От 10 до 30	<b>Н13.377.13.002</b>	<b>Патрубок</b>	<b>СЧ20</b>	<b>12,00</b>	<b>18,10</b>	<b>2,60</b>	<b>0,40</b>	<b>21,10</b>	20000	600	20600	<b>372,86</b>	<b>52</b>	<b>8</b>	<b>422</b>
	П1.11.00.887	Крышка	СЧ20	12,10	16,90	2,60	0,40	19,90	20000	600	20600	348,14	52	8	398
	T55-17.01.215	Стакан	СЧ20	11,60	16,50	7,10	0,82	24,42	20000	600	20600	339,9	142	16,39	488,389
	ЭО-5122А.0423	Корпус	СЧ20	11,50	15,00	8,00	0,80	23,80	20000	600	20600	309	160	16	476
	155.00.002-0	крышка	СЧ20	18,70	26,50	8,50	0,70	35,70	20000	600	20600	545,9	170	14	714
	100.30.001-0	Клин	СЧ20	13,8	13,8	2,9	0,31	17,01	20000	600	20600	284,28	58	6,2	340,2
	155.00.024-0	Крышка	СЧ20	18,50	22,90	4,50	0,70	28,10	20000	600	20600	471,74	90	14	562
	T45-16.01.093	Диск	СЧ20	24,00	31,50	4,10	1,24	36,84	20000	600	20600	648,9	82	24,72	736,722
T45-23.00.017	Крышка	СЧ20	28,70	35,00	8,50	1,51	45,01	20000	600	20600	721	170	30,21	900,208	
От 30 до 100	T55.4-10.05.416	Проставка	СЧ20	31,00	45,00	8,73	1,87	55,60	20000	600	20600	927	174,6	37,31	1111,91
	T160-10.02.4111	Проставка	СЧ20	38,00	62,00	35,90	3,40	101,30	20000	600	20600	1277,2	718	67,99	2025,99
	T45-42.02.025	Корпус	СЧ20	73,00	91,00	28,90	4,16	124,06	20000	600	20600	1874,6	578	83,26	2481,26
	T55.4-16.00.025	Сцепление	СЧ20	63,00	74,30	38,00	3,90	116,20	20000	600	20600	1530,58	760	77,99	2323,99
	T45-17.01.025	Корпус	СЧ20	58,00	71,30	40,50	3,88	115,68	20000	600	20600	1468,78	810	77,64	2313,64
									460000	13800	473800	12800,84	4921	569,1	17917,7

## 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  $\Phi_d$  определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Календарный фонд времени определяется по формуле

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

где  $D_k$  – число календарных дней в году,

$T_c$  – число рабочих часов в смене, ч;

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

Номинальный фонд времени определяется по формуле

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

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:

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

где  $\alpha$  – потери времени на плановый ремонт, %;

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

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

Таблица 2 - Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	$\Phi_{\text{н}}$	$\alpha$	Расчет $\Phi_{\text{д}}$	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 дипломном проекте рассматривается процесс изготовления отливки детали «Проставка» черт. № Н13.377.13.002 массой 12,0 кг из СЧ20.

При эксплуатации деталь испытывает большие динамические и статические нагрузки. Поэтому деталь должна обладать свойствами такими, как высокая прочность, которая необходима для сохранения формы детали при высоких удельных давлениях, износостойкость.

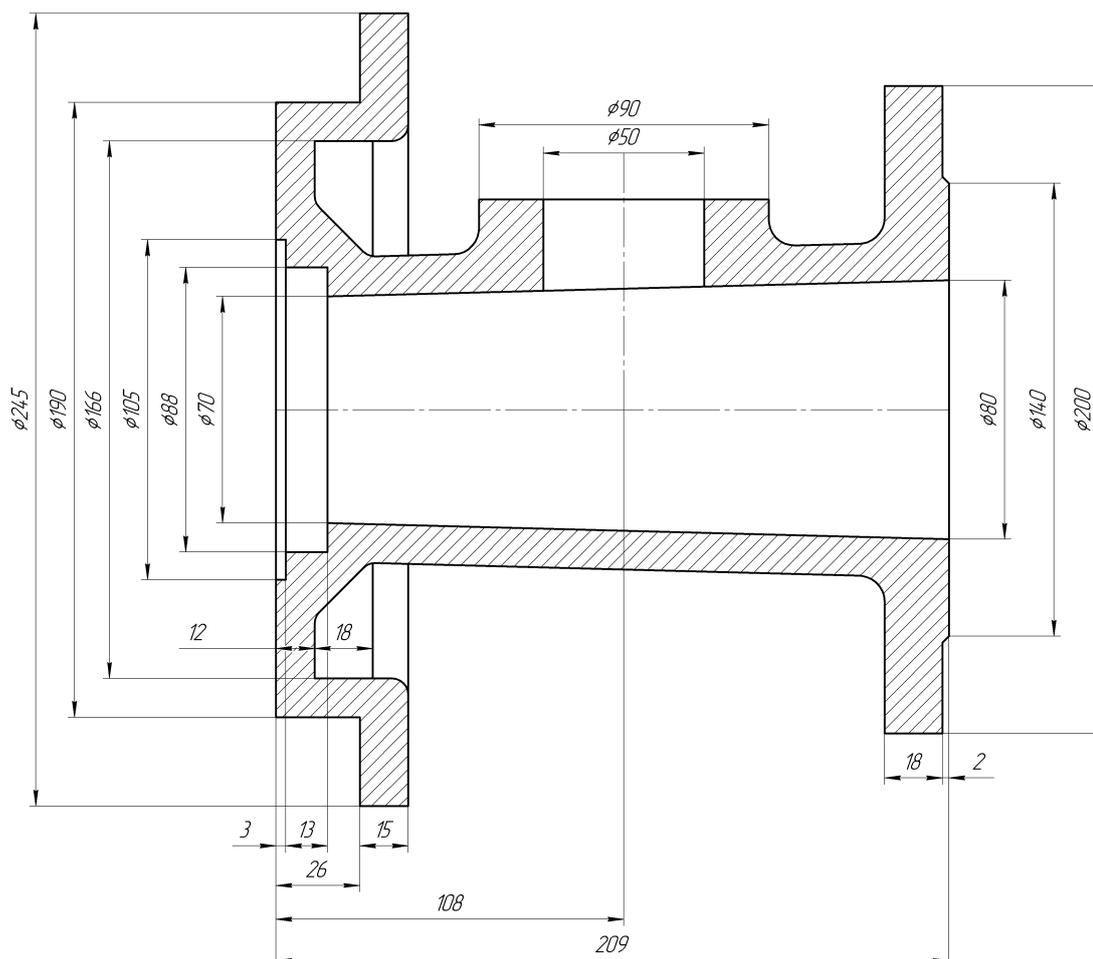


Рисунок 1 - Эскиз детали «Патрубок»

Отливка 11-0-0-11 класса точности по ГОСТ Р 53464-2009 [1]. Габаритные размеры отливки 209× $\phi$ 245 мм. Вес детали 12,0 кг. Конфигурация отливки средней сложности. Максимальная толщина стенок 18 мм. Средняя

толщина стенок 15 мм. Температура окружающей среды при эксплуатации отливки  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ .

К отливке предъявляются следующие технические требования:

- материал-заменитель СЧ15 по ГОСТ 1412-85[2];
- твердость 197-260 НВ;
- точность отливки 11-0-0-11 [1];
- предельные отклонения размеров симметричные;
- неуказанные радиусы скруглений не более 5 мм;
- формовочные уклоны не более 1:50 в сторону уменьшения размеров;
- остальные технические требования по [3].

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]. Основным литейным материалом – это чугун. Отличается он сравнительно низкой температурой плавления и отличными литейными свойствами. Чугун многокомпонентный расплав железа, характеризующийся эвтектическим превращением. Чугун это основной материал для изготовления корпусных литых деталей станков, корпусов и т.д., общая масса которых составляет 70-80% от массы станка. Корпусные литейные детали, особенно станков высокой точности должны обладать высокой эксплуатационной надежностью и высокой износостойкостью к истиранию.

Серый чугун обладает хорошей жидкотекучестью, усадкой 1-1,5%, и не склонен к образованию трещин. Прочность чугуна в массивных сечениях из-за грубых выделений графита и крупнозернистой ферритово-перлитной основы значительно ниже, чем в тонких сечениях, в которых преобладают мелкие выделения графита и перлита; очень тонкие стенки могут иметь половинчатую структуру и отбел, что затрудняет механическую обработку таких участков. С другой стороны, у него значительно большая, чем у других металлов, зависимость структуры и свойств от скорости его охлаждения.

При конструировании отливок из чугуна следует избегать разной толщины и скоплений металла в местных утолщениях. Внутренние напряжения в чугунных отливках вследствие малой усадки проявляются в низкой степени, чем в отливках из других сплавов, однако их достаточно для того, чтобы

вызвать коробление и искажение конфигурации отливок Поэтому необходимо избегать коробления отливок за счет придания стенкам изгибов, применения обратного прогиба в моделях и тд.

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

Таблица 4 - Свойства чугуна СЧ20

Свойства	СЧ20
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7200
Усадка при литье, %	1,2
Свариваемость	не применяется
Твердость по Бриннелю, НВ	180
Коэффициент линейного расширения, 1/К·10 <sup>-6</sup>	10,5
Теплопроводность, Вт/м·К	41,8-50,2
Удельное электросопротивление, Ом·м·10 <sup>-6</sup>	0,5-1,1
Абсолютная магнитная проницаемость, ГН/м·10 <sup>-5</sup>	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

Механические свойства являются определяющими при выборе чугуна, как конструкционного материала. Эксплуатационная надежность корпусных деталей из чугуна 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.

Эффективность производства и качества отливок зависят от конструкции детали с точки зрения технологии литья. Практика показывает, что наиболее оптимально этот вопрос решается при совместной работе конструктора и технолога-литейщика, так как помимо общих рекомендаций необходимо учитывать особенности технологии изготовления, степени механизации и автоматизации техпроцесса, а также другие факторы, характерные для конкретного цеха и производства.

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

### 2.3 Разработка технологии изготовления отливки «Патрубок»

Для изготовления детали литьем в песчаные формы необходимо предложить технологичную конфигурацию (конфигурацию детали изменить при необходимости, нанести механические припуски, рассчитать ЛПС), а также назначить формовочные уклоны и радиусы переходов, чтобы не было острых углов и кромок в отливке.

Параметры конструкции отливки, а именно толщина и протяженность ее наиболее тонкостенных элементов (стенок, ребер и тд) оказывают влияние на заполняемость формы расплавом и появление различных дефектов, как спаи и недоливы.

Толщина стенок отливок не должна быть меньше некоторых минимальных значений, определяемых жидкотекучестью сплава и техпроцесса изготовления отливок. Литая стенка отливки выполняет определенные важные функции: придает детали (отливке) необходимую конфигурацию, обеспечивает рассчитанную прочность и т.д. Толщина стенки отливки (детали) зависит от выполняемой ею функции. Толщина стенок должна быть равномерная, что приведет к равномерной кристаллизации, и не будет концентратором напряжений.

Правильное расположение отливки в форме, а так же правильно подобранная и рассчитанная ЛПС и установленные питающие прибыли и

выпора, должны свести к минимуму возникновение усадочных дефектов. Для данной отливки предусмотрена механическая обработка, что в свою очередь приведет к увеличению массы отливки и снижению коэффициента выхода годного.

