

ТИТУЛЬНЫЙ

ЗАДАНИЕ

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 98 листов машинописного текста, 2 рисунка, 45 таблиц, 36 источников литературы, 1 приложение, графическую часть на 6 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса изготовления отливок из углеродистых сталей с годовым выпуском 12 тыс. тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

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

					ДП.22.03.02.913ПЗ			
					Проект литейного цеха по изготовлению отливок из стали с производительностью 12000 тонн в год	<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>Фофанов</i>						
<i>Провер.</i>		<i>Бекетова</i>						
<i>Т. контроль</i>						<i>Лист</i> 3	<i>Листов</i> 98	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Категоренко</i>			Пояснительная записка	ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-41 сЛП		
<i>Утв.</i>		<i>Гузанов</i>						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА.....	8
1.1. Режим работы цеха	8
1.2. Производственная программа	9
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
2.1. Выбор способа производства отливки.....	11
2.2. Характеристика литой детали и ее условия службы.....	12
2.3. Материал отливки и его свойства	13
2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия	14
2.4.1. Формовочные смеси	14
2.4.2. Стержневая смесь	16
2.4.3. Литейные покрытия.....	18
2.5. Модельно литейная оснастка.....	20
2.6. Определение количества стержней и их размеры	22
2.7. Литейная форма и стержни.....	23
2.7.1. Изготовление полуформ.....	24
2.7.2. Изготовление стержней из ХТС	26
2.8. Сборка и заливка формы	27
2.8.1. Определение размеров опок	28
2.9. Припуска на механическую обработку	29
2.10. Расчет литниковой системы.....	31
2.10.1. Расчет литниково-питающей системы	31
2.11. Выбивка, обрубка, очистка	34
2.12. Термообработка.....	34
2.13. Контроль	35
2.14. Виды брака.....	36
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ.....	39
3.1. Плавильное отделение.....	39
3.1.1. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи.....	41
3.1.2. Расчет количества печей	45
3.1.3. Расчет количества ковшей	46
3.1.4. Расчет шихты для стали 25Л.....	47
3.2. Смесеприготовительное отделение	48
3.2.1. Расчет смесителей для формовочной смеси	50
3.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение	51
3.3.1. Расчет количества формовочных линий	55

3.4. Стержневое отделение.....	57
3.4.1. Расчет стержневых машин.....	58
3.5. Термообрубное отделение	59
3.6. Внутрицеховой транспорт.....	61
3.7. Сводная ведомость оборудования.....	61
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	62
4.1. Безопасность труда	62
4.1.1. Характер труда.....	63
4.1.2. Условия труда	64
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА	73
5.1. Глобальные экологические проблемы.....	73
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.....	74
5.3. Основные требования экологизации проекта	76
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.....	77
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	79
6.1. Расчет численного состава рабочих.....	79
6.2. Организация и планирование заработной платы.....	83
6.3. Разработка системы стимулирования трудовой деятельности ...	86
6.4. Отчисления единого социального налога	87
6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений.....	88
6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	95
ПРИЛОЖЕНИЕ А	98

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство - это основная заготовительная база, определяющая возможности дальнейшего развития многих отраслей народного хозяйства. Значение литейного производства для народного хозяйства страны и в первую очередь для машиностроения очень велико. Средняя удельная масса литых деталей в продукции машиностроения составляет 40%, а в некоторых видах машин до 70–80% от общего веса.

Из всего объема отливок более 80% изготавливаются в разовых формах, свойства которых определяют качество отливок. В связи с этим изучение материалов, используемых для изготовления формовочных и стержневых смесей, а так же понимание теоретических основ формирования их свойств, и в первую очередь прочностных, являются основой для правильного проектирования литейной технологии и обеспечения высокого качества литых деталей.

Цех крупного стального литья состоит из ряда участков и отделений таких, как:

- смесеприготовительное отделение;
- формовочное отделение;
- стержневое отделение;
- термообрубное отделение;
- плавильное отделение (вновь создаваемое);
- заливочное отделение.

Цех и его литейные участки по типу производства относятся к крупносерийному типу производства. Цех специализируется на выпуске стального литья весом от 10 до 200 кг. Основные марки стали 20Л, 25Л по ГОСТ 977-88 [1].

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

Проектируемый цех относится к сталелитейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения. Мощность цеха 12 тыс. тонн годных отливок в год. В соответствии с

производственной программой было выбрано и рассчитано оборудование, с помощью которого можно достичь заданной производительности цеха.

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

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

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.

Выбивка, очистка, обрубка и контроль отливок является завершающими технологическими операциями получения годных отливок, качество выполнения которых сказывается большое влияние результаты обработки литых заготовок в механообрабатывающем цехе.

1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА

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.

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

Литейный цех работает по пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене.

Действительный фонд времени Фд определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Календарный фонд времени определяется по формуле:

$$Ф_k = Д_k \cdot Т_c, \quad (1)$$

где $Д_k$ – число календарных дней в году;

$Т_c$ – число рабочих часов в смене, ч.

$$Ф_k = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ ч}$$

Номинальный фонд времени определяется по формуле:

$$Ф_n = (Д_k - Д_v - Д_{пр}) \cdot Т_c \cdot К_{см}, \quad (2)$$

где $Д_v$ – число выходных дней в году;

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

$К_{см}$ – режим сменности.

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

Действительный фонд времени определяется по формуле:

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

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

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

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

Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

где α – потери времени на плановый ремонт, %;

F_n - номинальный фонд времени работы оборудования, ч.

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

Таблица 1- Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	F_n	α	Расчет F_d	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

1.2. Производственная программа

Производственная программа является исходным документом для планирования выпуска продукции. Она определяет режим работы цеха. На данные производственной программы мы опираемся при расчете основного оборудования цеха, в данном случае - плавильного отделения.

Для проектирования формовочного отделения составляем производственную программу. Данные представлены в таблице 2. Годовой выпуск литья с учетом ремонтного литья и поставок запасных частей составил 12000,24 т. Вес жидкого металла составляет 17801,9576, для дальнейших расчетов примем 12000 т годного и 17802 т жидкого металла.

Таблица 2 - Производственная программа

Массовая группа	Наименование отливки	Сплав	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС и прибыльями, кг	Общее количество отливок на программу, шт	Брак механ. цеха, шт	Брак литья, шт	Общее количество отливок с учетом брака, шт	Масса отливок без ЛПС на годовую программу, т	Масса жидкого металла на программу, т	Коэффициент выхода годного
0-50	Крышка	25Л	29,3	32,3	45,22	5000	250	350	5600	180,88	253,232	71,43
	Корпус	25Л	33,5	36,2	51,766	5000	250	350	5600	202,72	289,8896	69,93
	Букса	25Л	29,7	39,2	54,096	5000	250	350	5600	219,52	302,9376	72,46
	Козырек	20Л	45,6	52,7	73,253	5000	250	350	5600	295,12	410,2168	71,94
	Щит	25Л	41,7	52,3	78,45	5000	250	350	5600	292,88	439,32	66,67
50-100	Втулка	25Л	55,3	65,1	87,885	5000	250	350	5600	364,56	492,156	74,07
	Венец	20Л	62,1	84,4	129,98	5000	250	350	5600	472,64	727,8656	64,94
	Ступица	20Л	71,5	76,4	110,02	5000	250	350	5600	427,84	616,0896	69,44
	Плита	25Л	68,3	72,1	118,24	5000	250	350	5600	403,76	662,1664	60,98
	Погон	20Л	66,7	76,3	115,21	5000	250	350	5600	427,28	645,1928	66,23
100-150	Верхняя половина инжектора	25Л	70	105	165	5000	250	350	5600	588	924	63,64
	Диск	25Л	146,3	154,4	228,51	5000	250	350	5600	864,64	1279,6672	67,57
	Валик	25Л	112,3	113,5	160,04	5000	250	350	5600	635,6	896,196	70,92
	Защита	20Л	127,8	135,8	202,34	5000	250	350	5600	760,48	1133,1152	67,11
	Хомут	20Л	132,9	138,4	190,99	5000	250	350	5600	775,04	1069,5552	72,46
150-200	Клапан	25Л	151,1	159,1	245,01	5000	250	350	5600	890,96	1372,0784	64,94
	Стойка	20Л	159,3	174,1	285,52	5000	250	350	5600	974,96	1598,9344	60,98
	Упор	25Л	171,1	179,2	252,67	5000	250	350	5600	1003,52	1414,9632	70,92
	Рулевая тяга	25Л	185,1	200,3	296,44	5000	250	350	5600	1121,68	1660,0864	67,57
	Тяга	20Л	187,6	196,1	288,27	5000	250	350	5600	1098,16	1614,2952	68,03
Всего:						100000	5000	7000	112000	12000,24	17801,9576	-

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Выбор способа производства отливки

Литейное производство оказывает большое влияние на качественные показатели и надежность современных машин и оборудования. 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.

Значимость литейного производства не уменьшается, а наоборот, увеличивается несмотря на широкое развитие конкурирующих технологий: порошковой металлургии, использование композиционных материалов, сварных и пластически деформированных заготовок, а также модели из пластмасс. Центральное место литейного производства в машиностроении обусловлено рядом его несомненных преимуществ:

- отливки имеют большую степень конфигуративной точности и максимально приближены к деталям, 30% общего выпуска отливок применяются без механической обработки. Безвозвратные потери при литье составляет 7-9%, а при применении поковки 13-15%.

- суммарная энергоемкость при изготовлении литых заготовок в 2 - 6 раз меньше, чем при использовании других технологий;

- применяемые способы формообразования отличаются экономичностью и универсальностью, литьем можно получить заготовки практически любой конфигурации из любых сплавов без ограничений по массе и габаритным размерам;

- литые заготовки обладают большей жесткостью, чем сварные;

- литые заготовки имеют более низкую себестоимость.

Литейное производство – единственная отрасль заготовительного производства, где формообразование заготовки осуществляется, когда материал заготовки испытывает фазовый переход из жидкого состояния в твердое. Это определяет достоинства и перспективы литейных технологий с точки зрения универсальности формообразования, экономии энергетических затрат.

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

требований к отливке, способов литья и изготовления форм и стержней, технологических особенностей оборудования, характера производства, наличия тех или иных формовочных материалов.

Технология изготовления в сырых формах является основной в современном литейном производстве. Применение литья в сырые формы обеспечивает относительно короткий производственный цикл, увеличивает производительность труда, снижает расход песка до 0,4 т на тонну литья. Ограничением области применения сырых форм является их прочность, исходя из которой, максимальная масса изготавливаемых стальных отливок не должна превышать 0,5 т. В крупносерийном и массовом производстве при изготовлении отливок применяют единые смеси, основную долю которых (90-95%) составляет обратная смесь.

2.2. Характеристика литой детали и ее условия службы

Деталь «Верхняя половина инжектора», габаритами $\varnothing 425 \times 535$ мм, массой 70,0 кг. Отливка относится к третьей группе среди классификации стальных отливок по ГОСТ, [1]. Точность отливки 11-0-0-11 по ГОСТ 53464-2009 [8].

Таблица 3 - Классификация отливок по назначению

Назначение	Характеристика
Общего назначения (1)	Отливки деталей, не рассчитываемых на прочность
Ответственные (2)	Отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения
Особо ответственные (3)	Отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемые в условиях динамических и знакопеременных нагрузок

Эта отливка особо ответственного назначения, для деталей рассчитываемых на прочность и работающих в условиях динамических и знакопеременных нагрузках. Ей соответствует следующий перечень контролируемых показателей качества: внешний вид, размеры, химический состав, предел текучести или временное сопротивление, относительное удлинение и ударная вязкость. Материал, из которого изготавливается отливка, должен обладать высоким сопротивлением термической усталости.

Из стали изготавливаются детали, к которым предъявляются повышенные требования по прочности, пластичности и ударной вязкости.

Видимо проектируемая деталь защищает рабочие органы машин от ударных воздействий и к ней предъявляются требования по износостойкости.

На основании таблицы 3 [1] деталь «Верхняя половина инжектора» отнесем к деталям ответственного назначения - 2 группа, работающих при статических нагрузках, а в качестве материала детали выберем сталь 25Л, указанную в чертеже детали. По классификации сложности отливка относится к 3 группе сложности. Часть отливки выполняется стержнями (центральное отверстие и внутренняя полость отливки).

2.3. Материал отливки и его свойства

Сталью называют сплав железа с углеродом (содержание углерода до 2,14%), марганцем, кремнием, фосфором, серой и другими элементами. Содержание химических элементов доходит от сотых долей до нескольких процентов. Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин. Усадка стали в среднем равна 2%. В дипломной работе рассматривается сталь 25Л – это низкоуглеродистая сталь.

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

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

Сталь заменитель 30Л по [1].

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

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

* Не более Cu 0,03%, Ni 0,03%.