Для повышения геометрической точности отливок нужно обеспечить их размерную точность, качественную поверхность, отсутствие пространственных отклонений и точность конфигурации. Повышение геометрической точности отливок является главной задачей инженера, выполнение которой обеспечивает не только уменьшение массы отливок, припусков на механическую обработку и снижение себестоимости, но и повышение качества литья. Изготовление стержней предусматриваем на стержневом автомате фирмы «Laetpre» модели L10 из ХТС, которые приготавливаются во встроенном смесителе стержневого автомата.

В условиях литейного цеха, полуформы будем изготавливать на формовочной машине «ASPA1000», которая предназначена для формовки верхних и нижних опонок. Способ уплотнения смеси встряхивание с допрессовкой многоплунжерной головкой. Отливка «Патрубок» отливается в ПГС формы в парных опоках размером 1000×800×350 мм, для изготовления форм применяются единые формовочные смеси. В форме располагается четыре отливки.

Выбивка отливок производится на выбивной инерционной решетке. Опоки раскрепляют и снимают краном. Верхнюю опоку ставят на выбивную решетку, где происходит выбивка полуформы. Затем на решетку ставят нижнюю опоку, где происходит выбивка куста отливок, вместе с выбивкой отливок из опоки происходит частичная выбивка стержней из отливки. Если стержень плохо поддается выбивке на решетке, то его выбивают пневмомолотком или вручную зубилом или молотком.

Отделение литниковой системы от отливок происходит вручную молотком и зубилом или если это затруднено, то газорезкой.

## 2.4 Модельно-литейная оснастка

Для изготовления отливки «Патрубок» используются стальные опоки, изготовленные из стали 25Л, [1].

Выбор материала модельного комплекта зависит от типа производства отливки. При серийном производстве отливки «Патрубок» материалом модельного комплекта является сплав алюминиевый АК7ч по [4].

При разработке модельного комплекта размеры детали рассчитывают с учетом размера 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 песчан-глинистые формы по деревянным промоделям, изготовленным из дерева 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 чугунные детали принимается 1,0-1,2%. Для отливки «Патрубок» величину усадки примем 1,0%.

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

В модельный комплект входит:

- монтаж моделей низа, материал АК7ч, [4];
- монтаж моделей верха, материал АК7ч, [4];
- стержневой ящик №1 материал АК7ч, [4];
- плита модельная сталь 35Л, [1];
- опока верха и низа сталь 25Л, [1].

При выборе типов и размеров опок необходимо учитывать параметры применяемого оборудования. Опоки должны иметь такие размеры, чтобы оборудование было 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 чугуна, стали, алюминиевого и магниевых сплавов. На конструкции опок имеются соответствующие стандарты ГОСТы 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. Минимальные размеры опок определяют, если к габаритным размерам отливки прибавить расстояния, которые представлены в

таблице 5. После выбора размера опок в свету подбирают ее стандартный размер по высоте.

Таблица 5 - Зависимость толщины формовочного слоя смеси на различных участках формы от веса 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 1 отливка):

$$L_{\min} = 40 + 251 + 30 + 251 + 40 = 612 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 800 мм.

Общая минимальная ширина (в опоке 1 отливка):

$$S_{\min} = 40 + 251 + 50 + 30 + 50 + 251 + 40 = 712 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 1000 мм.

Общая минимальная высота нижней опоки:

$$H_{\min} = 70 + 215 = 285 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 350 мм.

Общая минимальная высота верхней опоки:

$$H_{\min} = 60 + 75 = 135 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 350 мм.

Так как на формовочной машине изготовление форм происходит в парных опоках 1000×800×350 мм то для изготовления отливки «Патрубок» применим стандартные опоки. В дипломном проекте предусматриваются опоки размерами 1000×800×350×350 мм. В опоке размещены 4 отливки.

## 2.5 Расчет литниково – питающей системы

### 2.5.1 Расчет припусков на механическую обработку

В литейном производстве на отливку необходимо наносить припуски на механическую обработку. Припуски на механическую обработку назначают по [1]. Для определения конструктивных размеров модельных комплектов в первую очередь необходимо установить припуски на механическую обработку,

припуски на усадку и формовочные уклоны. Этот ГОСТ распространяется на отливки из черных и цветных металлов и сплавов и регламентирует допуски на размеры, массу и припуски на механическую обработку.

В соответствии с [1] припуск на механическую обработку не должен превышать 4 мм. Припуски на обработку назначают дифференциально на каждую обрабатываемую поверхность отливки.

При выбранном способе формовки отливки в целях обеспечения заданных размеров, формы и шероховатости детали принимаем следующие припуски - выбираем размер припуска 3 мм. Вес детали составляет 12,0 кг вес отливки составляет около 18,1 кг.

Точный вес отливки устанавливается на производстве после комиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания.

Все стержни для изготовления отливки применяем из холодно-твердеющих смесей. Преимущества стержней из ХТС:

- высокая геометрическая точность отливок, с использованием стержней ХТС;
- повышение качества литой поверхности (отсутствие заливов и других поверхностных дефектов).

## 2.5.2 Проектирование и расчет прибылей

При организации питания отливки технолог-литейщик, прежде всего, должен проанализировать конфигурацию отливки с точки зрения направленности затвердевания. При равнозначных теплофизических условиях направленность затвердевания отливки обеспечивается, если толщина стенки отливки по направлению к прибыли монотонно увеличивается. Участки, где имеются сужения сечения отливки, нарушают направленность ее затвердевания, за такими сужениями будут находиться зоны отливки, которые не будут быть пропитаны из прибыли.

Прибылью это специальный, не предусмотренный чертежом литой детали-заготовки технологический прилив на поверхностях отливки, предназначенный для сосредоточения в нем усадочной раковины в процессе питания затвердевающей отливки жидким металлом.

Кроме того, прибыль служит выпором или резервуаром, в который могут всплывать продукты разложения литейной формы (сор), 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 различных 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.Г. Пржибыла. Этот метод применим для многих литейных сплавов, но более надежные результаты он предлагает в случае образования концентрированных усадочных раковин характерных для чугунных отливок [6].

Для расчета прибыли используем формулу:

$$V_n = \frac{V_{п.у.} \cdot \varepsilon_v}{\beta - \varepsilon_v}, \quad (5)$$

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

$V_{п.у.}$  – объем питаемого узла отливки ( $V_{п.у.} = 495 \text{ см}^3$ );

$\varepsilon_v$  – объемная усадка, принимающая участие в формировании усадочной раковины.

Величину объемной усадки рассчитаем по формуле:

$$\varepsilon_v = 0,025 + 0,0001 \cdot \Delta T, \quad (6)$$

где  $\Delta T$  – перегрев над температурой ликвидуса  $T_{л}$  ( $\Delta T = 50$ ).

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

$$V_n = \frac{495 \cdot 0,03}{0,1 - 0,03} = 212 \text{ см}^3.$$

Рассчитаем высоту прибыли по формуле:

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

$$H = \frac{4 \cdot 212,0}{3,14 \cdot 6,0^2} = 7,49 \text{ см} \approx 75 \text{ мм}.$$

$$M_{ПР} = V \cdot \rho,$$

$$m_{ПР} = 212 \cdot 7,2 = 1526 \text{ гр.} = 1,53 \text{ кг}.$$

Для дальнейших расчетов весу прибыли примем 1,6, так как на отливку 4 прибыли, то масса прибылей составит 6,4 кг.

### 2.5.3 Расчет литниково-питающей системы

Заполнение форм сплавом является начальным этапом формирования отливки. Несмотря на свою заметную кратковременность, наполнение формы в большей 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 расплав по разъему формы. Боковая литниковая система обеспечивает направленное заполнение нижней части отливки сверху, а верхней части отливки снизу. Шлакоуловители и питатели расположены сбоку отливки в горизонтальной плоскости разъема формы, что удобно в процессе 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 будут осуществлять по разъему формы, шлакоуловитель находится в верхней полуформе, а питатель в нижней полуформе.

Расчет оптимальной продолжительности заливки выполняется по следующей формуле

$$\tau_{opt} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{ж}}, \quad (7)$$

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

$\delta$  – средняя толщина стенки отливки, 20 мм;

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

$$G_{ж} = N \cdot (G_{отл} + G_{приб} + G_{л.с.}), \quad (8)$$

$$G_{ж} = 4 \cdot (18,1 + 10,6) = 114,8 \text{ кг.}$$

$$\tau_{opt} = 2 \cdot \sqrt[3]{15 \cdot 114,8} = 24 \text{ сек.}$$

Расчет площади узкого сечения производится по формуле:

$$F_{уз} = \frac{G_{ж}}{\rho_{жс} \cdot \mu \cdot \tau_{отм} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (9)$$

где  $\rho_{жс}$  – плотность жидкого сплава, кг/см<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{сп}$  – действующий металлостатический напор, см;

$g$  – ускорение свободного падения, 981 см/с<sup>2</sup>.

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

$$H_{сп} = H_{ст} - h_{в} / 2, \quad (10)$$

где  $H_{ст}$  – высота стояка от уровня воронки до питателя, 35,0 см;

$h_{в}$  – высота части отливки от питателя до самой высокой точки, 21,5 см.

$$H_{сп} = 35 - \frac{21,5}{2} = 32,3125 \text{ см.}$$

$$F_{уз} = \frac{114800}{7,2 \cdot 0,45 \cdot 24 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 32,3125}} = 5,86 \text{ см}^2.$$

Так как в форме 4 отливок, на отливку по 1 питателю, то  $F_{лит} = 1,465 \text{ см}^2$ .

Определение площадей остальных элементов литниковой системы осуществляется по следующим соотношениям, зависящим от сплава и положения узкого места системы. На основании [6] принимаем следующее соотношение:

$$F_{лит} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4, \quad (11)$$

$F_{шл} = 7,0 \text{ см}^2$ , так как в форме 2 шлакоуловителя, то:

$$F_{шл} = 3,5 \text{ см}^2;$$

$$F_{ст} = 8,2 \text{ см}^2.$$

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

Таблица 6 - 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

Размер литниковой воронки определим по формуле:

$$Dв = Hв = (2,7 - 3,0) \cdot Dст, \quad (12)$$

По данным таблицы 6 найдем диаметр верха и низа стояка:

$$Fст = 8,2 \text{ см}^2.$$

$$Dст н = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (13)$$

$$Dст н = 2 \cdot \sqrt{\frac{8,2}{3,14}} = 3,2 \text{ см};$$

$$Dст в = Dст н + 0,4 = 3,2 + 0,4 = 3,6 \text{ см};$$

$$Dв = (2,5 - 3) \cdot 3,2 = 9,6 \text{ см}.$$

В практике наиболее часто применяются трапециевидальные 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 и сор.

Рекомендуемые соотношения размеров сечения шлакоуловителя приведены на рисунке 2.

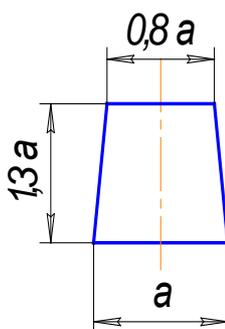


Рисунок 2 - Конструкция шлакоуловителя

На практике чаще всего применяют трапециевидальные питатели, для отливки «Патрубок» примем трапециевидальные питатели, то:

$$F_{num} = 1,465 \text{ см}^2 = \frac{(a + в) \cdot h}{2} = \frac{(a + 0,8a) \cdot 1,3a}{2} = 1,17 a^2 \text{ см}, \text{ а отсюда:}$$

$$a = 1,1 \text{ см}, \text{ в} = 0,9 \text{ см}, \text{ h} = 1,4 \text{ см}.$$

Аналогично рассчитываем размеры шлакоуловителя:

$$a = \sqrt{3,5/1,17} = 1,7 \text{ см},$$

$$в = 0,8a = 1,4 \text{ см},$$

$$h = 1,3a = 2,2 \text{ см}.$$

#### 2.5.4 Коэффициент выхода годного для отливки «Патрубок»

$$KBГ = Q_{отл.} \cdot 100 \% / (Q_{отл.} + Q_{л.с.} + Q_{пр.} + Q_{пот}), \quad (14)$$

где  $Q_{отл.}$  – масса отливки, 18,1 кг;

$Q_{л.с.}$  – масса литниковой системы, 4,2 кг;

$Q_{пр.}$  – масса прибылей, 6,4 кг;

$Q_{пот}$  – масса потерь, принимаем 2% от массы отливки 0,4 кг.

$$KBГ = 18,1 \cdot 100\% / (18,1 + 3,2 + 6,4 + 0,4) = 62,2 \%$$

#### 2.5.5 Расчет груза

Чтобы рассчитать крепление или массу груза, надо знать силу, с которой расплав действует на верхнюю полуформу. Эта сила равна массе воображаемого столба на часть отливки (находящейся в верхней полуформе) высотой до уровня расплава в литниковой чаше.

$$P_{ме} = V \cdot \rho = F_{осн} \cdot h \cdot \rho, \quad (15)$$

где  $F_{осн}$  – площадь основания отливки,  $\text{дм}^2$ ;

$h$  – высота над частью отливки в верхней полуформе,  $\text{дм}$ ;

$\rho$  – плотность металла,  $\text{кг/дм}^3$ .

В нашем случае отливка «Патрубок» с основанием  $215 \times \text{Ø}251$  мм из чугуна,  $\rho = 7,2 \text{ кг/дм}^3$ .

$$P_{ме} = 3,14 \cdot 2,51^2 \cdot 2,15 \cdot 7,2 = 306,4 \text{ кг.}$$

Так как в форме располагается 4 отливки, то полученной значение увеличиваем в 64 раза -  $P_{ме} = 1225 \text{ кг}$ .

Полученное значение  $P_{ме}$  увеличиваем на 20-30% для предотвращения раскрытия формы от динамического воздействия расплава на форму и неравномерности распределения давления его по площади полуформы (необходимо учитывать гидравлический удар)

$$P_{ме} = 1225 \cdot 1,25 = 1531 \text{ кг.}$$

Масса верхней полуформы (с опокой) со смесью около 2000 кг (по данным цеха), то применение груза нецелесообразно. Полуформы низа и верха достаточно скрепить скобами с 2-х сторон.

#### 2.6 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  $2K_1O_2035$  по ГОСТ 2138-91, песок кварцевый 1 класса, категории А и Б.

Сухие формовочные 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 предприятия СТО устанавливает узкую номенклатуру исходных формовочных материалов, используемых для приготовления формовочных, стержневых и единых смесей, противопригарных и разделительных покрытий и красок, керамических оболочек.

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

Формовочная смесь, бывшая в употреблении (выбитая), перед повторным использованием должна быть предварительно переработана и очищена. В механизированном производстве отработанная смесь подается из-под выбивной решетки ленточным транспортером в смесеприготовительное отделение.

Для изготовления форм для отливки «Патрубок» используется единая формовочная смесь. Единые смеси применяют при автоматической формовке в цехах серийного и массового производства. При переработке для повторного применения в них вводят необходимое количество свежих материалов для придания высоких технологических свойств [8].

Отработанная смесь составляет основу производственной формовочной смеси. Ее температура и остаточная влажность всегда различна, 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 таблицах 7, 8.

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.

Таблица 7 - 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
ЛТС (лигносульфанат)	0,75
Влажность, %	4-6
Газопроницаемость, ед.	120
Прочность на сжатие в сыром состоянии, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	0,061 - 0,1 (0,461 - 1,0)

Процесс изготовления 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.

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 ХТС значительно повышает точность стержней и, в конечном счете, размерную 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  $1K_2O_2$  фракций 016, 02, 025, 03; для стержней:

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

В цехе для изготовления стержней для отливки «Патрубок» используется cold-box-amine процесс с использованием связующих - фенольной смолы и полиизоцианата и газовым катализатором триэтиламино.

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

Процесс затвердевания стержневой смеси начинается, когда смола смешивается с песком. Сначала затвердевание идет медленно, а затем непрерывно ускоряется до тех пор, пока реакция не завершится окончательно.

Затвердевший стержень имеет очень низкую эластичность, поэтому стержневой ящик должен иметь тщательно продуманный формовочный уклон и гладкие поверхности.

Ниже приведен рекомендуемый состав стержневой смеси.

Таблица 8 - Состав стержневой смеси

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

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:

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

- плотность приготовленной партии краски контролировать по СТО [8]:

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

Для покраски стержней на отливку «Патрубок» используется спиртовая антипригарная краска на основе дистенсилиманита, состав которой должен соответствовать СТП, данные которого представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Состав противопригарной краски на основе дистенсилиманита

Наименование составляющих	Процент по массе, %
Спирт этиловый	100
Поливинилбутераль	4 - 6
Дистенсилиманит	До плотности 1,4 - 1,5 г/см <sup>3</sup>

Порядок приготовления: поливинил-бутираль засыпать небольшими порциями при интенсивном перемешивании. Поставить для набухания и полного растворения. В полученный раствор небольшими партиями загрузить диэтилселиманит, перемешивать до получения однородной массы необходимой плотности. Плотность краски проверять при температуре 20 °С. Краску использовать через час после ее 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 «Патрубок» в качестве разделительного покрытия используется смесь керосина с УСК (универсальный стержневой крепитель) и уайтспирит с алюминиевой пудрой.

## 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 расплавом, 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 всех 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 формообразования.

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

Наружную поверхность в отливке выполняем стержнем. Стержень в форме располагаем горизонтально, а знак выполняем конструкцией стержня в нижней полуформе.

Фиксация стержней в полуформе 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 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 3 стержня.

Технологический процесс изготовления стержней из ХТС смесей основывается на свойстве связующих быстро твердеть 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 изготовленные 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 в непосредственной близости к 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 (прессование дифференциальное) 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 формируют верхнюю опоку. Перед установкой стержней форму обдуть сжатым воздухом.

Качество сборки форм в значительной мере определяет точность геометрических размеров отливки, образования заливов по разьему и трудоемкость финишных операций. 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 полуформы начинают с установки нижней полуформы на заливочную площадку. Затем полуформу очищают промышленным пылесосом, для того, чтобы удалить пыль и песок, образовавшийся при извлечении модели и ремонта полуформы. Полуформы, поступающие на сборку, тщательно осматривают. К сборке не допускаются полуформы, имеющие повреждения и различные дефекты. В обдую полость полуформы в 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-5/2,0.

После подачи на заливочный плац формы заливаются с помощью поворотного 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 31211. 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 резачков, 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 остатков песка, окалины и пригара, а также небольших заусенцев, мелких неровностей.

Предварительная обработка отливок заключается в следующем:

- отрезать заливки;
- зачистить заподлицо с телом отливки места по разьему 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 соответствующим сертификатам. Химсостав 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 тех.персонала, выполняющих операции особо ответственных техпроцессов;
- аттестация тех.персонала, контролирующего особо ответственный технологический процесс;
- проверки соблюдения технологической дисциплины;
- летучий контроль соблюдения технологического процесса;
- профилактические проверки по соблюдению техдисциплины.

## 2.11 Виды брака и методы их предупреждения

Песчаные раковины - это открытые или закрытые пустоты в теле отливки, которые возникают вследствие низкой прочности формы и стержней, слабого уплотнения формы, недостаточного крепления выступающих частей формы и прочих причин.

Перекосяк – это смещение одной части отливки относительно другой, возникающий в результате небрежной сборки формы, износа центрирующих штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике, неправильной установки стержня в форму и других причин.

Усадочные раковины - открытые или закрытые пустоты в теле отливки с шероховатой поверхностью и грубокристаллическим строением. Эти дефекты возникают при недостаточном питании массивных узлов, нетехнологичной конструкции отливки, неправильной установке прибылей, заливке перегретым металлом.

Газовые раковины - открытые или закрытые пустоты в теле отливки с чистой и гладкой поверхностью, которые возникают из-за недостаточной газопроницаемости формы и стержней, повышенной влажности формовочных смесей и стержней, насыщенности расплавленного металла газами и др.

Трещины горячие и холодные - разрывы в теле отливки, возникающие при заливке чрезмерно перегретым металлом, из-за неправильной конструкции литниковой системы и прибылей, неправильной конструкции отливки, повышенной неравномерной усадки, низкой податливости форм и стержней.

Вскип - дефект в виде скопления раковин и наростов, образовавшихся вследствие парообразования и местях 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.

Незначительные дефекты в ответственных местах отливок исправляют заделкой замазками или мастиками, пропиткой различными составами, газовой или электрической сваркой. Заделка дефектов замазками или мастиками - декоративное исправление мелких поверхностных раковин на отливках. Перед заполнением мастикой дефектные места очищают от грязи и обезжиривают. После заполнения раковин мастикой исправленное место заглаживают, подсушивают и затирают пемзой или графитом.

Пропитывание составами применяют для устранения пористости отливок. С этой целью их погружают на 8-12 ч в водный раствор хлористого аммония. Проникая в промежутки между кристаллами металла, раствор образует оксиды, заполняющие поры отливок. Для устранения течи отливки из цветных сплавов пропитывают бакелитовым лаком.

Газовую и электрическую сварку применяют для исправления дефектов на необрабатываемых поверхностях (раковины, сквозные отверстия, трещины). Дефекты в чугунных отливках заваривают с использованием чугунных электродов и присадочных прутков. Чугунные отливки перед заваркой нагревают до температуры 350-600°С, а после заварки их медленно охлаждают до температуры окружающей среды.