Таблица 5 - Механические свойства

Предел текучести, σ , (МПа)	Временное сопротивление σ_B , (МПа)	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение шейки образца ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²	Твердость НВ, HRC _Э
не менее					
235	441	19	30	343	146

Таблица 6 – Физические и технологические свойства

Наименование	Параметр
Температура начала затвердевания	1480 - 1490 ⁰ С
Жидкотекучесть	$K_{жт} = 1,0$
Линейная усадка	$\varepsilon = 2,2 - 2,3\%$
Свариваемость	Ограниченно свариваемая
Показатель трещиностойчивости	$K_{тy} = 0,2$
Склонность к образованию усадочной раковины	$K_{ур} = 1,2$
Склонность к образованию усадочной пористости	$K_{у.п.} = 1,0$

2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия

2.4.1. Формовочные смеси

Смесеприготовительный участок предназначен для изготовления стержневых и формовочных смесей. Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита.

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

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

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

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

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «HWS», в частности смеситель типа WT производительностью 25 т/ч, который входит в комплект автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия).

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

Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита, также входящего в комплект автоматической формовочной линии фирмы «HWS».

В вихревом смесителе «HWS» непосредственно после загрузки горелой земли начинается высокоэффективная фаза смешивания. Уже в начале цикла смешивания вода быстро усваивается бентонитом благодаря интенсивному перемешиванию вихревой головкой.

Это происходит в течение первых 35-40 секундах, благодаря чему обеспечивается равномерное покрытие бентонитом песчаных зерен.

В процессе смешивания осуществляется непрерывный контроль влажности и на 40 секунде автоматически вводится корректирующая добавка воды, количество которой рассчитывается процессором на основе данных текущего контроля влажности в каждом цикле.

Показатели влажности, уплотняемости и прочности смеси отслеживаются и регулируются автоматической системой управления в режиме реального времени. Это позволяет обеспечить стабильную влажность и насыпной вес формовочной смеси.

Полный цикл смесеподготовки составляет 112,5 секунд, а полезное время смешивания не более 85 секунд. Столь короткое время смесеподготовки обеспечивается конструкцией смесителя. Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь постоянно переворачивается и перемешивается. Одновременно осуществляется подача смеси к верхней секции вихревой головки для разрыхления.

Непрерывные повороты главного потока песка посредством вращающихся против часовой стрелки плужков, в комбинации с потоком песка, поступающим в противоположном направлении за счет вращения вихревой головки, обеспечивают эффективное смешивание компонентов и разрыхление смеси.

Подготовленная формовочная смесь покидает смеситель в конце цикла смешения и обладает высокой гомогенностью состава, рыхлой структурой и высокой сыпучестью, в ней полностью отсутствуют комья.

Такая технология подготовки формовочной смеси позволяет максимально полно использовать возможности современных многокомпонентных формовочных связующих, предназначенных для получения качественных отливок с высокой чистотой поверхности. Свойства смеси должны соответствовать нормам, указанным в таблице 7. Состав смеси должен соответствовать указанным в таблице 8.

Таблица 7 - Нормы формовочной смеси [3]

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

Отработанная смесь составляет основу производственной формовочной смеси. Ее температура и остаточная влажность всегда непостоянна, поэтому она должна быть предварительно охлаждена, просеяна, очищена от остатков стержней, металла, пыли и увлажнена не менее чем до 1,8-2,4%.

Таблица 8 - Состав формовочной смеси [3]

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

2.4.2. Стержневая смесь

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

В литейном цехе для изготовления стержней используются холоднотвердеющие смеси с продувкой газовым катализатором. Физико-механические свойства, состав и порядок приготовления стержневых смесей, противопопригарных и разделительных составов устанавливается стандартом предприятия.

Применение для изготовления стержней холоднотвердеющих смесей значительно повышает точность стержней и, в конечном счете, точность отливок, улучшает чистоту поверхности литья. Снижение литейных припусков позволяет снизить затраты на механическую обработку.

В качестве исходных компонентов для приготовления стержневых смесей применяются:

Песок кварцевый основной марки 1К₂О₂ фракций 016, 02, 025, 03 по ГОСТ 2138-98;

для стержней:

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

В цехе для изготовления стержней для отливки «Верхняя половина инжектора» используется cold-box-amine процесс с использованием связующих - фенольной смолы и полиизоцианата и газовым катализатором триэтиламин [4].

Ниже приведен рекомендуемый состав стержневой смеси и ее технологические свойства.

Таблица 9 - Состав стержневой смеси

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

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

Для приготовления стержневой смеси используются встроенные смесители непрерывного действия модели TS 36/3 фирмы «IMF» на стержневом автомате «Disco 3200».

Приготовление стержневой смеси производится на одноколейных высокоскоростных непрерывных смесителях типа TS 36/3 производительностью 3 т/ч холоднотвердеющей смеси.

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

Песок поступает в смеситель из расходного бункера расположенного над стержневым автоматом. Для предотвращения смешивания частей А и Б смолы без песка на бункере установлены датчики верхнего и нижнего уровня песка. При срабатывании датчика нижнего уровня работа смесителя блокируется.

Связующие передаются к оборудованию из помещения для хранения напольным транспортом. Связующие перекачиваются насосом в термостатированную емкость для подогрева связующих, и другим насосом подаются в смеситель. Термостатированные емкости должны иметь поддоны для сбора на случай разлива связующих.

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

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

2.4.3. Литейные покрытия

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

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

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

Таблица 10 - Состав разделительного покрытия

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

Требования на противопопригарные, разделительные покрытия:

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

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

- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать по СТП АДК, [3];

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

Спиртовая противопопригарная краска на основе дистенсиллиманита. Состав противопопригарной краски на основе дистенсиллиманита должен соответствовать СТП АДК, [3].

Данные представлены в таблице 11.

Состав водного раствора лигносульфанатов технических в зависимости от плотности должен соответствовать СТП АДК, [3].

Таблица 11 - Состав противопопригарной спиртовой краски на основе ЭС-1,2

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

Порядок приготовления:

В проверенный на крепость этиловый спирт, засыпать небольшими порциями поливинилбутераль при непрерывном перемешивании. Оставить на 4 суток для набухания и полного растворения. Раствор перемешивать 3-4

раза в смену. В полученный раствор засыпать покрытие противопригарное порошкообразное марки ЭС-1 или ЭС-2. Перемешать до получения однородной массы необходимой плотности.

2.5. Модельно литейная оснастка

Для изготовления отливок применяют большое число различных приспособлений, которые называют литейной оснасткой. Часть литейной оснастки, включающую все приспособления необходимые для получения в форме отпечатка модели отливки, называют модельным комплектом.

Модельный комплект состоит из модели отливки и элементов литниково-питающей системы, стержневых ящиков, модельных плит для установки модели отливки и литниковой системы, сушильных плит, приспособлений для доводки и контроля форм и стержней [2].

Стержневой ящик является приспособлением для получения стержней из песчаных смесей. Стержневые ящики служат не только для получения стержней, обеспечивающих образование внутренних полостей в отливке, но и для получения стержней, задающих внешние контуры отливки (при формовке в стержнях).

Холодильники – металлические приспособления, устанавливаемые при формовке на модель или после формовки в полость литейной формы, служащие для ускорения охлаждения массивных частей отливки и ее более равномерной кристаллизации [2].

Для проектирования модельных комплектов необходимо знать исходные технологические данные: усадку сплава, формовочные уклоны, размеры стержневых знаков, зазоры между ними и формой, припуски на обработку отливок, допуски на размеры отливок и моделей.

Модельный комплект должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечить получение отливки определенной геометрической формы
- обладать высокой прочностью и долговечностью;
- быть технологичным в изготовлении;
- иметь минимальную массу;
- быть удобным в эксплуатации;
- иметь минимальную стоимость с учетом стоимости ремонта;
- сохранять прочность в течении определенного времени эксплуатации.

Для определения конструктивных размеров модельных комплектов необходимо установить припуски на механическую обработку и формовочные уклоны.

Формовочные уклоны в модельных комплектах по ГОСТу, [5]. При применении песчано-глинистых смесей уклоны назначают в зависимости от диаметра или минимальной ширины, углублении или высоты формообразующей поверхности.

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

Стержни изготавливают в стержневых ящиках. Все это вместе называют модельно-стержневой оснасткой или средствами технологического оснащения, дополняющими литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливок.

Опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевого сплавов.

Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования [2], [5].

Формы в литейном производстве изготавливают в основном в опоках. Опоками называют жесткие рамки из чугуна, стали, алюминиевых сплавов, предохраняющие песчаную форму от разрушения как во время сборки, так и при транспортировке и заливке. Модельные плиты и стержневые ящики применяют металлические, из алюминия, [5], марки АК7ч.

Толщину стенок стержневых ящиков назначают по [5]. Для уменьшения изнашивания по разьему к ящику прикрепляют винтами стальной лист - броню.

Разовые песчаные формы в литейном производстве изготавливают в основном в опоках. Опоки для изготовления своей отливки применяют стальные, марки 30Л [1]. Важным элементом, определяющим точность сборки форм являются штыри и втулки в опоках.

Стержневой ящик является приспособлением для получения стержней из песчаных смесей. Стержневые ящики служат не только для получения стержней, обеспечивающих образование внутренних полостей в отливке, но и для получения стержней, задающих внешние контуры отливки (при формовке в стержнях).

В модельный комплект входит:

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

2.6. Определение количества стержней и их размеры

Стержни устанавливают в форму при ее сборке в определенной последовательности. Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается их знаками, но в некоторых случаях используют специальные металлические подставки – жеребейки.

Основное назначение знаков – обеспечить надежность и точность фиксирования стержня в форме. Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают по ГОСТ, [5] с учетом размеров стержня, способа формовки и положения стержня в форме. Для исключения неправильной установки в форму несимметричного стержня размеры, а иногда и форму знаков на его концах следует принимать разными.

Стержни, находящиеся в контакте с металлом всей внешней поверхностью кроме знаковых частей, нуждаются в устройстве специальных газоотводных каналов, которые выводят газы стержня в знаковые части, а через них в форму, обладающей большей газопроницаемостью, чем сам стержень. Через форму газы выходят в окружающую среду.

Для увеличения прочности и жесткости в стержнях часто устанавливают металлическую арматуру – каркасы [6].

Тип и размер каркаса выбирают в зависимости от сложности стержня, его габаритных размеров, конфигурации, расположения в форме, а также физико-механических свойств стержневой смеси и принятой технологии изготовления стержня.

Выбранное положение отливки в форме должно обеспечить получение формы с минимальным количеством стержней.

После выбора положения отливки в форме и поверхности ее разъема определяют контуры стержней, необходимых для выполнения всех полостей отливки и элементов наружной ее поверхности, требующих для своего оформления применение стержней. При этом необходимо стремиться к уменьшению количества стержней путем замены их болванами или объединения стержней.

Таблица 12 - Длина горизонтальных знаков стержней по ГОСТ 3212-92 , [5]

Размер стержня $(a+b)/2$ или D, мм	Длина знака l при длине стержня l , мм							
	До 40	40-63	63-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000
До 25	20	25	30	35	-	-	-	-
25-40	20	25	30	35	45	50	-	-
40-63	20	25	30	40	50	60	75	95
63-100	20	25	35	45	55	65	85	105

При объединении стержней необходимо учесть, в какой мере это усложнит конструкцию стержневого ящика и технологию изготовления стержня, как это повлияет на организацию отвода газов из стержня.

При определении количества стержней необходимо учитывать следующее [6]:

- стержень должен надежно фиксироваться в форме;
- желательно, чтобы стержень имел ровную поверхность для установки его на сушильную плиту;
- стержень должен иметь небольшую высоту для предотвращения его осадки во время транспортировки и сушки;
- поверхность стержня должна способствовать использованию несложных стержневых ящиков с минимальным количеством отъемных частей и вкладышей;
- при делении стержня на несколько частей необходимо, чтобы плоскость сечения проходила в местах, определенных чертежными размерами, а каждый из стержней должен оформлять участок поверхности отливки с вполне определенной геометрической формой без образования на отливке ломаной поверхности на стыках стержней.

Для изготовления отливки «Верхняя половина инжектора» технологией предусмотрен 1 стержень. Стержень №1 выполняет центральное внутреннее отверстие. Размер стержня №1 $\varnothing 42-76 \times 685$ мм.

2.7. Литейная форма и стержни

Исходя из заданной программы для проектируемого цеха, необходимо выбрать способ производства литых деталей, используя при этом прогрессивные методы их получения. На выбор способа производства отливок влияют такие факторы как серийность производства

(производственная программа), масса и габариты отливок, наличие сырьевой базы, требования к точности отливок по массе и размерам, себестоимость производства.

Самый распространенный вид литья - литье в разовые песчаные формы [6]. Этим методом можно изготовить отливки любого размера и веса, независимо от их серийности. В проектируемом цехе используется литье в песчаные формы.

Выбор планировочных решений линии и размещение всех агрегатов линии приняты по классической схеме, поэтому линия фирмы «HWS» очень хорошо вписывается в производственные цеха.