Таблица 10 - Виды брака и методы их предупреждения

Виды дефектов и их внешние характеристики	Основные причины возникновения дефектов	Мероприятия по предупреждению дефектов
1	2	3
Газовые раковины (открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие чистую и гладкую поверхность).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенная влажность и низкая газопроницаемость форм и стержней, недостаточная их вентиляция.</li> <li>2. Большое содержание газов в металле, недостаточное раскисление металла, небрежная подсушка желоба и ковшей, грязные и окисленные жеребейки.</li> <li>3. Повышенное содержание газообразующих веществ в смесях.</li> <li>4. Неправильное устройство литниковой системы, прерывание струи при заливке металла.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применять чистую шихту, улучшить раскисление металла, просушку ковшей и желоба печей, использовать только луженые жеребейки.</li> <li>2. Уменьшить содержание газообразующих веществ в формовочных и стержневых смесях, делать необходимое количество вентиляционных каналов.</li> <li>3. Изменить литниковую систему, чтобы исключить засос воздуха в форму, производить правильную заливку металла в формы, без рывков.</li> </ol>
Усадочные раковины, пористость (открытые или закрытые полости с шероховатыми стенками или неплотной структурой металла).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неправильная конструкция отливки (утолщения и местное скопление сплава)</li> <li>2. Неправильное питание отливок.</li> <li>3. Отсутствие или недостаточное количество холодильников.</li> <li>4. Неправильная температура и большая скорость заливки металла.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устранить «горячие места» в отливки и обеспечить направленное ее затвердевание.</li> <li>2. Изменить литниковую систему и питание толстых мест отливок прибылями.</li> <li>3. Охладить термические узлы холодильниками.</li> <li>4. Перед заливкой выдержать металл в ковше и уменьшить скорость заливки.</li> </ol>
Песчаные раковины (открытые полости, заполненные формовочной смесью).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточная прочность формовочных и стержневых смесей, слабая и неравномерная набивка форм.</li> <li>2. Разрушение и засорение форм при сборке, обвал при установки груза.</li> <li>3. длительная выдержка сырых форм до заливки, вызвавшая осыпание подсохших и выступающих частей.</li> <li>4. Неправильный подвод сплава, вызывающий местный разрыв формы.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Улучшить качество формовочной смеси и набивки.</li> <li>2. Усилить контроль сборки форм, проверить и исправить знаки модели.</li> <li>3. Время ожидания форм до заливки не должно превышать 8 часов.</li> <li>4. Изменить конструкцию литниковой системы и уменьшить напор сплава при заливке.</li> </ol>

Продолжение таблицы 10

1	2	3
<p>Горячие трещины (сквозные разрывы или не сквозные надрывы тела отливки с поверхностями, покрытыми слоем окислов).</p>	<p>1. Неправильная конструкция отливки - резкий переход от толстых к тонким сечениям.                  2. Недостаточное питание отливки.                  3. Недостаточная податливость форм и стержней.                  4. Неправильное расположение каркасов в форме и стержнях и ребер в опоке.                  5. Слишком высокая температура заливки.                  6. Слишком ранняя выбивка.</p>	<p>1. Изменить конструкцию отливки- смягчить переходы различных сечений, увеличить галтели.                  2. Рассредоточить питание отливок, изменить форму прибылей.                  3 Уменьшить плотность набивки, изменить состав смесей.                  4. Изменить конструкцию каркасов и ребер опок.                  5 Понизить температуру заливки.                  6. Отрегулировать время выбивки форм.</p>
<p>Холодные трещины (сквозные разрывы или не сквозные надрывы тела отливки с чистыми поверхностями, имеющими цвет побежалости).</p>	<p>1. Термическое и механическое торможение усадки.                  2. Низкая пластичность сплава                  3. Бой при выбивки.</p>	<p>1. Улучшить конструкцию отливок, с целью обеспечения равномерности их остывания, увеличить податливость форм и стержней, охлаждать более толстые части отливок.                  2. Увеличить химический состав сплава, вводя элементы, увеличивающие пластичность.                  3 Выбивать без резких ударов.</p>
<p>Пригар (грубая. шероховатая поверхность отливок)</p>	<p>1. Недостаточная огнеупорность формовочных смесей и плохая окраска форм.                  2. Применение крупного песка.                  3. Чрезмерно высокая температура заливки.</p>	<p>1. Изменить состав формовочных смесей целью увеличения их огнеупорности, а также применяют пески с мелкой фракцией.                  2. Улучшить состав огнеупорного покрытия форм и стержней.</p>
<p>Недоливы (не полностью выполненная при заливке конфигурация отливки).</p>	<p>1 Уход металла из формы вследствие ее неправильной сборки и плохой загрузки.                  2. Недостаточное количество сплава в ковше.                  3 Недостаточная жидкотекучесть сплава из-за его окисленности.                  4. Засорение и пережим питателей при сборке.</p>	<p>1. Усилить контроль за сборкой и загрузкой форм.                  2. Улучшить качество раскисления сплава.                  3. Следить за количеством сплава в ковше.</p>

Окончание таблицы 10

1	2	3
<p>Несоответствие сплава по химическому составу (повышенное или пониженное по сравнению с ТУ содержание химических элементов).</p>	<p>1. Неправильный подбор шихты. 2. Неправильный расчет угара элементов во время плавки.</p>	<p>1. Не применять материалы без сертификата или без контроля их химического состава. 2. Правильно рассчитывать шихту, угар и периодически контролировать состав заливки.</p>
<p>Коробление (искажение контура отливки)</p>	<p>1. Неправильная конструкция отливки. 2. Коробление модели при формовки 3. Термическое или механическое торможение усадки. 4. Ранняя выбивка отливок из форм.</p>	<p>1. Устранить неравномерность сечений отливки. 2. Увеличить жесткость моделей и формовочных плит 3. Увеличить податливость форм и стержней. 4. Соблюдать время выбивки указанного в карте технологического процесса.</p>
<p>Шлаковые раковины (открытые или закрытые полости в теле отливки полностью или частично заполненные шлаком).</p>	<p>1. Усиленное образование шлаков из-за грязной, окисленной шихты, загрязненных флюсов и нестойких огнеупоров 2. Неправильная литниковая система, не улавливающая шлак. 3. Плохая очистка металла в ковше и небрежная заливка. 4. Низкая температура и жидкотекучесть сплава.</p>	<p>1. Применять очищенную шихту, флюсы и качественные огнеупоры. 2. Обеспечить правильное соотношение элементов в литниковой системе, применять фильтровальные сетки. 3. Изменить конструкцию ковшей, использовать шлакоотделяющие перегородки, заливать форму непрерывной струей металла. 4. Повысить температуру сплава.</p>

### 3 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ЦЕХА

#### 3.1 Плавильное отделение

##### 3.1.1 Индукционная тигельная печь ИЧТ-5/2,0

Индукционные плавильные печи предназначены для плавки черных, цветных и других 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 литейных заводов для получения металла высокого качества, нужного состава и марки.

Таблица 11 - Характеристики печи ИЧТ-5/2,0

Параметр	Показатель
Тип	ИЧТ-5/2,0
Мощность установленная, кВт	3000
Мощность потребляемая, кВт	2800
Емкость номинальная, т	5
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 <sup>3</sup> /ч	40

#### Преимущества:

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

- экологичность, 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 расплав. 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, зависит от марки сплава. 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 наклоняется в сторону сливного желоба.

Плавку проводят методом переплава. Зауск 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 ставят 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 перегревают до температуры 1350-1400<sup>0</sup>С. По достижении температуры печь выключают и отбирают пробы для анализов.

Таблица 12 – Баланс шихтовых материалов

Марка чугуна				Чугун серый СЧ20	
Плавильное оборудование				ИЧТ-5/2,0	
Объём производства (тыс. тонн)				12800	
№ № п/п	Статьи баланса, наименование материала	ГОСТ, ТУ	Марка мат- ла	Норма	
				%	кг
I Баланс металла (в % к металлозавалке)					
1	Выход годного металла			62,2	622,0
2	Возврат собственного пр-ва			31,3	313
	в т ч брак литья			3,0	30,0
3	Угар и безвозвратные потери			3,5	35,0
	ИТОГО:			100,0	1000
II Шихтовые материалы					
1	Чугун передельный	805-95	ПЛ1-2 гр3, кл.Б, кат.2	17,5	175
2	Чугун литейный	4832-95	Л3 гр.3-4 кл Б, кат.2	30,3	303
3	Лом стальн. углеродистый	2787-75	1А	10,0	10,0
4	Возвраты собств. пр-ва			38,6	386
6	Ферросплавы:				
	Ферромарганец в углерод.	4755-91	ФМн70	0,5	5,0
	Ферросилиций	1415-93	ФС45	2,5	25,0
	Никель	849-97	Н1-2-3	0,2	2,0
	Медь	859-2001	М <sub>3</sub>	0,4	4,0
	ИТОГО металлозавалки			100,0	1000

После корректировки доводят температуру металла до 1450-1470<sup>0</sup>С и проводят выпуск его в ковши, предварительно подогретые до температуры 600-800<sup>0</sup>С для предупреждения охлаждения металла. В конце периода плавления на металл загружают флюс, необходимый для образования шлакового покрова. В качестве флюса используют известь и плавиковый шпат.

Таблица 13 - Расчет шихты для чугуна СЧ20

Составляющие шихты	Химический состав составляющих шихты, %						Доля составляющих шихты в завалке, %	Вносится в металл составляющими шихты, %					
	С	Si	Mn	P	Ni	S		С	Si	Mn	S	Ni	P
Литейный чугун ЛЗ, ГрЗ-4	4,00	2,5	0,7	0,3		0,04	26,4	1,06	0,66	0,18	0,01		0,08
Передельный чугун ПЛ1-2	4,3	0,5	0,4	0,2		0,2	47,4	2,04	0,24	0,19	0,09		0,09
Возвраты собственного произв.	3,3	1,9	0,9	0,2		0,12	15,96	0,53	0,30	0,14	0,02		0,03
Лом стальной	0,2	0,35	0,65	0,01	0,15		7,5	0,02	0,03	0,05	0,00	0,01	0,00
Ферромарганец	7,0	6,0	70,0				0,5	0,04	0,03	0,35			
ферросилиций	0,2	45	1				2	0,00	0,90	0,02	0,00		
Никель					90		0,24					0,22	
Вносится шихтой							100	3,67	2,16	0,94	0,13	0,23	0,21
Угар, %								0,10	0,05	0,20			
Содержится в жидком металле, %								3,31	2,05	0,93			
Требуемый химсостав, %								3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,15	до 0,3	до 0,2

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

В конце плавки проводят диффузионное раскисление методом 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 заливки чугуна.

Число необходимых печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле

$$H_n = \frac{M_{жс} \cdot 1,2}{П \cdot F_0 \cdot 0,97}, \quad (16)$$

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

1,2 – коэффициент неравномерности потребления металла;

$П$  - производительность печи, т/ч;

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

$$H_n = \frac{18077 \cdot 1,2}{2,0 \cdot 5722,8 \cdot 0,97} = 1,95 \text{ шт.}$$

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле

$$K_3 = \frac{H_{расчетное}}{H_{принятое}}, \quad (17)$$

$$K_3 = \frac{1,95}{3} = 0,65.$$

Для выполнения производственной программы необходимо установить 3 печи ИЧТ-5/2,0.

В литейном цехе используются сталеразливочные чайниковые ковши (ковши с носиком) емкостью 5 тонн, 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 территории шихтового двора.

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.

$$n = \frac{12 \cdot 18077}{5722,8 \cdot 12} = 3,2 \text{ шт.}$$

Принимаем 7 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

$$N = \frac{8 \cdot 4}{12} = 2,6.$$

Принимаем 3 работающих ковша. Рассчитаем парк ковшей:

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

где  $K$  – коэффициент, учитывающий число ковшей в ремонте ( $K = 1,5$ );

$K_1$  – коэффициент запаса ( $K_1 = 2,0$ )

$$N_1 = 1,2 \cdot 2 \cdot 3 = 9.$$

Принимаем 9 ковшей в смену, в сутки 27 ковшей.

## 3.2 Смесеприготовительное отделение

### 3.2.1 Участок подготовки исходных формовочных материалов

Сушка формовочного песка осуществляется в двух барабанных сушилах, производительность 10 тонн в час, Температура сушки песка 180–200° С. Охлаждение песка естественное в накопительном бункере.

Сухой охлажденный песок после просеивания на инерционной решетке с помощью системы ленточных конвейеров подается на смесеприготовительный участок в бункера над смесителями.

Сырая огнеупорная глина подвергается размолу в двух валковой дробилке и сушке в двух барабанных сушилах производительностью 5 тонн в час, помол сухой глины осуществляется в двух шаровых мельницах. После помола пылевидная фракция глины оседает в батарейном циклоне ЦН-16 и с

помощью камерного насоса и системы пневмотранспорта подается в осадительные бункера над бегунами для приготовления облицовочных, стержневых, наполнительных смесей.

На смесеприготовительном участке расположены смесители 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 формовочной смеси и система транспортировки готовой смеси.

Для изготовления полуформ в условиях литейного цеха применяются песчано-глинистые смеси (ПГС) 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 формовочная 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 %.

### 3.2.2 Формовочные, стержневые смеси и покрытия

Пески формовочные. В качестве наполнителей формовочных смесей применяют кварцевые пески. Для приготовления формовочных (единых) и стержневых смесей применяются пески Кичигинского месторождения марки 2К0315 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 и СТО.

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 выполняемых проб должно быть не менее трех, масса одной пробы – не менее 0,5 кг. Влажность сухого песка – должна быть не более 0,5%, сырого не более 5,0%. Сухой песок просеивают через устройство с ячейками 4 мм. В смеситель подавать песок с температурой не выше 30<sup>0</sup>С.

Таблица 14 - 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

Таблица 15 - 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

Глины огнеупорные. Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяется глина огнеупорная Каменского участка Белкинского месторождения. Огнеупорная глина должна соответствовать требованиям ТУ 14-8-262-78. Не допускается засорение глины посторонними примесями и мусором. Влажность сухой глины должны быть не более 5,0%.

Таблица 16 - Характеристика огнеупорных глин

Наименование показателя	Норма для марок			
	БК1	БК2	БК3	БК4
Массовая доля Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не менее	37	33	28	28
Массовая доля Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не более	2,8	3,5	5,5	3,5

Огнеупорные глины проходят испытания, которые должны соответствовать ГОСТам. Отбор проб производится в соответствии с

требованиями ГОСТ 3226-77. Для отбора проб применяется металлический совок. Количество взятых проб глины должно быть не менее 8, масса пробы должна быть не менее 0,5 кг.

Таблица 17 - 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 (ЛСТ) это связующий материал, получаемый из сульфитного щелока, образующегося при варке целлюлозы. В качестве связующего материала для формовочных и стержневых смесей применяют лигносульфанаты технические марки А по ТУ В-0279121-01-90.

Таблица 18 - 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 19 - Таблица для определения плотности водного раствора ЛСТ

Начальная плотность, г/см <sup>3</sup>	Количество воды на 1 литр ЛСТ, см <sup>3</sup>	Полученная плотность, г/см <sup>3</sup>
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 не более 1 года со дня изготовления.

Исходные материалы для формовочной смеси:

- песок кварцевый, основная фракция 04, 0315, 020;
- смесь обратная;
- глина огнеупорная;

- лигносульфанат технический ЛСТ;
- вода техническая.

Порядок приготовления единой формовочной смеси: в смесители загрузить песок кварцевый сухой, оборотную смесь, огнеупорную глину перемешивать 2 мин. Добавить необходимое количество воды и перемешивать 3-8 мин. Далее проверить физико-механические свойства смеси, при необходимости откорректировать дозировку составляющих. Перемешивать 1,5-3 мин до получения необходимой прочности в сыром состоянии. Влажность смеси в летний период допустимо увеличивать на 0,5%.

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

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.

Применяем водную противопопригарную краску на основе дистенсиллиманита. Состав противопопригарной краски на основе дистенсиллиманита должен соответствовать СТО-07518941-78-2008 [7]. Порядок приготовления противопопригарной краски следующий: в краскомешалку (объем замеса – 0,50 м<sup>3</sup>) залить воду и лигносульфанат, включить рабочий режим. Перемешать до полного растворения ЛСТ, после чего ввести глину. Перемешать 15–20 мин, затем небольшими порциями засыпать концентрат дистенсиллиманита и перемешивать до однородной суспензии 30 мин, соблюдая удельную плотность 1,9-2,3 г/см<sup>3</sup>. Краску периодически перемешивают в целях предотвращения оседания огнеупорного наполнителя.

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

Лигносульфонаты (ЛСТ) подаются на участок исходных формовочных материалов автомобильным транспортом, подача в смесители 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 готовых смесей к рабочим местам производится с помощью ленточных конвейеров.

### 3.2.3 Расчет смесителей для формовочной смеси

Таблица 20 – Характеристика смесителя 1А12М

Параметр	Показатель
Производительность, т/ч	17-20
М <sup>3</sup> /ч	10-12
Продолжительность замеса, мин	8
Габаритные размеры, мм, (длина, ширина, высота)	2470×2400×2500
Диаметр чаши, мм	2450
Расстояние между опорными лапами, мм	2000
Диаметр катка, мм	900
Ширина катка, мм	250
Мощность электродвигателя, кВт	30

Количество смесителей находим по формуле

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

где N – расход смеси на производственную программу, м<sup>3</sup>;  
 K<sub>Π</sub> – коэффициент, учитывающий потери на программу;  
 F<sub>д</sub> – действительный фонд времени работы оборудования, ч;  
 q – производительность смесеприготовительного агрегата, м<sup>3</sup>/ч.

$$n = \frac{164521 \cdot 1,05}{5632,5 \cdot 15} = 1,94 \text{ шт.}$$

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_з = \frac{H_{\text{расчетное}}}{H_{\text{принятое}}}, \quad (22)$$

Коэффициент загрузки должен удовлетворять неравенству

$$0,6 \leq K_z \leq 0,9,$$

$$K_z = \frac{1,94}{3} = 0,65.$$

Для выполнения производственной программы необходимо установить 3 смесителя модели 1А12М.

Таблица 21 – Расчет формовочной смеси

Группа по массе, кг	Чертежный номер	Наименование детали	Кол-во отл в форме, шт	Кол-во форм на программу, шт	Вес формовочной смеси, т	Объем формовочной смеси, м <sup>3</sup>
0-10	155.00.027-0	Головка	8	5150	2407,625	1504,766
	132.40.00.117-0	Кронштейн	6	6866,667	3210,167	2006,354
	ЭО-5122А.0428	Корпус	6	6866,667	3210,167	2006,354
	T05-17.02.505	Фланец	8	5150	2407,625	1504,766
	T05-17.02.525	Корпус	6	6866,667	3210,167	2006,354
	T45-17.01.011	Стакан передний	8	5150	2407,625	1504,766
	T55-34.01.205	Опора	4	10300	4815,25	3009,531
	T55-34.01.215	Гильза	6	6866,667	3210,167	2006,354
	T55-34.21.031	Корпус	6	6866,667	3210,167	2006,354
11-30	H13.377.13.002	Патрубок	4	10300	4815,25	3009,531
	П1.11.00.887	Крышка	4	10300	4815,25	3009,531
	T55-17.01.215	Стакан	6	6866,667	3210,167	2006,354
	ЭО-5122А.0423	Корпус	6	6866,667	3210,167	2006,354
	155.00.002-0	Крышка	4	10300	4815,25	3009,531
	100.30.001-0	Клин	6	6866,667	3210,167	2006,354
	155.00.024-0	Крышка задняя	2	20600	9630,5	6019,063
	T45-16.01.093	Диск нажимной	3	13733,33	6420,333	4012,708
	T45-23.00.017	Крышка фильтра	2	20600	9630,5	6019,063
31-100	T55.4-10.05	Проставка	2	20600	9630,5	6019,063
	T160-10.02.411	Проставка	1	41200	19261	12038,13
	T45-42.02.025	Корпус ВОМ	1	41200	19261	12038,13
	T55.4-16.00.025	Корпус	1	41200	19261	12038,13
	T45-17.01.025	Корпус	1	41200	19261	12038,13
		ИТОГО:		351916,7	164521	102825,7

### 3.3 Стержневое отделение

Оснастка для изготовления стержней (стержневые ящики) складывается в модельной мастерской на стержневом участке. Технологический процесс изготовления стержней из холодно-твердеющих

смесей основывается на свойстве связующих быстро твердеть при воздействии катализаторов или газовых отвердителей и включает себя следующие операции:

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

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

Ответственные стержни, выполняющие полости отливок, требующие повышенной чистоты, подвергаются окраске спиртовыми и водными противопожарными красками с последующей тепловой подсушкой проходном камерном сушиле. Окраска стержней в сыром состоянии производится водной дистенсиллиманитовой 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 - 1 час 10-20 минут.

### 3.3.1 Расчет стержневых машин

Изготовление стержней предусмотрим на стержневых автоматах фирмы «Laetpre». Технологический процесс изготовления стержней основан на применении холодно-твердеющих смесей (ХТС).

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

Таблица 22 – Характеристики стержневого автомата Laetpre L10

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

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

Количество стержневых машин определяем по формуле

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

где  $N_{ст}$  – количество съёмов, шт.;

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

$\Phi_0$  – действительный фонд времени, ч/год;

$q$  – производительность машины, шт/ч.

$$n_{см} = \frac{1071200}{(5752,9 - 102,9) \cdot 90} = 2,12 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_з = \frac{2,12}{3} = 0,71.$$

Таблица 23 – Расчет количества стержней на программу

№ деталей	Наименование деталей	Количество стержней на деталь, шт.	Количество стержней на программу, шт
155.00.027-0	Головка	2	41200
132.40.00.117-0	Кронштейн	1	20600
ЭО-5122А.0428	Корпус	2	41200
T05-17.02.505	Фланец	3	61800
T05-17.02.525	Корпус	1	20600
T45-17.01.011	Стакан передний	1	20600
T55-34.01.205	Опора	2	41200
T55-34.01.215	Гильза	2	41200
T55-34.21.031	Корпус	3	61800
H13.377.13.002	Патрубок	1	20600
П1.11.00.887	Крышка	1	20600
T55-17.01.215	Стакан	3	61800
ЭО-5122А.0423	Корпус	2	41200
155.00.002-0	Крышка	3	61800
100.30.001-0	Клин	3	61800
155.00.024-0	Крышка задняя	2	41200
T45-16.01.093	Диск нажимной	1	20600
T45-23.00.017	Крышка фильтра	3	61800
T55.4-10.05	Проставка	2	41200
T160-10.02.411	Проставка	3	61800
T45-42.02.025	Корпус ВОМ	4	82400
T55.4-16.00.025	Корпус	4	82400
T45-17.01.025	Корпус	3	61800
		ИТОГО:	1071200

### 3.4 Формовочное отделение

Процесс изготовления форм на автоматической формовочной машине «ASPA1000» BMD GmbH (Германия) обеспечивается предварительным встряхиванием с последующим одновременным встряхиванием и дифференциальным уплотнением. Распределение плотности смеси в форме при уплотнении встряхиванием неравномерное. 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. Вследствие этого причине верхние слои формы имеют малую плотность уплотнения, 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 относится высокий уровень шума при работе встряхивающих машин, значительные нагрузки на фундамент здания. Эти недостатки устраняются при рациональной конструкции формовочных 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 «ASPA1000».

Допрессовка многоплунжерными колодками осуществляется следующим образом. Рабочие полости цилиндров прессовой колодки соединены и образуют сообщающиеся сосуды, заполненные рабочей жидкостью (специальной). 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 на разных участках, а плунжеры меняют свое положение в соответствии с сопротивлением смеси. При этом жидкость перетекает из полости одного цилиндра в другой, и давление остается постоянным. Это обеспечивает течение, а так же 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 при серийном производстве отливок.