Карусельный формовочный автомат с механизмом перемещения опок, механизм распорки с механизмом загрузки опок в автомат, позволяют легко и быстро осуществлять замену модельных комплектов, что очень важно в нынешних условиях при переходе по необходимости на производство малых серий отливок с большей номенклатурой. Автоматическую формовочную линию можно с успехом разместить на производственных площадях формовочного отделения цеха.

2.7.1. Изготовление полуформ

Перед формовочной машиной стоят повременно нижняя и верхняя опоки для вдвигания в позицию формовки при помощи транспортного приспособления и демпфирующего приспособления. Внутренние поверхности опок очищаются предварительно посредством приспособления очистки. До достижения формовочной машины производится очистка горизонтальных поверхностей опоки, а также штифтов и втулок. Одно приспособление контролирует, чтобы не осталось на поверхностях опок брызг металла.

Опока транспортируется над находящимся в формовочной машине в позиции готовности модельным устройством. Модельное устройство (носитель подмодельной плиты, подмодельная плита с моделью) вместе с опокой приподнимается к наполнительной раме.

Формовочная смесь подается навалом под вакуумом или без вакуумирования, и формовочный узел подается наверх. Формовочная смесь уплотняется гидропрессом и многоплунжерной прессовой головкой.

Модель отделяется от формы путем носителя подмодельной плиты.

Внутренняя смена модели происходит в течении такта посредством поворотной крестовины в формовочном агрегате. Внешняя смена модели

происходит посредством подъемного стола и приводного участка роликового конвейера также в течении такта.

Полуформы поворачиваются с помощью приспособления кантования на 180^0 таким образом, чтобы верх формы оказался наверху. Задняя стенка формы выравнивается смесеотрезным ножом, который передвигается в поперечном направлении. Распылительное приспособление автоматически впрыскивает противопригарный раствор в нижнюю и верхнюю опоки.

С помощью передающего приспособления нижняя опока укладывается на тележку в транспортной линии, а верхняя опока транспортируется к ветви верхних опок транспортной линии.

Нижние и верхние опоки продвигаются под вытяжными колпаками для вытяжки газов в зоне опалочной станции растворителей.

Нижние опоки проходят линию установки стержней с позициями ручной установки стержней, а также с позицией для автоматической установки стержней, осуществляемым приспособлением. Комплектация монтажных шаблонов стержней осуществляется вручную в 2-х позициях.

Нижняя опока, находящаяся на тележке, достигает приспособления сборки опок. Тележка и нижняя опока находятся в неподвижном состоянии. Верхняя опока находится в плавающем состоянии и при помощи предварительной центровки и подъемного механизма накладывается на нижнюю опоку и автоматически скрепляется.

Фрезерование литниковой воронки и полировка (заглаживание неровностей) литниковой чаши в верхней опоке осуществляется при помощи фрезерного приспособления. Сверление вентиляционных каналов осуществляется также в линии верхних опок. В двух расположенных друг за другом позициях могут быть просверлены по 8 каналов вместе в задней стенке верхней опоки.

В приспособлении кантователя верхняя опока разворачивается на 180^0 назад. В приспособлении сборки опок верхняя опока передвигается в поперечном положении и опускается на нижнюю опоку. Форма смыкается. Предварительная центровка форм проводится посредством штифтов предварительного центрирования, которые передвигаются через верхнюю и нижнюю опоки. Окончательная центровка осуществляется штифтами и втулками в опоках.

После подачи на линию заливки формы заливаются с помощью механизированного заливочного приспособления. Поперечно-транспортное приспособление транспортирует формы к участкам охлаждения, и они выборочно вталкиваются на один из участков.

На участках охлаждения формы охлаждаются максимум 115 минут. Охлажденные формы после транспортировки достигают линию выбивки отливок из форм.

С помощью приспособления форма автоматически раскрепляется, верхняя опока снимается с нижней и помещается на роликовый транспортер. Далее ком смеси выдавливается и внутренняя поверхность опоки очищается.

Под приспособлением выталкивания верхних опок находится стационарная виброрешетка. Ее задача также состоит в том, чтобы размельчать отработанную смесь и через транспортный желоб подводить к системе отработанной смеси.

Блокирующее приспособление на конце желоба синхронизирует передачу отливки с подъемным движением механизма опускания. Одновременно с транспортировкой отливки на сепарационно-транспортном желобе отработанная смесь измельчается, отводится на лежащий под ним транспортный желоб и подводится к системе отработанной смеси.

Устройство укладывает верхние опоки поочередно с нижними на роликовый транспортер, отсюда верхние и нижние опоки друг за другом перемещаются к формовочной машине в тактовом режиме.

2.7.2. Изготовление стержней из ХТС

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

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

Зачистка, отделка стержней производится вручную на столах для зачистки. После зачистки стержни передаются для складирования на участок

хранения и комплектации стержней. Места складирования стержней должны быть оборудованы зонтами местной вытяжной вентиляции.

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

2.8. Сборка и заливка формы

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

Опоки поставляемые для автоматической формовочной линии фирмы, имеют специальные захваты, которые используются в качестве предохранения от выталкивающей силы металла. Это приспособление смонтировано таким образом, чтобы захват проходил между двойными стенками опок и зацеплял верхнюю опоку сверху, с предварительным натягом опок, а затем входил в зацепление со специальным приспособлением в нижней опоке. Перед выталкиванием кома захваты автоматически разъединяются.

Соединение верхней и нижней опоки происходит по точно позиционированным направляющим штифтам и втулкам. Кроме того, на машине монтируется система предварительной центровки. Она состоит из двух дополнительных гидравлических цилиндров. Они центрируют верхнюю и нижнюю опоку через дополнительные калёные направляющие втулки.

Стержни устанавливаются 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.

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия) предусмотрена система выталкивания кома. Это устройство называется стриппер. Опока, которая была поднята с паллеты, движется до выбивного грохота. Достигнув грохота, она начинает двигаться, подниматься вверх против покрывающей плиты, которая удерживается на коме при помощи гидравлики и лишь когда опоку оттянут вверх, ком падает на грохот. Это

максимально короткая дистанция к разделительному желобу, за счёт этого исключается риск повреждения отливок. Отработанная смесь подается в поддонах на тележках с ходовыми и направляющими роликами на смесеприготовительный участок для дальнейшего использования.

2.8.1. Определение размеров опоки

При выборе типов и размеров опоки необходимо учитывать характеристики применяемого оборудования. Опоки должны иметь такие размеры, чтобы оборудование было полностью загружено. Нельзя изготавливать отливки в малых опоках на больших машинах. Применение чрезмерно больших опоки влечет за собой увеличение затрат труда на уплотнение смеси, нецелесообразный расход смеси [7].

Опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевых сплавов. На конструкции опоки имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опоки, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования. Учитывая, что размеры и конструкции опоки стандартизированы, подбираются опоки с размерами, равными или большими по сравнению с ними. После выбора размера опоки в свету подбирают ее стандартный размер по высоте. При этом высота нижней и верхней опоки может приниматься при необходимости и неодинаковой [7].

Таблица 13 - Зависимость толщины формовочной смеси от массы отливки

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	От верха модели до верха опоки	От низа модели до низа опоки	От модели до стенки опоки	Между моделями	Между моделью и литниковым ходом
101 - 250	100	120	70	100	60

Рассчитаем размер опоки для отливки:

Общая минимальная длина (в опоке 2 отливки)

$$L_{\min} = 70 + 425 + 100 + 70 + 100 + 425 + 70 = 1190 \text{ мм}$$

Принимаем стандартный размер опоки 1200 мм

Общая минимальная ширина (в опоке 2 отливки)

$$S_{\min} = 70 + 535 + 100 + 60 + 100 = 865 \text{ мм}$$

Принимаем стандартный размер опоки 900 мм

Общая минимальная высота нижней опоки

$$H_{\min} = 100 + 212,5 = 312,5$$

Принимаем стандартный размер опоки 400 мм

Общая минимальная высота верхней опоки

$$H_{\min} = 120 + 212,5 = 332,5$$

Принимаем стандартный размер опоки 400 мм

В дипломной работе предусматриваются опоки размерами 1200×900×400×400 мм. В опоке размещено 2 отливки. В цехе применяются стандартные опоки с размерами 1200×900×400×400, поэтому применим эти опоки для производства отливки «Верхняя половина инжектора».

2.9. Припуска на механическую обработку

Расчет припусков на механическую обработку и расчет веса литой заготовки. Припуски на механическую обработку назначаются согласно ГОСТ Р 53464-2009 [8]. Точность отливки по 11-0-0-11 [8]. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующим:

1. По принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем степень точности поверхностей (Приложение В, таблице В.1, [8]).

Принимаем технологический процесс - литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 3,5% до 4,5% с прочностью от 60 до 120 кПа, со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц;

Выбираем сплав - термообработываемый черный сплав (25Л);
Наибольший габаритный размер отливки - 535 мм.

Степень точности отливки - 11

2. По степени точности поверхности определяем ряд припуска отливки (Приложение Е, таблица Е.1, [8]).

Выбираем по таблице 6 ряд припуска.

3. На основании принятого технологического процесса получения отливки, наибольшего габаритного размера и типа сплава выбираем класс размерной точности отливки (Приложение А, таблица А.1, [8]): выбираем 11 класс размерной точности.

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

$$\text{Ст кор} = 40 / 535 = 0,074$$

Выбираем степень коробления 7.

5. По интервалу номинальных размеров и классу размерной точности детали определяем допуск размеров отливки (таблица 1, [8]);

Размер 535 - допуск размера 7,0 мм.

6. По номинальному размеру нормируемого участка отливки и степени коробления элементов отливки выбираем допуск формы и расположение элементов отливки (таблица 2, [8]) равный 2,4 мм.

7. На основании допуска размеров отливки и допуска формы и расположения поверхности, определяем общий допуск элемента отливки (Приложение И, таблица И.1 [8]) выбираем общий допуск элемента как 9,0 мм.

8. По общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (таблица 6, [8]): равный 12,5 мм (из соотношения допусков размера обработанной детали к допуску расположения элементов отливки, выбираем вид окончательной механической обработки как чистовая).

Согласно ГОСТ, [8] припуск на механическую обработку не должен превышать данного значения. Выбираем размер припуска 10,0 мм.

При выбранном способе формовки детали в целях обеспечения заданных размеров, формы и шероховатости детали принимаем следующие припуски - выбираем 10 мм.

Точный вес устанавливается на производстве после комиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания. Вес отливки составляет 105,0 кг.

Коэффициент выхода годного отливки «Верхняя половина инжектора»:

$$\text{КВГ} = Q_{\text{отл}} \cdot 100 \% (Q_{\text{отл}} + Q_{\text{ЛПС}} + Q_{\text{ПР}}), \quad (5)$$

где $Q_{\text{отл}}$ – масса отливки, 105,0 кг;

$Q_{\text{ЛПС}}$ – масса литниковой системы, 50,0 кг;

$Q_{\text{ПР}}$ – масса прибыли, выпоров 10,0 кг;

$Q_{\text{П}}$ – масса потерь, принимаем 2% от массы отливки 2,1 кг.

$$\text{КВГ} = 105,0 \cdot 100\% / (105,0 + 50,0 + 10,0 + 2,1) = 63,64 \%$$

Коэффициент использования металла – масса припуска:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{отл.}}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

$$\text{КИМ} = \frac{70}{105} \cdot 100\% = 66,7\%.$$

Коэффициент использования жидкого металла:

$$\text{КИМЖ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где m_0 – масса детали, кг;

$m_{\text{жи мс отл}}$ – масса жидкого металла на отливку, кг.

$$\text{КИМЖ} = \frac{70}{165,0} \cdot 100\% = 42\%.$$

2.10. Расчет литниковой системы

2.10.1. Расчет литниково-питающей системы

Для обеспечения нормального заполнения формы металлом при заливке необходимо произвести расчет литниковой системы (питатель, шлакоуловитель, стояк). Подвод металла в отливку будет осуществляться по стержню [7].

Для расчета площади поперечных сечений элементов литниковой системы необходимо рассчитать оптимальное время заполнения формы.

Рассчитаем оптимальное время заполнения формы

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

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

δ – средняя толщина стенки отливки, мм;

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

$$G_{\text{ж}} = N \cdot (G_{\text{отл}} + G_{\text{пр}} + G_{\text{лс}}), \quad (9)$$

$$G_{\text{ж}} = 2 \cdot (105 + 10 + 50) = 330,0 \text{ кг} = 330000 \text{ г}$$

$$\tau_{\text{опт}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{20 \cdot 330,0} = 24,4 \text{ с}$$

Рассчитанную продолжительность заполнения формы надо уточнить путем проверки на допустимую линейную скорость подъема уровня расплава.

Такая необходимость обусловлена тем, что жидкая сталь с открытой поверхности активно взаимодействует с атмосферой литейной формы, что ведет к окислению и образованию оксидных плен, а также интенсивному остыванию за счет тепловых потерь излучением; возможно затвердевание в период заполнения формы и возникновение дефектов в виде неслитин, спаев и плен.

Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава $v_{лр}$ должна быть не меньше допустимой скорости $v_{кр}$.

Значение находят по простому соотношению:

$$v = \frac{H}{\tau}, \quad (10)$$

где H – высота отливки, мм;

τ - время заполнения, с.

$$\tau_{онт} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{20,0 \cdot 330,0} = 24,4 \text{ сек}$$

$$v = 435 : 24,4 = 17,8 \text{ мм/с}$$

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

$$F_{пит} = \frac{G_{жс}}{\rho_{жс} \cdot \mu \cdot \tau_{онт} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (11)$$

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

μ - коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{ср}$ – действующий напор, см;

g – ускорение свободного падения, 981 см/с².

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

$$H_{ср} = H_{ст} - h_o / 2 \quad (12)$$

где $H_{ст}$ – высота стояка от уровня воронки до питателя, 40,0 см;

h_o – общая высота отливки, 43,5 см.

$$H_{ср} = 40 - \frac{43,5}{8} = 34,56 \text{ см}$$

$$F_{пит} = \frac{330000}{7,8 \cdot 0,32 \cdot 24,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 34,56}} = 20,8 \text{ см}^2$$

Так как на форму 2 отливки, а на отливку 2 питателя, то получаем 4 питателя с площадью $F_{пит} = 5,2 \text{ см}^2$.

Определение площадей остальных элементов литниковой системы осуществляется по эмпирическим соотношениям, зависящим от сплава и положения узкого места системы. Для средних и крупных стальных отливок выбираем следующее соотношение [5]:

$$\Sigma F_{пит} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{ст} = 1,0 : 1,0 : 1,0$$

Отсюда получаем:

$\Sigma F_{шл} = 20,8 \text{ см}^2$, так как в форме находится 2 шлакоуловителя, то площадь каждого шлакоуловителя составляет

$$F_{шл} = 10,4 \text{ см}^2$$

$$F_{ст} = 20,8 \text{ см}^2$$

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

Размер литниковой воронки определим по формуле:

$$D_{в} = H_{в} = (2,7 \dots 3,0) \cdot D_{ст}$$

По данным таблицы найдем диаметр верха и низа стояка:

$$D_{ст н} = 2\sqrt{S/\pi} = 2 \cdot \sqrt{20,8/3,14} = 5,1 \text{ см}$$

$$D_{ст в} = D_{ст н} + 0,4 = 5,1 + 0,4 = 5,5 \text{ см}$$

$$D_{в} = 3 \cdot 5,1 = 15,3 \text{ см}$$

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

$$F_{шл} = 10,8 \text{ см}^2 = \frac{(a+v) \cdot h}{2} = \frac{(a+0,8a) \cdot 1,3a}{2} = 1,17 a^2,$$

отсюда:

$$a = \sqrt{10,8/1,17} = 3,0 \text{ см} = 30 \text{ мм}$$

$$v = 0,8a = 2,4 \text{ см} = 24 \text{ мм}$$

$$h = 1,3a = 3,9 \text{ см} = 39 \text{ мм}$$

Рассчитаем размеры аналогично для питателя:

$$h = 2,7 \text{ см}, v = 2,2 \text{ см}, a = 1,7 \text{ см}$$

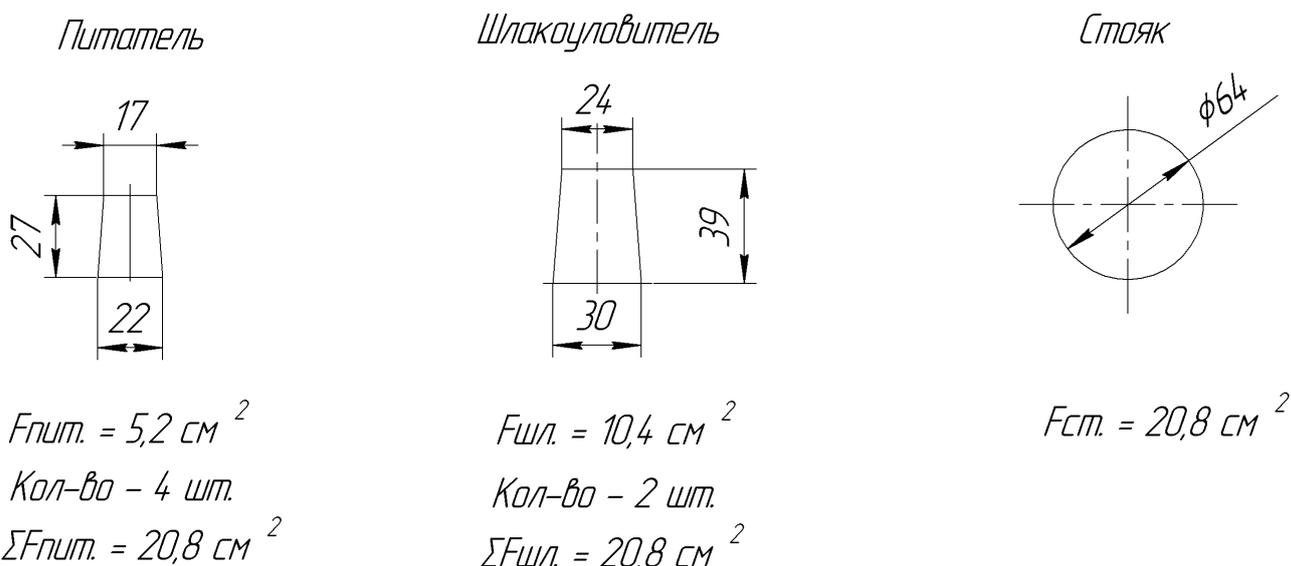


Рисунок 1 - Элементы литниково – питающей системы

2.11. Выбивка, обрубка, очистка

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. Разборка форм и извлечение отливок осуществляется на выбивных решетках. Опоки подцепляются краном и выбиваются с помощью выбивной решетки. Отработанная смесь подается ленточным конвейером на смесеприготовительный участок для дальнейшего использования. Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков.

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливок и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников. Механизация очистки поверхности отливок на участке обрубки осуществляется с помощью одностороннего обдирочно-шлифовального станка, машин зачистной 0Л9968-205, а так же с применением пневматических машинок и сменных борфрез.

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

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

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

2.12. Термообработка

Обычно после затвердевания отливки имеют грубозернистую структуру и большие литейные напряжения, а также неравномерные в различных частях отливки или низкие механические свойства. При термообработке путем нагрева до определенной температуры, некоторой выдержки при этой температуре и последующего охлаждения изменяют структуру стальных отливок и получают необходимые прочность, пластичность, износостойкость, обрабатываемость и особые физические

свойства [8]. Стальные отливки могут подвергаться следующим видам термообработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка. Термообработка среднеуглеродистых сталей зависит от марки стали и требуемых механических свойств, а режим оговаривается технологической инструкцией или указанным при разработке технологии отливки в технических условиях.

Многие стали проходят упрочнение путём закалки — ускоренного охлаждения (на воздухе, в масле или в воде). Быстрое охлаждение приводит, как правило, к образованию неравновесной мартенситной структуры.

Сталь непосредственно после закалки отличается высокой твёрдостью, остаточными напряжениями, низкой пластичностью и вязкостью. Сталь сразу после закалки имеет твёрдость выше 50 HRC, но в таком состоянии материал непригоден для дальнейшего использования из-за высокой склонности к хрупкому разрушению. Последующий отпуск - нагрев до 450-500°C и выдержка при этой температуре приводят к уменьшению внутренних напряжений за счёт распада мартенсита закалки, уменьшения степени тетрагональности его кристаллической решётки (переход к отпущенному мартенситу). При этом твёрдость стали несколько уменьшается (до 45-48 HRC). Подвергаются улучшению стали с содержанием углерода 0,3-0,6 % С.

Сталь 25Л подвергается нормализации. Отливки нагревают до температуры 920-960⁰ С и охлаждают 2-3 часа на воздухе. При нормализации происходят структурные изменения в отливке. В следствии полной фазовой перекристаллизации формы и размеров зерна, увеличение дисперсности фаз и структурных составляющих и получение более однородной мелкозернистой структуры. После нормализации структура металла – феррито-перлитная.

2.13. Контроль

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

На качество отливки оказывает влияние качество заливаемого металла, которое зависит от состава шихты. Шихтовые материалы должны соответствовать сертификату.

Химический состав стали должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

Температура заливаемого металла 1560-1600°C. Время охлаждения отливки в форме не менее 4 часов.

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, [8].

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.

2.14. Виды брака

Несоответствие размеров отливки чертежу. Возникает в основном из-за плохой сборки формы (плохо досаженный стержень). Этот вид брака чаще всего возникает по невнимательности рабочих-сборщиков форм. Для предотвращения возникновения этого вида брака применяют шаблоны, которые позволяют точно установить стержни в форме.

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

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

Газовые раковины. Возникают в основном из-за плохой вентиляции формы (низкая газопроницаемость, отсутствие наколов - газоотводов). Газовые раковины имеют гладкую поверхность и представляют собой округлые поверхности (шарики). Применяют для снижения брака: улучшение вентиляции форм и стержней, уменьшение площади сечения питателей,

изменение температуры заливки, соблюдение технологии окраски, снижение влажности формовочной смеси.

Несоответствие размеров отливки чертежу может быть следствием неправильно назначенной усадки при изготовлении модельного комплекта, а также неточной сборки формы. Этот дефект может быть устранен доводкой модельного комплекта, повышением точности сборки формы.

Несоответствие массы отливки заданной чертежом возникает чаще всего по тем же причинам, что и несоответствие размеров. Кроме того, увеличение массы возможно вследствие деформации формы при заливки ее жидким металлом.

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

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

Перекося в отливках образуется при небрежной сборки формы в результате смещения полуформы или неправильной центровке опок, из-за износа втулок и штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике.

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

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

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

Газовые раковины – пустоты в теле отливки. Они бывают открытые или закрытые и возникают при чрезмерной газотворности или недостаточной газопроницаемости формовочной смеси, плохой вентиляции формы и

стержня или неправильным ее устройстве, низкой температуры заливаемого металла. Устранение этих причин ведет к снижению газовых раковин.

Усадочные раковины возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, технологической конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, повышенной усадки.

Несоответствие химического состава металла отливок заданному, может произойти вследствие неправильно взвешивания шихтовых материалов, смешивания различных сортов металла, неправильного процесса ведения плавки. Чтобы устранить брак по химическому составу, необходимо контролировать исходные шихтовые материалы, строго соблюдать порядок их взвешивания, следить за ходом плавки, контролировать химический состав металла по ходу плавки.

3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

3.1. Плавильное отделение

Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока

Работами отечественных специалистов доказана целесообразность применения ДППТ любой вместимости. Отработаны технологии, показана экономическая и техническая эффективность их применения для плавки сплавов на основе алюминия, меди, различных марок стали, чугуна, включая синтетический [10].

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

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

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

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

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

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

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

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

Основные предпосылки внедрения этих печей:

- более низкий расход электродов 1,5-2,0 кг/т;
- экономия электроэнергии 3-5%;
- эффективное, более равномерное распределение теплоты;
- снижение расхода огнеупорных материалов;
- естественное перемешивание расплава;
- более простой уход за печью;
- уменьшение отрицательного влияния на питающую сеть, возможность подключения в сети с меньшей мощностью короткого замыкания.

Отсутствие водоохлаждаемых элементов и нагревателей под металлом и массивная футеровка подины увеличивают надежность и взрывобезопасность печей, особенно по сравнению с индукционными.

ДППТ не боятся отключений электропитания в любой период плавки, могут работать с полным и частичным сливом расплава, допускают длительные простои между плавками. Отсутствие ограничений по уровню удельной вводимой мощности позволяет проектировать высокопроизводительные печи.

Для футеровки ДППТ можно использовать широкую гамму огнеупорных материалов, не предъявляя к ним повышенных требований. Переплав в ДППТ не требует специальной подготовки шихтовых материалов, а их предварительный нагрев позволяет дополнительно снизить расход электроэнергии.

Подину печи изготавливают из нескольких слоев: первый, соприкасающийся с жидким металлом, - набивной из огнеупорного порошка, который может быть выполнен из кварцевого песка (кислый процесс) или магнезитового порошка (основной процесс), второй слой выполняют из диасового или шамотного кирпича, а последующие слои - из шамотного кирпича, диатомита и асбеста. Стены печи многослойны.

Футеровку для выплавки стали 25Л применяем основную. Перед плавкой электродуговую печь футеруют. Свод выкладывают по шаблону магнезитовым кирпичом, а затем футеруют смесью, состоящей из

огнеупорной массы: 52% кварцевого песка, 26% огнеупорной глины, 22% воды. Под и откосы печи футеруют магнезитовым кирпичом. При этом оставляют зазор между кожухом печи и футеровкой 50-60 мм, который засыпают порошком магнезитового кирпича. Кладку печи производят в сухую перевязку.