Таблица 24 - Техническая характеристика формовочной машины ASPA1000

Показатели	Характеристика
Усилие прессования, кН	2880
Размер опок, мм	1000×800×250/350
Производительность, ф/ч	40 - 60
Время цикла, с	40
Спец. давление прессования, Н/см <sup>2</sup>	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 единиц для верхней и 70 единиц для нижней полуформы, последняя вместе с моделью передается на кантователь полуформы, а с него на механизм вытяжки модели из полуформы. Модель с помощью кантователя моделей поворачивается на 180<sup>0</sup> 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 (переворачивается) и поступает на позицию сборки.

Заливка форм производится из чайникового ковша емкостью 5 т. Разливочный ковш с расплавом 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 1420<sup>0</sup> С, при заливке форм 1340<sup>0</sup> 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;

$F_d$  – действительный фонд времени, ч/год;

$q$  – производительность машины, ф/ч.

Количество форм на выполнение производственной программы рассчитано в таблице 21, данные берем оттуда.

$$n_m = \frac{351917}{(5692,7 - 102,7) \cdot 50} = 1,26 \text{ шт.}$$

Принимаю две формовочные машины «ASPA1000» для выполнения производственной программы.

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{1,26}{2} \cdot 100\% = 63\% .$$

### 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 отливок, тем короче технологический цикл изготовления отливки и больше производительность формовочно–заливочного участка. Но высокая температура выбивки отливок 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 отливок 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 тонн. 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 поверхности отливки.

Характеристика выбивной решетки модели 31211:

- 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 рассчитаем по формуле:

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

где  $N_{\phi}$  – кол-во форм на годовую программу, шт;

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

$q$  – производительность выбивной решетки, шт/ч.

$$N = \frac{351917}{5783,1 \cdot 50} = 1,21 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{1,21}{1} = 0,605.$$

Отливки поступают в очистное отделение цеха для обрубки, очистки и отделки. Эти операции выполняются в определенной 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 (от окалины). 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, резаков. Обрубку отливок осуществляют пневматическими рубильниками и молотками.

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

Таблица 25 - Характеристики галтовочного барабана периодического действия модели БГП-3

Параметр	Показатель
Объем барабана, м <sup>3</sup>	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;

$\Phi_0$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$q$  – производительность галтовочного барабана, т/ч.

$$N = \frac{12800}{5783,1 \cdot 3,0} = 0,73 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,73}{1} = 0,73.$$

Конструкция барабана БГП-3 отличается оригинальным устройством футеровки, позволяющим значительно улучшить виброизоляцию и шумопоглощение, повысить эффективность галтовки, непосредственно выгрузки. Крышка загрузочного люка барабана оснащена быстросъемным

надежным запором. Барабан оборудован электрическим тормозом и фиксатором. Пылеудаление из барабана производится посредством пылевого вентилятора. Электропривод дополнительно имеет функции вращения барабана на малой скорости и реверса. Производительность барабана 3 тонны в час [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 модели 42834 предназначена для очистки чугуновых и стальных отливок, поковок, штамповок в цехах и участках с единичным, мелкосерийным и серийным производством.

Таблица 26 – Технические параметры дробеметной камеры модели 42834

Техническая характеристика	42834
Назначение	очистка
Производительность при очистке на подвеске отливок из серого чугуна: т/ч, не менее	
-при работе с одной дверью	3,8
-при работе с двумя дверьми	5,5
Грузоподъемность грузонесущего устройства, кг	
-подвески	630
-стола	630
-колокола	400
Габаритные размеры очищаемой отливки, мм	
-на подвеске (диаметр x высоту)	800×1100
-на столе (диаметр x высоту)	1200×650
-в колоколе (объемная диагональ)	400
Масса дроби, выбрасываемая дробеметными аппаратами, кг/мин, не менее:	
- при обработке деталей на подвеске	500
- при обработке деталей на столе и в колоколе	250
Объем отсасываемого воздуха, куб. м/ч	12300
Установленная мощность электродвигателей, кВт	48,2
Габаритные размеры камеры, мм	
-длина (с одной дверью)	3900
-длина (с двумя дверьми)	5625
-ширина	4850
-высота	5530
Масса камеры, т	12,6
Тип дробеметных аппаратов/Количество	42115/1 42125/1
Марка и фракция дроби, ГОСТ 11964-810	ДСЛ 0,5-3,6

По технологии в камере можно очищать тонкостенные, подверженные бою и деформации, изделия. Отливки, перед поступлением в камеру, должны быть освобождены от земли и стержней.

Камера имеет одну или две двери, 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 и отливок, подлежащих очистке [11].

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;

$\Phi_0$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$q$  – производительность дробеметных камер, т/ч.

$$N = \frac{12800}{5783,1 \cdot 3,8} = 0,6 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,6}{1} = 0,6 .$$

Готовые отливки подвергаются окончательному контролю качества. 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 складываются на складе, а затем отгружаются потребителям. Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются в цех на переплав (возврат собственного производства).

Низкотемпературный отжиг применяют для снятия внутренних напряжений для чугуна, 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:

$$n = \frac{N \cdot k_n}{\Phi_{до} \cdot q} \quad (28)$$

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:

$$n = \frac{12800}{5783,1 \cdot 3,0} = 0,73.$$

Таблица 27 - 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 3/9М	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 технологического процесса на каждом этапе изготовления. На качество отливки оказывает влияние качество заливаемого металла, которое зависит от состава шихты. Шихтовые материалы должны соответствовать сертификату. Химический состав чугуна должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

Температура заливаемого металла 1380-1400<sup>0</sup>С. 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 (ОТК). На годных отливках ставится клеймо БТК (ОТК), и отправляют в механический цех для проведения механической 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 литейном 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 три 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 15 т, которые предназначены для транспортировки форм и заливки форм жидким металлом, а также для ремонтных мероприятий.

Проектируемый 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 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, и 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).

### 3.7 Сводная ведомость оборудования

Таблица 28 – Сводная ведомость оборудования

Наименование отделения	Наименование оборудования	Марка оборудования	Произв. программа	Производительность оборудования	Потребность в машинах, шт		Кз, %
					Расч	Прин	
Плавленное	Плави́льная печь	ИЧТ-5/2,0	18077,7 т	2,0 т/ч	1,95	3	65
Смесеприготовительное	Смеситель	1А12М	164521 т/ч	15 т/ч	1,94	3	64
Стержневое	Стержневая машина	Laempe L10	1071200 стр	90 стр/ч	2,12	3	71
Формовочное	Формовочная машина	ASPA1000	351917 ф	50 ф/ч	1,26	2	63
Термообрубное	Выбивная решетка	УВЗ	351917 ф	50 ф/ч	1,21	2	61
	Дробеметная камера	42834	12800 т	3,8 т/ч	0,6	1	60
	Термическая печь	ПВП-3/9М	12800 т	3,0 т/ч	0,73	1	73
	Галтовочный барабан	БГП-3	12800 т	3,0 т/ч	0,73	1	73

## 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 Нижнего Тгила. 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 минимуму вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда рабочих. Все известные технологические процессы производства чугуна, а также процессы, 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 12800 т годового 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, вибрацией и шумом.

Стержневой участок. Все операции на этом участке сопровождается выделением продуктов испарения связующих. Выделением пыли.

Смесеприготовительный участок. При изготовлении смесей в смесителях 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 рабочих является обеспечение нормальных метеорологических условий в рабочих помещениях цеха.

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 29 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 на работающих 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 цеха 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 окружающей среды. 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 (минеральной) водой из расчета 4-5 л/чел в смену.

Таблица 30 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 28) 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 (или очищенного) воздуха.

В проектируемом чугунолитейном цехе применяется естественная и принудительная вентиляция. По назначению вентиляция подразделяют на приточную и вытяжную. По способу организации воздухообмена различают местную и общеобменную (общую) вентиляцию.

Общеобменная вентиляция обеспечивает удаление вредных веществ из всего объема помещения. Местная вентиляция обеспечивает замену воздуха в месте его загрязнения, что исключает распространение вредных веществ по всему помещению.

Местная вентиляция, по сравнению с общеобменной, требует значительно меньше затрат на устройство и обслуживание.

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

Воздухозаборные устройства приточной вентиляции устанавливаются с наружи 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 следующие нормы: 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 цеха должна быть больше или равна установленной санитарными нормами освещенности.

На практике в литейном цехе 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 (окна), 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 освещения.

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 глубокоизлучатель) по формуле

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

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

$E$  - освещенность, лк;

$Z$  - коэффициент минимальной освещенности;

$K_{\text{н}}$  - 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,  $\text{м}^2$ ;

$h$  - высота подвески светильников, м;

$A, B$  - стороны помещения, м.

$$i_{л} = 864 / 10 \cdot (41 + 21) = 1,3$$

Индекс литейного участка занимаемого площадью 864 м<sup>2</sup> и с принятой расчетной освещенностью 200 лк составляет 1,3. Количество ламп в цехе 58 шт.

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

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

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

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

Необходимо регулярно проводить очистку остекленных проемов (окон) 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 в литейном цехе 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 рабочих, понижает общую сопротивляемость организма заболеваниям, приводит к снижению производительности труда, способствует возникновению несчастных случаев и брака на производстве. При систематическом воздействии на человека 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 литейного цеха, 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 на человека 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 на работающих 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 минут, 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 чугуно-литейном 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 проектируемого цеха относится к категории особо опасных производственных помещений, так как для него характерно наличие токопроводящей пыли и полов [22].

Электробезопасность в 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 работающего 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 емкость 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 обучения и сдачи 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 разливание металла из ковшей и вследствие невнимательного и халатного отношения обслуживающего персонала.

В случае пожара необходимо обеспечить эвакуацию людей. В литейном 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 должны быть следующими: «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 работающих.

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 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Проблема защиты окружающей среды является одной из наиболее важных проблемой многих стран мира. Загрязнение атмосферы уже сейчас угрожает существованию растительной и животной жизни на планете.

Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу индустриально-развитых стран могут повлечь за собой самые серьезные последствия. Поэтому для сохранения природного равновесия, нужны организованные действия по защите окружающей среды.

Современное металлургическое предприятие это сложный производственный комплекс, включающий множество разнообразных цехов, а иногда и отдельных заводов, которые могут значительной мере загрязнить водный и воздушный бассейн окружающего района.

Избежать этого полностью при существующей технологии невозможно. Поэтому законодательством России предусмотрена санитарная охрана окружающей среды, т.е. система мероприятий направленных на обеспечение необходимой чистоты водного и воздушного бассейнов и поддержание ее на уровне, безопасном для жизни и здоровья человека.

Продуктивными мерами по снижению загрязнения окружающей среды, являются: применение ресурсо и энергосберегающих технологий в производстве; использование вторичных ресурсов; развитие безотходных и малоотходных технологий; применение очистных установок и сооружений.

На предприятиях нашего города неудовлетворительно выполняется природоохранное законодательство. Однако в последние время, следует заметить положительный сдвиг в вопросах об охране окружающей среды [27].

Загрязнение воздушного бассейна Нижнего Тагила обусловлено присутствием в атмосфере взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, с уровнем содержания выше нормы. В атмосферном воздухе, кроме основных загрязняющих веществ присутствуют такие загрязняющие вещества, как бензапирен, формальдегид, фенол, аммиак, сероводород, сероуглерод, фториды и легколетучие органические соединения. Предприятия города, такие как АО «Уралвагонзавод», ОАО «Евраз», АО «ВГОК» вносят вклад в загрязнение атмосферного воздуха на 94,1% [27].

Проблему охраны окружающей среды в литейном производстве необходимо решать комплексно: разрабатывать и использовать в

производстве малотоксичные материалы, создавать на всех участках литейного цеха устройства по реализации и обезвреживанию газовыделений, эффективнее использовать материальные и топливно-энергетические ресурсы путем регенерации и утилизации отходов, не утилизируемые отходы складировать в отвалах, с наименьшим ущербом для окружающей среды.

### 5.1 Характеристика базового проекта

В существующем цехе основными источниками, загрязняющими окружающую среду являются плавильные печи, бегуны, формовочные и стержневые машины, сушильные печи и участок выбивки.

Сравнительный анализ выбросов и характеристики базовой печи и вновь устанавливаемой представлены в таблице 31.

При замене печи с печи ДСП–5 на ИЧТ 5/2,0 мы получаем не только более высокую производительность труда, но при этом расход электроэнергии уменьшается.

Выделение пыли уменьшается в три раза, а уровень шума снижается более чем на 10%. Угар металла снижается в два раза.

Таблица 31 - Анализ выбросов

Показатели	ДСП-5	ИЧТ 5/2,0
Пыль, мг/м <sup>3</sup>	23,2	11,4
Шум, дБ (общий уровень)	93	79
Расход электроэнергии на 1 тн жидкой стали общий/по расплавлению, кВт·ч	880/535	710/450
Производительность по жидкому металлу, т/ч	4,6	4,16
Средняя продолжительность по плавкам, ч	1,32	1,08
Угар металла общий, %	7-7,5	3,5-5
Количество проб в течение плавки, ед	4-5	2-4
Количество шлака на плавку, т	0,31	0,16

В базовом проекте использование воды не предполагало возвращать ее для повторного использования. Техническую воду использовали для нужд производства, далее очищали и сбрасывали в стоки.

В проектируемом цехе по сравнению с базовым снижается содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до предельно допустимых концентраций (ПДК).

Основными источниками, загрязнений являются: очистной барабан, бегуны, место пересыпки земли, выбивная решетка.

Таблица 32 - Содержание вредных примесей на участке стального литья [13]

Наименование вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Фактическое содержание мг/м <sup>3</sup> (базовый)	Фактическое содержание мг/м <sup>3</sup> (проект)
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> (более 70%)	1	3	0,5 - 0,9	0,3 - 0,4
Mn и его окислы	0,3	1	0,2 – 0,31	0,1 – 0,15
Углерода оксид	20	4	9,2-12,3	4,2-5,3
Диалюминия триоксид	20	4	8,4-11,5	6,4-7,5
Кремния диоксид	20	4	11,5-12,7	5,5-7,7

В проектируемом цехе образуются следующие виды отходов:

- отработанные масла;
- промасленные отходы (ветошь, песок);
- отработанные формовочные смеси;
- шлак;
- мешки бумажные (из-под графита и талька);
- огнеупорный лом;
- деревоотходы модельной мастерской;
- мусор от уборки территории цеха ;
- бытовые отходы;
- лом цветных металлов.

Отработанные масла в литейном цехе используются для смазки станков в механической мастерской, в редукторах (на транспортёрах, бегунах, кранах и т.д.), формовочных машинах, гидростанция машины литья под низким давлением работает на масле. Отработанные масла сливаются в специальный бак, который находится на шихтовом дворе. Затем масло сдаётся на регенерацию на маслосклад.

В цехе имеется 4 масляных трансформатора. Один трансформатор, находящийся в модельной мастерской, обслуживается цехом сетей и подстанций. Остальные трансформаторы расположены в цехе. Трансформаторы периодически пополняются свежим маслом. Отработанного масла не образуется.

Промасленные отходы – ветошь, песок складываются в специальные ящики , которые вывозятся в шлаковый отвал, где при сливе жидкого шлака сгорают.

Отработанные формовочные смеси образуются при производстве литья в песчано-глинистые смеси и холодно-твердеющие смеси. Отработанные

формовочные смеси частично идут в оборот, остальные отправляются в отвал.

Шлак – образуется при выплавке чугуна в печах. Жидкий шлак сливается в шлаковни. После затвердевания его перекадывают в специальные металлические коробки, затем в думпкары и вывозят на шлаковый отвал.

Лом чугуна – брак литья, стояки, питатели, прибыли и т. д. полностью идет на переплавку (возвраты собственного производства).

Огнеупорный лом – образуется при ремонте тигельных печей, при замене футеровки ковшей. Огнеупорный лом засорен шлаком, и поэтому в думпкарах его вывозят на шлаковый отвал.

Деревоотходы модельной мастерской - опил, стружки, обрезь. В мастерской две аспирационные установки. Очистка воздуха двухступенчатая. Из пылевой камеры засоренные опилки вместе с мусором от уборки мастерской и стружками железнодорожным транспортом вывозятся на отвал.

## 5.2 Экологическая эффективность проекта при достижении поставленной задачи

Основной задачей данного проекта является организация технологического процесса изготовления отливок из серого чугуна с годовым выпуском 12800 т/год. В проектируемом цехе заложено:

- использование электрических сталеплавильных печей ИЧТ 5/2,0 обеспечивающих проектную производительность по металлу (печи имеют пониженное газовыделение по сравнению с печами марки ДСП, уменьшается расход огнеупоров, плавка металла ведется с удалением отходящих газов при помощи дымососов);

- изготовление форм осуществляется на формовочной машине с использованием песчаного болвана вместо стержня (это значительно сокращает потребление исходных формовочных материалов (песков, глин, различных добавок), энергоресурсов, необходимых на изготовление стержней);

- приготовление смеси и выбивка форм являются самыми пыльными операциями на формовочном участке. Все ленты, места пересыпок герметично укрыты вытяжной вентиляцией. Воздух от пыли смесеприготовительного отделения очищается циклоном СЦН – 40\*1000 с коэффициентом очистки до 85%.

Для очистки воздуха от пыли поступающего с участка выбивки в литейном цехе установлен циклон типа СИОТ с коэффициентом очистки 74%. Он отличается от циклона СЦН – 40\*1000 тем, что он выполнен с удлиненной цилиндрической частью, с глубоко введенной выхлопной трубой, на которой установлена раскручивающая улитка.

После циклона воздух поступает в рукава фильтра, где происходит его окончательная очистка.

- очистка поступающих жидких отходов принята реагентная с отстоем механических примесей (жидкие отходы самотеком поступают в бак – нейтрализатор с 5 % раствором серной кислоты; далее, через горизонтальный отстойник, вода поступает вновь для нужд производства как оборотная); в таблице 33 приведен средний удельный расход воды.

- уменьшение выброса тепловой энергии в атмосферу достигается применением систем подогрева воздуха приточной вентиляции отходящими газами.

Таблица 33 - Средний удельный расход воды

Оборотная вода	Свежая вода из источника	Безвозвратные потери	Сточные воды
43 м <sup>3</sup>	3,2 м <sup>3</sup>	2,1 м <sup>3</sup>	0,15 м <sup>3</sup>

При проектировании литейного цеха производительностью 28000 т/год были учтены и реализованы мероприятия по достижению экологичности производства:

- применены плавильные печи ИЧТ 5/2,0, которые в меньшей степени загрязняют атмосферу и позволяют экономить за счет более низкого энергопотребления до 27 млн. рублей в год;

- существует экономия энергоресурсов и природных ресурсов;

- техническая вода используется как оборотная;

- твердые отходы утилизируются.

- выбросы в окружающую среду уменьшаются на 25% за счет установки современного оборудования.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 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.

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

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

$F_{\delta}$  – действительный фонд времени работы персонала, ч.

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

Календарный фонд времени работы персонала  $F_k$  :

$$F_k = D_k \cdot T_{см}, \quad (34)$$

где  $D_k$  – число дней в году;

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

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

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

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

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

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

Действительный фонд времени  $F_d$

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

где  $\alpha$  - процент потерь времени по причине болезни и отпусков, 16%;

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

Баланс рабочего времени одного работника представлен в таблице 34.

Таблица 34 – 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 35, 36, 37.

Таблица 35 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуж, чел	Кол-во агрегатов, шт	Кол-во рабочих		К <sub>сп</sub>	
					Явочное		Спис	К сп
					В сутки	В см		
Плавильное отделение								
Сталевар	5	3	1	3	9	3	11	1,19
Подручный сталевара	5	3	1	3	9	3	11	1,19
Выбивщик	4	3	1	3	9	3	11	1,19
Шихтовщик	3	3	1	3	9	3	11	1,19
Огнеупорщик	3	3	1	3	9	3	11	1,19
Итого:	-	-	-	-	45	15	55	1,19
Формовочное отделение								
Сборщик форм	3	3	2	2	12	4	14	1,19
Формовщик	4	3	2	2	12	4	14	1,19
Формовщик	5	3	2	2	12	4	14	1,19
Итого:	-	-	-	-	36	12	42	1,19
Стержневое отделение								
Стерженщик	5	3	2	3	18	6	20	1,19
Итого:	-	-	-	-	18	6	20	1,19
Смесеприготовительное отделение								
Земледел	4	3	2	3	18	6	20	1,19
Итого:	-	-	-	-	18	6	20	1,19
Термообрубное отделение								
Выбивщик	3	3	2	2	12	4	14	1,19
Газорезчик	4	3	2	1	6	2	8	1,19
Обрубщик	3	3	2	3	18	6	20	1,19
Итого:	-	-	-	-	36	12	42	1,19
Всего:	-	-	-	-	153	51	179	1,19

Таблица 36 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Кол-во рабочих			К <sub>сп</sub>
			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 37 – 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
<b>ИТР</b>				
Начальник цеха	1	37000	42550	510600
Зам.нач.	2	26500	30475	731400
Зам.нач. по кадрам	1	26500	30475	365700
Зам.нач. по сбыту прод.	1	26500	30475	365700
Начальник техбюро	1	19300	22195	266340
Технолог	2	12000	13800	331200
Старший мастер	4	13000	14950	717600
Экономист	2	9500	10925	262200
Механик	1	18000	20700	248400
Энергетик	1	18000	20700	248400
Итого:	16	-	237245	4047540
<b>Служащие</b>				
Нормировщик	2	7100	8165	195960
Бухгалтер	2	8400	8510	204240
Табельщик	3	5900	4485	161460
Секретарь	1	6100	4715	56580
Итого:	8	-	25875	618240
<b>МОП</b>				
Уборщица	3	4800	5520	198720
Сатураторщик	3	3800	4370	157320
Итого:	6	-	9890	356040
Итого по цеху:	30	-	273010	5021820

Таблица 38 – Структура трудящихся цеха

Категория персонала	Количество, чел.	Количество работающих от общей численности, %
Рабочих основных	179	61,09
Рабочих вспомогательных	84	28,67
Рабочих всего	263	89,76
ИТР	16	5,461
Служащие	8	2,73
МОП	6	2,048
Итого	293	100

Таблица 39 – Штатное расписание рабочих

Профессия	Кол-во рабочих	В том числе по разрядам				
		1	2	3	4	5
Сталевар	11					11
Подручный сталевара	11					11
Выбивщик	11				11	
Шихтовщик	11			11		
Огнеупорщик	11			11		
Сборщик форм	14			14		
Формовщик линии изготовления форм	28				14	14
Оператор -стерженщик	20					20
Земледел	20				20	
Чистильщик	14			14		
Газорезчик	8				8	
Обрубщик	20			20		
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	263	0	13	100	83	67

## 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 повременно – 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.

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

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

Среднюю тарифную ставку вспомогательных рабочих определим аналогично. Исходные данные для расчетов берем в таблице 39.