Перед набивкой кирпичную кладку пода просушивают газом в течение 3-5 ч, после чего футеровку смазывают жидким стеклом для лучшего соединения слоев пода, набивают откосы. После набивки откосов пода печь накрывают сводом и сушат в течение 3-4 ч, затем забрасывают кокс и усиливают горение вдуванием сжатого воздуха.

3.1.1. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи

Процесс плавки разделён на три периода, которые проводят при постоянной мощности дуги [10]. Период 1 - подготовительный, его проводят на высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав.

Длинная дуга обеспечивает стабильный электрический режим, интенсивный нагрев печных газов, плавный нагрев всего объёма шихты. Локальный перегрев металла не возникает, так как капли металла, нагреваясь, преодолевают силы поверхностного натяжения и немедленно стекают вниз.

В периоде 1 отгоняются органические загрязнения шихты, пары которых выходят из отверстия в своде и догорают до завершённых оксидов. Во всех периодах плавки колебания активной мощности по сравнению со средним значением не превышают $\pm 10\%$.

Колебания давления в печи за счет стабилизации электрического режима подавлены, и подсос воздуха в печь не наблюдается. В течение периода 1 в шихте образуется расширяющаяся вверх воронка, которая в периоде 2 исключает обрушивание шихты на сводовый электрод и замораживание металла на подине.

Период 2 - энергетический. Обеспечивается стабильный электрический режим при колебании мощности не более $\pm 5\%$. Этот режим способствует быстрому расплавлению шихты и не приводит к заметному локальному перегреву металла.

Ток дуги удваивают, а напряжение в 2 раза снижают. В начале периода 2 анодное пятно дуги располагается на расплаве. Основная мощность дуги

излучением и конвекцией печных газов передаётся на шихту, которая продолжает плавиться, и около 20% мощности дуги передаётся через анодное пятно в расплав.

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

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

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

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

Период 3 - технологический. Третий режим по сравнению с первым проводится при короткой дуге с напряжением, сниженным в четыре раза, и силе тока, в четыре раза увеличенной. При этом происходит доплавление шихты, нагрев расплава, рафинирование и перемешивание расплава и шлака.

В процессе рафинирования нагрев металла ведётся на полной мощности при коротких включениях дуги. Доля энергии, передаваемой в этот период непосредственно от дуги к расплаву, превышает 80% подведенной.

Интенсивная теплопередача от дуги к расплаву реализуется под воздействием поля электромагнитных сил в расплаве. Этому способствует специальная схема размещения подовых электродов и токоподводов к ним.

Соответствующие режимы регулирования силы тока дуги обеспечивают устойчивое управляемое перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения расплава из-под дуги вглубь ванны.

Это предотвращает локальный перегрев, так как нагреваемый под дугой металл быстро замещается набегающим «холодным» расплавом.

Перемешивание также препятствует возникновению локальных вихрей над подовыми электродами, предотвращая их разрушение. Скорость теплопередачи от дуги к расплаву увеличивается пропорционально росту силы тока. Это позволяет поддерживать указанный механизм плавления в широком интервале подводимой удельной мощности (от 0,3 до 8,0 кВт/кг

шихты) в печах малой, средней и большой (до 100 т) вместимости, обеспечивая их высокую производительность.

Скорость расплавления в ДППТ нового поколения большой ёмкости ограничивается только теплопроводностью массивных кусков шихты и допустимой мощностью источников электропитания. В печах вместимостью 6 т продолжительность расплавления шихты может составить 30-40 минут.

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

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

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

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

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

Футеровка дуговых печей постоянного тока

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

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

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

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

Конструктивные особенности дуговых печей постоянного тока

При разработке ДППТ использован опыт создания дуговых печей переменного тока и плазменных печей с керамическим тиглем постоянного тока, разработанных ранее [10].

ДППТ состоит из частей и механизмов, однотипных с ДСП и одинаковой ёмкости ванны. Она имеет стальной футерованный кожух, свод, который может быть водоохлаждаемым, стены ванны (могут быть из водоохлаждаемых панелей), механизм наклона печи для слива металла и удаления шлака, механизм перемещения графитированного электрода, механизм подъёма и поворота свода или выката ванны для завалки печи шихтой, рабочее окно с дверцей в кожухе.

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

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

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

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

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

расплава во все периоды плавления. Это обеспечило, в частности, возможность выплавки в ДППТ высококачественных алюминиевых сплавов.

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

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

3.1.2. Расчет количества печей

Таблица 14- Характеристики ДППТ

Типы печей	Номинальная вместимость, т/ производительность т/ч	Мощность источника питания, МВА	Ориентировочное время расплавления под током мин.		Угар шихтовых материалов, %	Угар графитированных электродов, кг/т	Диаметр графитированных электродов, мм
			Сталь, чугун,	Сплавы на основе Al, Cu			
ДППТ-6	6,0 / 2,5	4,3	40-45 55-60	25-30 35-40	0,2-1,5	До 1,5	300
ДППТ-12	12,0 / 4,8	10,79	40-45	25-30	0,2-1,5	До 1,5	400, 450

Выбираем печь ДППТ-6. Количество печей определим ниже.

Число печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле

$$N_n = \frac{M_{жс} \cdot 1,2}{\eta_m \cdot P \cdot F_0 \cdot 0,97}, \quad (13)$$

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

1,3 – коэффициент неравномерности потребления металла;

η_m - коэффициент использования оборудования (0,7-0,9);

P - производительность печи, т/ч;

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

$$N_n = \frac{17802 \cdot 1,2}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 5722,8 \cdot 0,97} = 1,924 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы на 12000 тонн годного или 17802 тонны жидкого металла необходимо 3 печи ДППТ-6.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_3 = \frac{N_{расчетное}}{N_{принятое}} \quad (14)$$

Коэффициент загрузки должен удовлетворять неравенству:

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

$$K_z = \frac{1,92}{3} = 0,64$$

3.1.3. Расчет количества ковшей

На участке стального литья для заливки форм применяем 6-ти тонные чайниковые ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются диносовый кирпич ЭБ–2 ГОСТ 1566–71.

Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм. Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 ч.

Состав огнеупорного раствора для футеровки ковшей:

кварцевый песок ГОСТ 2138-84	60%
глина огнеупорная ТУ 14-8-262-78	40%
вода	от 15 до 20%

Для набивной футеровки применять формовочную смесь (ковшовая).

Состав формовочной смеси:

смесь оборотная	80%
глина огнеупорная ТУ 14–8–262–78	20%
вода	от 15 до 20%

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

$$n_k = T_p + T_v + T_f + T_c / T_p + n_z, \quad (15)$$

где T_p - время работы ковша, ч;

T_v - время остывания и выбивки ковша, ч;

T_f - время на футеровку и ремонт ковша, ч;

T_c - время сушки ковша, ч;

n_z - количество запасных ковшей, шт.

Количество крановых поворотных ковшей необходимое для обеспечения работы цеха:

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

Для обеспечения работы печи необходимо 3 ковша емкостью 6 т на одну печь, так как на сталеплавильном участке 3 печи, то необходимо 9 ковшей, а в 3 смены необходимо 27 ковшей.

3.1.4. Расчет шихты для стали 25Л

Таблица 15 - Расчет шихты

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

Таблица 16 - Расчет шихты

Марка стали				25Л	
Плавильное оборудование				ДППТ-6	
Объём производства (тыс. тонн)				12000 т годового	
	Статьи баланса, наименование материала	ГОСТ, ТУ	Марка мат-ла	Норма	
				%	кг
I. Баланс металла (в % к металлозавалке)					
1	Выход годового металла			63,6	3816
2	Возврат собств. пр-ва			29,4	1764
	в т.ч. брак литья			5,0	300
3	Угар и безвозвратные потери			2,0	120
	ИТОГО:			100,0	6000
II. Шихтовые материалы					
1	Чугун передельный	805-95	ПЛ1-2; П1-2	2,3	24,6
2	Лом стальной углеродистый	2787-75	2А	40,27	430,9
3	Возвраты собств. производства			55,0	588,5
4	Ферросплавы:				
	Ферромарганец в углерод.	4755-91	ФМн70	1,5	16,0
	Ферросилиций	1415-93	ФС45	0,28	3,0
	ИТОГО металлозавалки			100,0	6000
III. Раскислители и модификаторы					
1	Алюминий вторичный	295-98			2,2

Химический состав стали 25Л по ГОСТ 977-88:

C = 0,25 – 0,35

Mn = 0,4 – 0,9 (- 20%)

Si = 0,2 – 0,4 (- 15%)

Для Mn:

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

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

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

Среднее значение: $x = 0,8125$

Для S_i :

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

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

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

Среднее значение $y = 0,35$

3.2. Смесеприготовительное отделение

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

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

Смеситель формовочного материала является центральным узлом каждой установки для подготовки смеси. В первую очередь смеситель выполняет следующие операции в процессе подготовки смеси [11]:

- оптимальная добавка воды и освежающих добавок;
- смешивание и однородность всех компонентов смеси;
- диспергирование бентонита и равномерное покрытие песчаных зерен бентонитом.

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «HWS», в частности смеситель типа WT производительностью 25 т/ч, который входит в комплект автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия).

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

Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита, также входящего в комплект автоматической формовочной линии фирмы «HWS».

В вихревом смесителе «HWS» непосредственно после загрузки горелой земли начинается высокоэффективная фаза смешивания. Уже в начале цикла смешивания вода быстро усваивается бентонитом благодаря интенсивному перемешиванию вихревой головкой. Это происходит в течение первых 35-40 секундах, благодаря чему обеспечивается равномерное покрытие бентонитом песчаных зерен. В процессе смешивания осуществляется непрерывный контроль влажности и на 40 секунде автоматически вводится корректирующая добавка воды, количество которой рассчитывается процессором на основе данных текущего контроля влажности в каждом цикле. Показатели влажности, уплотняемости и прочности смеси отслеживаются и регулируются автоматической системой управления в режиме реального времени. Это позволяет обеспечить стабильную влажность и насыпной вес формовочной смеси.

Полный цикл смесеподготовки составляет 112,5 секунд, а полезное время смешивания не более 85 секунд. Столь короткое время смесеподготовки обеспечивается конструкцией смесителя. Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь постоянно переворачивается и перемешивается. Одновременно осуществляется подача смеси к верхней секции вихревой головки для разрыхления.

Непрерывные повороты главного потока песка посредством вращающихся против часовой стрелки плужков, в комбинации с потоком песка, поступающим в противоположном направлении за счет вращения вихревой головки, обеспечивают эффективное смешивание компонентов и разрыхление смеси. Подготовленная формовочная смесь покидает смеситель в конце цикла смешения и обладает высокой гомогенностью состава, рыхлой структурой и высокой сыпучестью, в ней полностью отсутствуют комья.

Такая технология подготовки формовочной смеси позволяет максимально полно использовать возможности современных многокомпонентных формовочных связующих, предназначенных для получения качественных отливок с высокой чистотой поверхности [11].

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

Единые смеси применяют при машинной и автоматической формовке в цехах серийного и массового производства [2]. При переработке для

повторного применения в них вводят достаточное количество свежих материалов для придания высоких технологических свойств. Контроль соответствия химического состава осуществляется специальными датчиками, которыми оснащен вихревой смеситель WT, входящий в комплект автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия).

3.2.1. Расчет смесителей для формовочной смеси

Количество смесителей находим по формуле:

$$n = \frac{N \cdot K_{\Pi}}{F_{д} \cdot q}, \quad (16)$$

где N – расход смеси на производственную программу, м³;

K_Π – коэффициент, учитывающий потери на программу;

F_д – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность смесеприготовительного агрегата, м³/ч.

Производительность смесителей для формовочной смеси равна 35 м³/ч, количество формовочной смеси в соответствии с таблицами № 18 и № 19 составляет 133280 м³.

Годовая производительность смесителя:

$$n = \frac{91533,8 \cdot 1,1}{5632,5 \cdot 25} = 0,68 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одного смесителя модели WT.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле

$$K_z = \frac{N_{\text{расчетное}}}{N_{\text{принятое}}} \quad (17)$$

Коэффициент загрузки должен удовлетворять неравенству:

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

$$K_z = \frac{0,68}{1} = 0,68$$

Таблица 17 – Расчет количества формовочной и стержневой смеси

Параметры	Показатели
Расход единой смеси на тонну годного, м ³	7,265
Расход единой смеси на программу с учетом просыпи 5% (12000 т), м ³	91533 м ³
Расход стержневой смеси на тонну годного, м ³	0,479
Расход стержневой смеси на производственную программу (12000 т), м ³	5749 м ³

Таблица 18 - Техническая характеристика смесительной установки WT

Характеристика	Величина
Производительность смесеприготовительной установки, т/ч	50
Производительность смесеприготовительной установки, м ³ /ч	25
Производительность установки охлаждения смеси, т/ч	50
Производительность транспорта, т/ч	50
Производительность смесителя, т/ч	50
Суммарный объём бункеров для отработанной смеси, м ³	100
Объём бункера для свежего песка, м ³	8
Объём бункера для бентонита, м ³	4
Расход воды для охладителя отработанной смеси, м ³ /ч	5-7
Расход воды для смесителя, м ³ /ч	2-4
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	5-7

3.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение

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

Самый распространенный вид литья - литье в разовые песчаные формы. Этим методом можно изготовить отливки любого размера и веса, независимо от их серийности. В проектируемом цехе используется литье в песчаные формы [6].

Выбор планировочных решений линии и размещение всех агрегатов линии приняты по классической схеме, поэтому линия фирмы «HWS» очень хорошо вписываются в производственные площади цеха.

Карусельный формовочный автомат с механизмом перемещения опок, механизм распорки с механизмом загрузки опок в автомат, позволяют легко и быстро осуществлять замену модельных комплектов, что очень важно в нынешних условиях при переходе по необходимости на производство малых серий отливок с большей номенклатурой.

Как показала практика, при применении автоматических формовочных линий:

- увеличивается производительность труда,
- высвобождается до 50 рабочих,
- уменьшается брак при отливке деталей,
- снижается вес литых заготовок,
- уменьшается трудоемкость изготовления 1 т годного литья,
- облегчается труд формовщиков, повышается культура производства.

Рассмотрев технические характеристики самых известных в мире фирм считаю, что самыми надежными в работе, самыми универсальными по компоновочным решениям являются автоматические формовочные линии фирмы «HWS». Применяемый на этих линиях способ уплотнения форм воздушным потоком с последующим прессованием позволяет получать литейные формы высокого качества.

Метод уплотнения форм воздушным потоком с прессованием используется с 1983 года на линиях изготовления сырых песчано-глинистых форм. Бесспорные преимущества технологии SEATSU (уплотнение форм воздушным потоком плюс прессование), которые четко прослеживаются и при эксплуатации всех формовочных линий «HWS»:

Равномерно высокая твердость формы является предпосылкой для изготовления отливок высокой размерной точности, более равномерную по объему твердость формы, изготовленной способом SEATSU. Меньше стержней. Во многих местах форм возможна формовка сложных контуров моделей и крайних болванов из-за равномерной твердости формы по способу SEATSU.

Уменьшение формовочного уклона. Расход металла и затраты на механическую обработку отливок уменьшаются по причине уменьшения формовочных уклонов до $0,5^\circ$ и меньше.

Лучшее использование плоскости разъема отливками. Более плотное расположение моделей на подмодельной плите возможно, допускаются меньшие расстояния между моделями и опокой. Это значит больше отливок в одной форме.

Уменьшение затрат на очистку отливок. В значительной мере уменьшаются затраты на очистку и окончательную обработку отливок. Это обусловлено тем, что способом SEATSU производятся высококачественные отливки одинаково высокого качества в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти полным отсутствием дефектов поверхности, заусенцев и т.д.

Гуманная технология. Воздушный поток заменяет встряхивание или шумный импульс. Поэтому снижается уровень шума и составляет менее 85 дБА. Способ SEATSU работает без динамических нагрузок на фундамент. Это значит - снижение затрат на фундамент, уменьшение повреждений и снижение затрат на техобслуживание.

Нет износа моделей, так как воздушный поток по поверхности модели создает эффект «псевдосмазки» или воздушную прослойку.

Для заполнения формовочной смесью опоки подъемный стол машины поднимает модельную оснастку с опокой и наполнительной рамкой вверх и прижимает ее к головке прессы. Тем самым формовочное пространство герметично изолируется от внешней среды.

Такая изоляция формовочного пространства необходима для того, чтобы уплотняющий воздушный поток мог выходить только через венты в подмодельной плите.

Процесс уплотнения осуществляется в несколько этапов, которые практически безостановочно переходят один в другой. Клапан SEATSU открывается, и уплотняющий воздух насквозь проходит через формовочную смесь и обеспечивает равномерное распределение смеси в форме и плотное прилегание ее слоев к контурам модели на первом этапе.

На втором этапе обеспечивается предварительное уплотнение смеси. Воздушный поток оказывает направленное давление на каждое зерно смеси и приводит нижние слои смеси в движение.

Смесь под воздействием воздушного потока перемещается в более низкие участки модели. При этом возникает поперечное напряжение и предотвращается эффект прилипания.

Плотность сжатия под направленным воздействием потока возрастает от слоя к слою, так что наибольшая плотность достигается на участках вблизи модели.

Возможность регуляции уплотнения и твердости формы. Благодаря этому возможно изготовление более мягкой верхней опоки, что улучшает газопроницаемость верхней полуформы. Высокая проницаемость формы: перемещаясь от верха полуформы к поверхности модели, воздушный поток способствует образованию микроканалов в форме.

Качество формы в большой степени зависит от качества формовочной смеси. Опыт показывает, что метод SEATSU в состоянии обеспечивать хорошее качество форм почти со всеми видами смесей, применяемых в машинной формовке. При переходе на метод уплотнения форм воздушным потоком с прессованием от обычного метода уплотнения встряхиванием приходится в большинстве случаев уменьшать содержание влаги, чтобы

улучшить текучесть, которая важна как при предварительном уплотнении, так и при последующем прессовании.

При методе SEATSU параметры процесса уплотнения для той или иной формы являются одинаковыми, поэтому и свойства смеси должны иметь по возможности лишь небольшие отклонения, если нужно получить отливки с хорошей повторяемостью и одинакового качества.

Метод SEATSU доказал свою эффективность в более чем 500 литейных цехах по всему миру. Уплотнение в два этапа, то есть воздушным потоком и последующим прессованием, обеспечивает прекрасные результаты.

Формы, изготавливаемые по технологии SEATSU, отличаются высокой степенью и равномерностью уплотненности по высоте. Тем самым они обеспечивают высокую размерную точность и прекрасное воспроизведение контуров. Хорошая уплотненность по краям позволяет устанавливать модели на подмодельную плиту вплотную к стенкам опоки, что означает практичность использования площади опоки.

Точность воспроизведения мельчайших контуров модели имеет неоспоримые преимущества при серийном изготовлении отливок. Для достижения этого первая порция формовочной смеси подается дозированно, что уменьшает количество просыпей и облегчает процесс приготовления смеси. Имеется возможность использования экзотермических прибылей.

На формовочной линии используется программное обеспечение CAS. Система CAS представляет собой надежное средство контроля в реальном времени как всей линии, так и каждого из примерно 300 приводов.

Это необходимо для соблюдения заданного и фактического времени их срабатывания и обеспечения и повышения коэффициента использования оборудования.

Для определения времени такта всей линии и каждого привода компьютер устанавливает момент старта и продолжительность отдельных движений, производит запись в файловую систему XML и визуализирует процессы в виде графики или таблиц для облегчения работы оператора.

Другим техническим нововведением является использование электрических приводов в конструкции узлов подачи на линии простановки стержней, заливки и охлаждения. Используются регулируемые асинхронные машины, при этом толкательные и тормозные механизмы сообщаются между собой на контрольной ведущей частоте.

Характерным качеством смонтированных приводов является предельная точность их регулировки. Она достигается благодаря отсутствию возмущающего воздействия колебаний температуры гидравлической

жидкости, колебаний давления масла, понижения масляного столба, которая типична для простых гидравлических приводов.

Благодаря отсутствию масла образуются также и другие преимущества, такие как снижение пожароопасности и уровня загрязнения окружающей среды, что иногда происходит на линиях с морально устаревшими гидросистемами из-за утечки масла или в результате смены фильтра.

3.3.1. Расчет количества формовочных линий

Расчет автоматических формовочных линий.

Найдём необходимое количество формовочных линий:

$$n_m = \frac{N}{(F_\partial - t) \cdot q}, \quad (18)$$

где N - количество форм, шт. в год;

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

F_∂ - действительный фонд времени, ч/год;

q - производительность машины, ф/ч.

Таблица 20 - Технические данные АФЛ «HWS»

Параметр	Показатель
Внутренние размеры опоки	1200×900×300/400/500мм
Производительность формовки	30 полных форм/час
Время цикла	72 с
Потребность в формовочной смеси	50 т/ч
Количество разливочных мест	60
Время охлаждения:	115 мин
Общий уровень шума линии	82 дБ
Формовочная машина	Отдельная станция типа F1 с
Количество формовочных машин	Одна
Система формовки	Уплотнение под высоким давлением
Гидропривод	Централизованный
Давление в гидравлическом контуре	100 бар
Температура масла	50°C ± 5°C
Система электроуправления	Централизованная
Расход охлажд. воды, средний	10 м³/ч при t на входе 30°C
Предполаг. установл. мощность	350 кВт
Расход сжатого воздуха, 6 бар	6 180 Нм³/ч
Рабочее напряжение	3×400 V, 50 Hz,
Управляющее напряжение	230 V, 50 Hz
Допустимые колебания	Напряжение +10% -2,5%

Таблица 19 – Расчет потребности стержневой и формовочной смеси

Наименование отливки	Масса отливки, кг	Общее кол-во отливок на программу, шт.	Брак механ. шт.	Брак, шт.	Общее кол-во отливок с учетом брака, шт.	Кол-во отливок в форме, шт	Кол-во форм на пр. программу, шт	Объем формов. смеси, м ³	Масса формов. смеси, т	Кол-во стержней на отливку, шт	Кол-во стержней на программу, шт	Масса стержневой смеси на отливку, кг	Масса стержневой смеси на программу, т	Объем стержневой смеси на отливку, м ³	Объем стержневой смеси на программу, м ³
Крышка	32,3	5000	250	350	5600	6	980	532,1928	851,5084	6	33600	36,2	222,992	61,54	396,3176
Корпус	46,2	5000	250	350	5600	4	1470	1529,84	2447,744	8	44800	15,9	97,944	27,03	174,0732
Букса	39,1	5000	250	350	5600	4	1470	1510,938	2417,5	6	33600	22,3	137,368	37,91	244,1404
Козырек	58,7	5000	250	350	5600	4	1470	1799,717	2879,548	4	22400	12,8	78,848	21,76	140,1344
Щит	52,3	5000	250	350	5600	4	1470	1829,532	2927,251	2	11200	22,2	136,752	37,74	243,0456
Втулка	65,1	5000	250	350	5600	6	980	1116,047	1785,675	4	22400	12,9	79,464	21,93	141,2292
Венец	114,6	5000	250	350	5600	3	1960	2221,803	3554,885	7	39200	15,6	96,096	26,52	170,7888
Ступица	76,5	5000	250	350	5600	4	1470	1497,076	2395,322	3	16800	43,3	266,728	73,61	474,0484
Плита	70,1	5000	250	350	5600	3	1960	2390,589	3824,943	2	11200	36,2	222,992	61,54	396,3176
Погон	76,3	5000	250	350	5600	4	1470	1741,982	2787,171	3	16800	21,1	129,976	35,87	231,0028
ВП инжектора	105	5000	250	350	5600	2	2940	3924,097	6278,555	1	5600	16,6	102,256	28,22	181,7368
Диск	154,4	5000	250	350	5600	2	2940	3310,617	5296,987	6	33600	28,9	178,024	49,13	316,3972
Валик	113,5	5000	250	350	5600	3	1960	1998,825	3198,12	9	50400	18,9	116,424	32,13	206,9172
Защита	155,8	5000	250	350	5600	2	2940	2825,932	4521,491	10	56000	30,5	187,88	51,85	333,914
Хомут	128,4	5000	250	350	5600	2	2940	3867,502	6188,003	2	11200	13,6	83,776	23,12	148,8928
Клапан	159,1	5000	250	350	5600	2	2940	3615,039	5784,063	4	22400	22,4	137,984	38,08	245,2352
Стойка	194,1	5000	250	350	5600	1	5880	7168,545	11469,67	6	33600	36,9	227,304	62,73	403,9812
Упор	189,2	5000	250	350	5600	2	2940	3449,758	5519,613	3	16800	42,8	263,648	72,76	468,5744
Рулевая тяга	220,3	5000	250	350	5600	1	5880	7698,575	12317,72	2	11200	35,9	221,144	61,03	393,0332
Тяга	196,1	5000	250	350	5600	2	2940	3179,589	5087,343	5	28000	40,1	247,016	68,17	439,0148
		100000	5000	7000	112000		49000	57208,2	91533,12		520800		3234,616		5748,7948

$$n_i = \frac{49000 \cdot 2}{(5692,7 - 52,7) \cdot 30} = 0,61 \text{ шт.}$$

Принимаю одну формовочную линию «HWS» для выполнения производственной программы.

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{\zeta} = \frac{0,61}{1} = 0,61$$

3.4. Стержневое отделение

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

Технологический процесс изготовления деталей осуществляется в замкнутом режиме. Все стержневые машины снабжены индивидуальными смесителями непрерывного действия типа ТЗ6/3и газогенераторами типа Sigmacure 100. Изготовление средних и мелких стержней производится на машинах типа «DISCO 3200» со встроенным смесителем непрерывного действия. Стержневую машину обслуживает один человек, а при изготовлении крупных стержней два.