Таблица 40 – 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:

$$T_{cp} = (24,1 \cdot 22 + 23,6 \cdot 11 + 23,1 \cdot 22) / 55 = 23,6 \text{ руб.}$$

формовочное отделение:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 14 + 22,7 \cdot 14 + 21,6 \cdot 14) / 42 = 22,4 \text{ руб.}$$

стержневое отделение:

$$T_{cp} = 22,9 \cdot 20 / 20 = 22,9 \text{ руб.}$$

смесепрготовительное отделение:

$$T_{cp} = 22,7 \cdot 20 / 20 = 22,7 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение:

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

Средняя тарифная ставка вспомогательных рабочих

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

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.

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

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:

$$Z_{осн} = 23,6 \cdot 55 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 12333466,2 \text{ руб.}$$

формовочное отделение:

$$Z_{осн} = 22,4 \cdot 42 \cdot 1667 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 8939387,52 \text{ руб.}$$

стержневое отделение:

$$Z_{осн} = 22,9 \cdot 20 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 4351870,2 \text{ руб.}$$

смесепрготовительное отделение:

$$Z_{осн} = 22,7 \cdot 20 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 4313862,6 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение:

$$Z_{осн} = 23,2 \cdot 42 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 9256750,98 \text{ руб.}$$

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 41– Годовой ФЗП основных и вспомогательных рабочих

Категории работающих	Сумма, руб.
Плавильное отделение	12333466,2
Формовочное отделение	8939387,52
Смесеподготовительное отделение	4313862,6
Стержневое отделение	4351870,2
Термообрубное отделение	9256750,98
Вспомогательные рабочие	13128025,08
Итого:	52323362,58

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 42.

Таблица 42 – Годовой фонд заработной платы по цеху

Категории работающих	Сумма, руб.
Основные рабочие	43 506 824,63
Вспомогательные рабочие	14 572 107,84
ИТР	4 492 769,40
Служащие	686 246,40
МОП	395 204,40
Итого:	63 653 152,66

### 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.

$$\text{ФМП} = \text{З}_{\text{год}} \cdot 0,1 = 43\,506\,824,63 \cdot 0,1 = 4\,350\,682,463 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 4\,492\,769,40 \cdot 0,2 = 898\,553,88 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 686\,246,40 \cdot 0,2 = 137\,249,28 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 4\,350\,682,463 - 898\,553,88 - 137\,249,28 = 5\,329\,512,11 \text{ руб}$$

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

$$43\,506\,824,63 / 63\,653\,152,66 = 0,68 \text{ руб}$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 43\,506\,824,63 \cdot 0,68 = 9\,960\,011,62 \text{ руб}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 14\,572\,107,84 \cdot 0,68 = 13\,740\,307,48 \text{ руб}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 395\,204,40 \cdot 0,68 = 270\,121,55 \text{ руб}$$

Среднемесячная зарплата с премиями из ФМП составит:

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

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

$$ЗП_{\text{ср/м осн}} = (43\,506\,824,63 + 297\,368\,427,71) / 12 \cdot 179 = 35212,5069 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м вСП}} = (14\,572\,107,84 + 996\,0011,62) / 12 \cdot 84 = 23852,3363 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м ИТР}} = (4\,492\,769,40 + 898\,553,88) / 12 \cdot 16 = 26427,5811 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м сл}} = (686\,246,40 + 137\,249,28) / 12 \cdot 8 = 8578,08 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м МОП}} = (395\,204,40 \cdot ((1+0,25+0,1+0,2) \cdot 1,15) + 270\,121,55) / 12 \cdot 6 = 4086,52 \text{ руб.}$$

Сводный план по труду и заработной плате представлен в таблице 43.

Таблица 43 – Сводный план по труду и заработной плате

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Объем производства	т	12800
Численность: основных рабочих	чел.	326
вспомогательных рабочих	чел.	111
ИТР	чел.	19
служащих	чел.	8
МОП	чел.	10
Выработка продукции на одного работающего	т/чел.	73,2
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	137751326,9
вспомогательные рабочие	руб.	31771311,96
ИТР	руб.	6025488,48
служащие	руб.	823495,68
МОП	руб.	1794192,199
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП:		
основные рабочие	руб.	34098,54
вспомогательные рабочие	руб.	24337,42
ИТР	руб.	28079,81
Служащие	руб.	8578,08
МОП	руб.	4086,52

#### 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 44.

Таблица 44 – Отчисления по ЕСН по фонду оплаты труда

Категория работающих	ФЗП, руб.	Отчисления, руб.				Отчисления ЕСН, руб.
		ПФ	Фонд соцстраха	ОМС	Травматизм	
Основные рабочие	73243667,34	16113606,8	2124066,4	3735427,03	146487,33	22119587,54
Вспомогат. рабочие	24532119,46	5397066,28	711431,46	1251138,09	49064,239	7408700,076
ИТР	5391323,28	1186091,12	156348,38	274957,487	10782,647	1628179,631
Служащие	823495,68	181169,05	23881,375	41998,2797	1646,9914	248695,6954
МОП	1021009,914	224622,181	29609,288	52071,5056	2042,0198	308344,9941
Итого	105011615,6	23102555,4	3045336,8	5355592,39	210023,23	31713507,93

### 6.5 Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений

Стоимость основных фондов включают:

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

Ориентировочно стоимость здания литейного цеха принимается 2500 руб./м<sup>3</sup>.

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, 2,5 тыс руб/м<sup>3</sup>.

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 45.

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

Таблица 45 – 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.
				%	Σ, руб.				
Здание и сооружения	25000 м <sup>3</sup>	-	2,5	-	-	37500	37500	2	750
Сталеплавильная печь	ИЧТ-5/2,0	3	20000	10	2000	22000	66000	7	4620
Формовочная машина	ASPA1000	2	10000	10	1000	11000	22000	10	2200
Смеситель	1A12M	3	8000	10	800	8800	26400	10	2640
Стержневой автомат	LAEMPE L10	3	15000	10	1500	16500	49500	10	4950
Выбивная решетка	31211	2	9500	10	950	10450	20900	10	2090
Дробеметная камера	42834	1	12000	10	1200	13200	13200	10	1320
Галтовочный барабан	БГП-3	2	1400	10	140	1540	3080	10	308
Термическая печь	ПВП5,5/9	1	1600	10	160	1760	1760	10	176
Итого:	-	-	-	-	-	-	240340	-	19054
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	144204	10	14420,4
Оснастка	-	-	-	-	-	-	49,81	50	24,905
Прочее оборудование	-	-	-	-	-	-	60085	10	6008,5
Итого	-	-	-	-	-	-	204338,8	-	20453,81
Всего	-	-	-	-	-	-	444678,8	-	39507,81

Таблица 46 – Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, тыс руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	2 403,40	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	12 017,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение	588,80	46 руб за одну тонну годного литья
Износ оборудования	588,80	46 руб за одну тонну годного литья
Прочие расходы	44 467,88	10 % от общей суммы расходов
Итого:	60 065,88	-

## 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 47 представлена смета цеховых расходов.

Таблица 47 – Смета цеховых расходов

Статьи затрат	Затраты 1 т литья, руб.	Сумма затрат на всю программу, руб.
1. Затраты на оплату труда	8204,03247	105 011 615,67
2. Отчисления ЕСН	2477,61781	31713507,93
3. Амортизация здания, инвентаря	3086,54727	39507805
4. Затраты на научную работу, рационализаторство, (8 % от п.1)	656,322598	8400929,254
5. Расходы на охрану труда (10% от п.1)	820,403247	10501161,57
6. Стоимость вспомогательных материалов	559,746094	7164750
Итого:	15804,6695	202 299 769,42
Прочие расходы (10% от общих расходов)	1580,46695	20229976,94
Цеховые расходы:	17385,1364	222 529 746,37

## 6.7 Техничко-экономические показатели

Фондоотдачу  $\Phi O$  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.

$$\Phi o = \frac{191612800}{444678800} = 0,43 \text{ руб./руб.}$$

Таблица 48 – 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	1,607	2900	4662,38	59678456,6
ВСП	0,567	3450	1958,62	25070384,6
Угар	0,04	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1,00	-	3451	44172800
Оплата труда основных рабочих	-	-	8204,03	105011616
ЕСН	-	-	2477,62	31713507,9
Электроэнергия, кВтч	12,5	1	12,5	160000
Природный газ, м <sup>3</sup>	62	0,803	49,786	637260,8
Вода, м <sup>3</sup>	40,1	2,5	100,25	1283200
Сжатый воздух, м <sup>3</sup>	13	130,5	1696,5	21715200
Расходы на подготовку производства	-	-	4045,7	51784960
Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования	-	-	176,8	2 263 040,00
Отчисления на амортизацию оборудования	-	-	3086,54	39507805
Основная себестоимость	-	-	29921,73	382998231
Цеховые расходы	-	-	17385,13	222529746
Цеховая себестоимость	-	-	47306,87	302197500
Общезаводские расходы	-	-	1507,2	19292160
Производственная себестоимость	-	-	13195,1	168897280
Непроизводственные расходы	-	-	267,45	3423360
Полная себестоимость	-	-	62276,6232	191612800

Фондоемкость находим по формуле

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

$$\Phi O = \frac{1}{0,43} = 2,32 \text{ руб} / \text{руб.}$$

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

- обеспечение безубыточности и получение прибыли;
- установление цены исходя из ценности товара;

- ориентация на издержки производства.

Рассчитаем цену 1 тонна литья по формуле при учете доходов 30%.

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (47)$$

$$П = 1,3 \cdot 62276,62 = 80959,61 \text{ руб.}$$

Примем цену за 1 тонну годного литья 85000 руб. При объеме производства 12800 тонн литья в год доход от продаж составит 1 088 000 000 руб. Прибыль найдем по формуле:

$$П = Д - С, \quad (48)$$

где Д – доход, руб.

$$П = 1\,088\,000\,000 - 191\,612\,800 = 896\,387\,200 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле

$$Ток = \frac{Кз}{Эф}, \quad (49)$$

$$Ток = \frac{444678800}{896387200} = 0,5г.$$

Определим рентабельность проекта:

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

$$Р = \frac{896387200}{191612800} \cdot 100\% = 21,36\% .$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 49.

Таблица 49 – Технико-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	12800
Численность работающих всего, чел	293
в том числе: основных	179
вспомогательных	84
ИТР	16
служащих	8
МОП	6
Фонд основной заработной платы, тыс руб	105 011,615
Капитальные вложения, тыс руб	444 678,8
Себестоимость тонны годного, руб	62 276,62
Рентабельность, %	21,36
Прибыль, тыс руб	896 387,2
Срок окупаемости, г.	0,5

## 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 12800 тонн отливок в год отвечает предъявленным к нему требованиям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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. ТУ 3183-061-01124328-2003. Клин фрикционный из серого чугуна для тележек грузовых вагонов. Технические условия. Введ. 01.01.2007. – М.: ВНИИЖТ 2003. 53с.
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.
19. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Введен 01.07.91.
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 17.07.1979. № 2582.
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.
24. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. Введен 14.06.91 № 875
25. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы. Введен в действие постановлением Госстроя СССР № 18 от 24 апреля 1991 г.
26. ГОСТ 12.4.009-90 Пожарная техника для защиты объектов основные виды, размещение и обслуживание. Дата введения 01.01.1990 г.
27. Ссылка <http://www.ecoguild.ru/regions/sverdlovsk/index.htm>.
28. Ссылка [http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030\\_0.html](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.