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

После покраски стержни подвергаются тепловой подсушке в горизонтальном конвейерном сушиле:

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

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

Технологический процесс изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей основывается на свойстве связующих быстро отверждаться при воздействии катализаторов или газовых отвердителей и включает себя следующие операции:

- сборка стержневого ящика;
- автоматический обдув стержневого ящика сжатым воздухом;
- автоматическое нанесение разделительного покрытия;

- заполнение ящика стержневой смесью;
- продувка смеси в стержневом ящике газообразным катализатором;
- продувка стержня в стержневом ящике воздухом для удаления катализатора;
- раскрытие стержневого ящика;
- удаление стержня из ящика;
- зачистка заусенцев на стержне.

Таблица 21 – Характеристики стержневого автомата Disco 3200

Наименование параметра	Ед. изм.	Показатель
Стержневая машина «Disco 3200»		
цикл (без продувки газом)	с	30
объем пескодувной головки	л	35
макс, размеры ящика с вертикальным разъемом		
длина	мм	700
ширина	мм	650
высота	мм	700
емкость загрузочного бункера	кг	80
установленная мощность	кВт	37,0
газогенератор Sigmafire 100 установленная мощность	кВт	11,0
Смеситель Т36/3		
производительность	т/час	3,0
СИСТЕМА ПНЕВМОТРАНСПОРТА		
Пневматический нагнетатель PL 500		
емкость	л	500
размеры (диаметр x высота)	мм	900×1675
Бункер		
емкость	т	4,8
Нагреватель песка		
мощность	кВт	154
производительность	т/час	30-40

Ответственные стержни, выполняющие полости отливок, требующие повышенной чистоты, подвергаются окраске спиртовыми противопожарными красками с последующей тепловой подсушкой проходном сушиле.

3.4.1. Расчет стержневых машин

Количество стержневых машин определяем по формуле:

$$n_{cm} = \frac{N_{cm}}{(\Phi_o - t) \cdot q}, \quad (19)$$

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

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

Φ_0 – действительный фонд времени, ч/год;

q – производительность машины, шт./ч.

$$n_{ci} = \frac{520800}{(5752,9 - 102,9) \cdot 60} = 1,54 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{1,54}{2} = 0,77$$

Для выполнения производственной программы необходимо 2 стержневых автомата на основе ХТС модели «Disco 3200».

3.5. Термообрубное отделение

После выбивки отливки подвергаются термической обработке для снятия внутренних напряжений и получения определенной структуры металла и физико-механических свойств. Термическая обработка отливок производится в тепловых печах камерного типа с выкатным подом. Емкость одной печи 10 м³. Печи работают на смешанном газе.

Для фасонных отливок из углеродистой стали с содержанием углерода от 0,15 до 0,5% применяется отжиг и нормализация с высоким отпуском. Цель отжига – устранить внутренние напряжения и улучшить структуру и механические свойства отливок. Нормализация дает измельчение структуры в отливках из мало- и среднеуглеродистых сталей. Повышение твердости отливок достигается закалкой с охлаждением в воде и последующим отпуском. Для этого на участке находится кессон с водой.

Пройдя термическую обработку, отливки на передаточной тележке подаются на обрубное отделение, где производится обрубка, очистка литников, выпоров, прибылей при помощи пневмозубил и газопламенной резки. Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливов и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников [12]. Механизация очистки поверхности отливок на участке обрубки осуществляется с помощью одностороннего обдирочно-шлифовального станка, машин зачистной 0Л9968-205, а так же с применением пневматических машинок и сменных борфрез.

Для очистки отливок в цехе применяются дробеметный барабан периодического действия модели 42237, так как имеет высокую

производительность. Техническая характеристика очистного барабана модели 42237 указана в таблице 22.

Таблица 22 Техническая характеристика очистного барабана модели 42237

Параметры	Показатели
Производительность, т/ч	5
Установленная мощность, кВт	126
Масса, т	74

Так как отливки очищаются до термической обработки и после термообработки, то для выполнения производственной программы необходимо установить 2 дробеметных барабана.

Сталь 25Л подвергается нормализации. Отливки нагревают до температуры 920-960⁰ С и охлаждают 2-3 часа на воздухе. [13]. При нормализации происходят структурные изменения в отливке. В следствии полной фазовой перекристаллизации формы и размеров зерна, увеличение дисперсности фаз и структурных составляющих и получение более однородной мелкозернистой структуры.

Готовые отливки подвергаются окончательному контролю ОТК. Незначительные дефекты на неответственных поверхностях отливок могут быть исправлены. Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка. Годные отливки отгружаются потребителям. Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются в скрап на переплав.

Количество печей для термообработки отливок определяем по формуле:

$$N_n = \frac{1,05 \cdot 1,25 \cdot V_r}{0,8 \cdot П \cdot \Phi}, \quad (20)$$

где V_r – выход годных отливок, т;

$П$ – производительность установки, т/ч;

Φ – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

$$N_n = \frac{12000,24 \cdot 1,05 \cdot 1,25}{0,8 \cdot 3,5 \cdot 5783,04} = 1,22 \text{ шт.}$$

$$K_s = \frac{1,22}{2} = 0,61$$

Количество печей для термообработки отливок принимаем 2 шт.

3.6. Внутрицеховой транспорт

Подача сырья в цех и вывоз готовой продукции осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом [14]. Участки цеха оборудованы электромостовыми кранами грузоподъемностью от 5 до 25 т, которые предназначены для транспортировки форм и заливки форм жидким металлом, а также для ремонтных мероприятий.

В автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия) предусмотрен свой транспорт: рольганги, передаточные тележки, передаточные агрегаты, кантователи.

Путь транспортировки контролируются мерными линейками с электронным устройством. За счёт этого исключаются ошибки позиционирования. Производительность транспортных устройств линии 120 т/ч, что вполне обеспечивает выполнение производственной программы. Опорные ролики рольгангов индуктивно закалены и поэтому имеют длительный срок службы и не требуют технического обслуживания.

Для предотвращения ошибочных функций и столкновений во время транспортировки все передаточные тележки оснащены системой контроля загруженности. Пневмотранспорт предназначен для транспортировки сухих сыпучих веществ на различные расстояния. В нашем проекте мы используем пневмотранспорт фирмы «HWS», тип применяемого нагнетателя RS500. Принцип передачи песка «полная труба». Производительность 3 тонны в час.

3.7. Сводная ведомость оборудования

Таблица 23 – Сводная ведомость оборудования

Наименование отделения	Наименование оборудования	Марка оборудования	Произв. программа	Производительность оборудования	Потребность в машинах, шт		Кз, %
					Расч	Прин	
Плавильное	Электродуговая печь	ДППТ-6	17802 т	2,5 т/ч	1,92	3	64
Смесеприготовительное	Смеситель	WT	91533 м ³ /ч	25 м ³ /ч	0,71	1	71
Стержневое	Стержневая машина	Disco 3200	520800 стр	60 стр/ч	1,54	2	77
Формовочное	АФЛ	HWS	49000 ф	30 ф/ч	0,61	1	61
Термообрубное	Дробеметный барабан	42237	12000,24 т	5,0 т/ч	0,69	1	69
	Печь для термообработки	ПЭ-3,5	12000,24 т	3,5 т/ч	1,22	2	61

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1. Безопасность труда

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

Для регламентации условий труда важное значение имеют различные классификации по тяжести работы, по опасности помещений. По энергетическим затратам литейное производство относится к средней тяжести 150–250 ккал/ч выполняемых работ. Каждое производственное здание должно быть надежным в эксплуатации, долговечным и удовлетворять противопожарным требованиям. Объем производственных помещений на каждого работающего должен быть не менее 5×3 м, а площадь – не менее 3,2 м и определены Р.2.2.2006-05 [15]. Высота пешеходных галерей, эстакад, переходов при регулярном проходе работающих 2 м, ширина – 1,5 м. Все площадки на высоте 0,5 м от пола, лестницы, переходные мостики, люки ограждаются перилами высотой не менее 1,2 м со сплошной облицовкой по низу на высоте 0,2 м. Лестницы должны иметь уклон не более 75°. На рабочих местах при легкой работе и работе, не требующей постоянного передвижения, полы устраивают теплыми [16].

Площадь остекленных проемов составляет от 20 до 30% площади наружных стен. Для проветривания производственных помещений предусматривают открывающиеся устройства в окнах площадью не менее 20% общей площади световых проемов. В системе механической приточной вентиляции рекомендуется предусматривать очистку воздуха от пыли в рабочей зоне помещений [15].

Охрана труда и здоровье трудящихся на производстве является наиважнейшей задачей. При решении задач необходимо четко представлять сущность процессов и отыскать способы, устраняющие влияние на организм

вредных и опасных факторов и исключают по возможности травматизм и профессиональные заболевания.

При улучшении и оздоровлении условий работы труда важными моментами, является комплексная механизация и автоматизация технологических процессов на производстве. Так как охрана труда наиболее полно осуществляется на базе новой технологии и научной организации труда, то при проектировании нового цеха используются новейшие разработки.

Все вышеупомянутые вопросы я постарался учесть в данном дипломном проекте. Замена встряхивающих формовочных машин 235С на автоматическую формовочную линию фирмы «HWS», (Германия), принцип формообразования в которой прессы ведёт к резкому снижению выброса пыли, уровня вибрации, высвобождает людей от тяжелого ручного труда, снижает количество опасных физических факторов воздействующих на лиц обслуживающих данную линию (движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования). Замена мартеновских печей на электродуговые печи постоянного тока.

4.1.1. Характер труда

Проектируемый цех включает в себя следующие отделения:

Плавильное отделение и шихтовый двор. Здесь производятся такие операции как плавка металла в электродуговых печах; ремонт ковшей их сушка и подогрев, выбивка сводов. Эти операции сопровождаются следующими вредными производственными факторами: пыль, содержащая оксиды металлов, нагревающий микроклимат, инфракрасное излучение, среднечастотный шум, локальная вибрация.

Формовочно-заливочно-выбивное отделение. Изготовление полуформ сопровождается шумом и выделением кварцесодержащей пыли. При заливке форм металлом выделяется пыль, содержащая свободный диоксид кремния, оксиды металлов, оксид углерода. Имеется нагревающий микроклимат и инфракрасное излучение. Выбивка форм сопровождается выделением кварцесодержащей пыли, имеется вибрация и шум.

Стержневое отделение. Здесь производится изготовление стержней пескодувным способом из холоднотвердеющей смеси. Все операции в этом отделении сопровождаются выделением кварцесодержащей пыли, диоксида углерода, продуктов испарения связующих и катализаторов,

аэрозоля красок и шумом. Свежеприготовленная смесь ХТС выделяет в атмосферу цеха вредные газы.

Смесеприготовительное отделение. При изготовлении смесей в бегунах наблюдается выделение кварцесодержащей пыли, имеется среднечастотный шум.

Отделение финишных операций. Здесь производятся следующие операции: выбивка стержней, очистка литья дробеструйно-дробеметным методом, электрогидравлическая очистка, газовая резка, термическая обработка, грунтовка и окраска отливок. Все операции характеризуются большим выделением пыли, теплоты, шума и вибрации.

4.1.2. Условия труда

Микроклимат производственных помещений

Одним из наиболее важных факторов в обеспечении высокой производительности труда и профилактике заболеваний является благоприятный климат на рабочем месте. Величина температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, устанавливаемые для рабочей зоны производственных помещений с учетом тяжести выполняемой работы и периода года, подразделяются на оптимальные и допустимые.

Автоматическая формовочная линия фирмы «HWS», (Германия) позволяет проводить дистанционное управление процессом, увеличивая расстояние между рабочим и источником тепла или излучения. Корпуса смесителя и бункера отработанной смеси имеют встроенную теплоизоляцию с водяным охлаждением (расход воды 7 м³/ч), которая согласно техническим характеристикам снижает уровень теплового излучения на 95%.

Одним из этапов является и изменение системы вентиляции по СНиП 41-01-2003 [16]. Совместно с запуском формовочной линии планируется запуск приточно-вытяжной вентиляция. Местная вытяжная вентиляция устанавливается непосредственно на рабочих местах. На вытяжной вентиляции применяются предохранительные сетки на всасывающем патрубке. Местная приточная вентиляция установлена на заливочной площадке. Количество подаваемого воздуха регулируется клапанами и заслонками. Для обеспечения воздухообмена согласно нормам в цехе предусмотрена общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Для получения расчетного воздухообмена вентиляционные проёмы в стенах, а

также в кровле здания (аэрационные фонари) оборудуют фрамугами, которые открываются и закрываются с пола помещения.

Воздух производственной среды постоянно подвергается воздействию опасных и вредных факторов, формируемых протекающими в этой среде технологическими процессами.

К этим факторам относятся выделения пыли, жидких и газообразных химических веществ.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентрации.

В таблице 24 приведены значения ПДК основных вредных веществ, выделяющихся в литейном цехе на участке формовки.

Таблица 24 - ПДК основных вредных веществ

Наименование вредного вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м	Реальное содержание, мг/м ³
Окислы железа	4	4	2,8
Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70% (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль и др.)	3	2	1,50

Основными источниками выброса пыли являются: выбивные решётки и формовочные машины 235С.

Автоматическая формовочная линия фирмы «HWS» (Германия) позволяет проводить дистанционное управление процессом, увеличивая расстояние между рабочим и источником выброса вредных примесей. Для очистки воздуха на линии предусмотрено 18 местных, автономных фильтров с автоматическим очистным устройством. Зонты фильтров расположены по всей длине линии. Данная система обладает высокой степенью очистки загрязненного воздуха от сухих частиц различных видов пыли и дыма, размером от 300 до 0,05 мкм и менее. Эффективность очистки достигает 99,9%. Фильтр имеет большую производительность при минимальной потере давления и обеспечивает низкие эксплуатационные затраты.

Также смесеприготовительная установка имеет герметичный бункер, в котором происходит смешивание. Над выбивной решёткой и под ней находятся мощные вытяжные зонты, по периметру находятся экраны, которые максимально ограничивают выброс пыли в стороны. Автоматическая формовочная машина HWS, в которой формообразование

происходит за счёт прессования, снизит уровень выброса пыли на рабочем месте формовщика.

В целях поддержания нормальной температуры в рабочей зоне формовщика в холодное время года, предусмотрена система водяного отопления по всему периметру производственной площади, в конторках установка тепловых завес на воротах цеха (калориферов) и установка оконных рам с двойным остеклением. На паропроводах, подающих пар к калориферам, необходимо сделать тепловую изоляцию с экраном из алюминиевой фольги.

При проектировании на 1 формовщика приходится: объем производственного помещения 540 м³, площадь 36 м², высота производственных помещений – 15 м, что не противоречит требованиям СНиП 2.01.02-85 [17].

Работа формовщика относится к 2б категории тяжести работ. Исходя из этого, устанавливаются нормируемые значения показателей микроклимата в рабочей зоне согласно ССБТ ГОСТ 12.1.005-88* [18]. Сравнительная характеристика допустимых показателей в рабочей зоне формовщика приведены в таблице 25 [19].

Таблица 25 - Микроклимат в рабочей зоне формовщика

Показатели микроклимата	Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более, м/с
Допустимые, в соответствии с СПиН 2.2.4.548-96	Холодный	Пб (233-290)	15-22	15-75	0,2-0,4
	Теплый	Пб (233-290)	16-27	15-75	0,2-0,5
Фактические	Холодный	Пб (233-290)	12-20	40-50	0,2-0,3
	Теплый	Пб (233-290)	18-28*	50-60	0,3-0,5

Для отопления цеха в зимний период запроектированы калориферы. В летнее время открывают окна фонари и включают кондиционеры. То есть предлагаемая реконструкция создаст благоприятный микроклимат для работы формовщика.

Электробезопасность

Все электрооборудование в цехе стального литья должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» [20], а его эксплуатация – «Правилам технической эксплуатации электроустановок

потребителей» [21]. Меры по обеспечению электробезопасности по ГОСТ 12.1.019-2009 [22]. По степени опасности поражения людей электрическим током цех относится к помещениям 3 класса – с повышенной опасностью, так как в цехе практически все технологическое оборудование, работает от электрического тока. В цехе присутствуют постоянно два или более условия повышенной опасности (сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура).

Меры по обеспечения электробезопасности формовщика:

- все электрошкафы и электрощитки, расположенные на формовочном участке, должны быть надежно закрыты;
- в электрической схеме формовочной линии предусмотрена защита потребления от перегрузки и коротких замыканий;
- при работе с электрооборудованием не следует прикасаться к его токоведущим частям, оборудованию и металлоконструкциям, которые оказались под напряжением из-за нарушении изоляции;
- все нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при не исправной изоляции имеют защитное зануление;
- применение предупредительных плакатов на опасных местах. Например: «Стоять! Опасно для жизни!», «Под напряжением!», «Не включать! Работают люди!», «Стоять! Напряжение», «Не влезай! Убьет»;
- сопротивление изоляции должно составлять 1 кОм на каждый вольт напряжения установки.

Для защиты от поражения электрическим током в помещениях с особой опасностью применяют пониженные напряжения питания электроустановок 36 и 12 В. Такие установки расположены в туннелях и местах пересыпки земли, а также где наблюдается повышенная влажность.

Освещение производственных помещений

Освещение является одним из важнейших производственных условий работы. Через зрительный аппарат человек получает около 90% информации. Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях литейной промышленности обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. От освещения зависит производительность труда и качество выпускаемой продукции.

В соответствии со СНиП 23-05-95* [23] освещение должно обеспечивать санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности во времени и правильность направления светового потока.

Для безопасного продолжения работы или выхода людей из помещений при внезапном отключении света предусмотрена система аварийного освещения. Светильники аварийного освещения присоединены к сети, независимой от сети рабочего освещения, то есть автономны.

В цехе, конкретно на рабочем месте формовщика используем совмещённое освещение. На протяжении всей формовочной линии установлено локализованное освещение, позволяющее следить за ходом работы линии. Также на рабочем месте формовщика и вдоль проходов в цехе (эвакуационные пути) предусмотрено аварийное освещение, позволяющее рабочему в случае аварии покинуть опасную зону. Цех имеет самостоятельные отделения и участки, характеризующиеся различными разрядами зрительных работ и расстоянием от объекта различения до глаз работающего. У формовщика разряд зрительных работ – Шб средний, то есть в соответствии со СНиП 23-05-95 [23] норма освещённости при искусственном освещении при системе комбинированного (общее + местное) освещения составляет всего – 750 лк, в том числе от общего 200 лк. Коэффициент освещённости при комбинированном освещении КЕО $e_n = 3,0\%$.

Проведем расчет искусственного освещения, методом коэффициента использования светового потока. Цель – определение требуемого светового потока ламп, обеспечивающего оптимальные условия труда при выполнении зрительных работ формовщика.

Световой поток одного светильника:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (21)$$

где Φ – световой поток каждой из ламп, лм;

E – минимальная нормированная освещённость, лк;

η – коэффициент использования светового потока;

N – количество светильников в помещении, шт.;

S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

k – коэффициент запаса;

z – коэффициент минимальной освещённости.

Для определения коэффициента использования светового потока определим индекс помещения

$$i = \frac{a \cdot b}{H \cdot (a + b)}, \quad (22)$$

где a – ширина помещения, м;

b – длина помещения, м;

H – высота подвеса светильников, м.

$$i = \frac{100 \cdot 100}{25 \cdot (100 + 100)} = 2,0$$

$$\eta = 80\% = 0,80$$

Тип светильника ГСР.

Рассчитаем световой поток для формовочного отделения

$$\Phi = \frac{200 \cdot 2500 \cdot 1,15 \cdot 1,7}{78 \cdot 0,80} = 15665 \text{ лм}$$

Для освещения плавильного отделения выбираем: лампы типа ДРЛ-400 мощностью 400Вт; со световым потоком 18000 лм; рабочее напряжение 220В; срок службы 15000 ч; количество 36 шт, установка в 6 рядов по 6 ламп, тип светильника ГСР.

Защита от шума и вибрации

Шум – беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, отрицательно действует на организм человека, мешает полноценной работе и приводит к ряду профессиональных заболеваний.

Допустимый уровень шума для производства регламентируется ГОСТ 12.1.003-90 [24]. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [25] предельно допустимый, эквивалентный (по энергии) уровень звука для непостоянных шумов устанавливается 80 дБА.

В данный момент в цехе источниками выделения шума являются: дробеметные барабаны, стержневые и формовочные машины, выбивные решетки, транспорт, галтовочные барабаны, пневмотрамбовки, пневмомолотки. В смесеприготовительном, стержневом, формовочном, термообрубном отделениях цеха уровень звукового давления колеблется в пределах 60-80 дБА [26].

Существующий уровень звукового давления на рабочем месте формовщика составляет 85 дБА [26]. Внедрение автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия) позволяет снизить уровень звукового давления до 60-70 дБА. Прежде всего, это происходит за счет изменения способа формообразования, то есть ударный процесс (встряхивание) заменён на безударный (прессование).

В линии на приводах предусмотрена система шумоподавления – это адсорбционные глушители, содержащие звукопоглощающий материал, которые находятся в корпусе линии вблизи источников шума.

В качестве средств индивидуальной защиты от шума применяют ушные вкладыши (беруши «PHONSTOP», коэффициент шумопонижения – 18 дБ ГОСТ 12.4.051-87 [28]), наушники ГОСТ 12.4.091-80 [27], шлемофоны.

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией. Вибрация оказывает вредное воздействие как на отдельные, так и на организм в целом, вызывая вибрационную болезнь. Страдает в первую очередь нервная система и анализаторы.

Устранение вредного воздействия вибрации достигается путём снижения вибрации в источнике вибродемпфирования, динамического гашения вибрации, виброизоляции, использования виброгасящих оснований. Допустимые уровни вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-90 [29]. В литейном цехе уровень вибрации не должен превышать 92 дБ.

По результатам опытных замеров в проектируемом цехе уровень вибрации колеблется в пределах 86 дБ [29].

В автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия) применяется автоматическая формовочная машина HWS, в которой формообразование происходит за счёт прессования, уровень вибрации на рабочем месте формовщика снизится до минимума.

Предлагаемая реконструкция, и мероприятия надежно защитят обслуживающий персонал на производстве во время всей смены от вредного воздействия шума и вибрации.

Техника безопасности при использовании грузоподъемных механизмов

В цехе находятся следующие грузоподъемные механизмы: мостовые краны и заливочные краны. Подъем и перемещение грузов, производимых в технологических целях, выполняется в соответствии с требованиями техники безопасности.

На автоматической формовочной линии фирмы «HWS» (Германия) передача форм происходит при помощи напольного транспорта (передаточные тележки) без использования ГПМ при этом в зоне нахождения людей запрещено.

Для обеспечения безопасности формовщика при работе с ГПМ и в зоне работы ГПМ необходимо соблюдать следующие требования:

- к работе на грузоподъемных механизмах допускаются аттестованные по соответствующим профессиям (крановщик, стропальщик и т. д.);
- перед началом работ проверяется исправность ГПМ, то есть проверка ГПМ на холостом ходу, проверка тормозов и т.д., а также произвести осмотр грузозахватных приспособлений и грузоподъемной тары, т.е. наличие бирок, табличек с указанием даты испытаний (ЧТО и ПТО) и допускаемой грузоподъемности;

- подвешивание опок к крюку грузоподъемного устройства должно осуществляться с помощью строп или цепей. Все цепи должны иметь бирку с указанием даты испытания и грузоподъемности;

- грузоподъемная тара (металлический ящик с размерами 1000×1000×400), используемая в цехе, изготовлена только согласно специально разработанным чертежам;

- перед подъемом ковша его сначала приподнимают на высоту 20-25 см от пола и убедившись в исправности тормоза, подают звуковой сигнал (на кранах), продолжают работу;

- место установки ковша должно быть заранее подготовлено (очищено от металлического скрапа) и должно обеспечивать устойчивое положение ковша и возможность снятия грузозахватных приспособлений;

- ремонт и обслуживание ГПМ проводится специальным ремонтным персоналом.

Все ГПМ снабжены конечными выключателями, звуковой сигнализацией, тормозными и удерживающими устройствами.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность в цехах промышленных предприятий обеспечивается мероприятиями пожарной профилактики. Пожарная профилактика достигается путём комплекса технических и организационных мероприятий направленных на предотвращения взрывов и пожаров, на их локализацию и создания условий для успешного тушения пожаров.

Цех отнесён к пожароопасной категории Г, как связанное с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскалённом и расплавленном состоянии, процесс обработки, которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и в котором газообразные вещества используются в качестве топлива. В соответствии со СНиП 2.0102-85 [15] здание литейного цеха относится к II степени огнестойкости.

Основными причинами возникновения пожара в литейном цехе являются:

- неисправность электрооборудования и проводки;
- нарушение технологического процесса при разливке металла;
- сварочные работы в тоннелях.

Пожарная безопасность в цехе и непосредственно на рабочих местах, должна обеспечиваться:

- наличием системы оповещения и управления эвакуацией;
- наличием средств индивидуальной и коллективной защиты людей;
- наличием средств пожаротушения:

- не загромождать эвакуационные пути и выходы;
- покрыть стены и потолок цеха огнезащитными покрытиями;
- не устанавливать на окна металлические решётки и армированные стёкла;
- эвакуационное освещение должно включаться автоматически при прекращении электропитания рабочего освещения;
- регулярно проводить обучение персонала действиям в случае возникновения пожара.

Количество огнетушителей для помещения категории Г, классе пожара В составит: пенный огнетушитель вместимостью 10 литров – 6 шт, порошковый огнетушитель емкостью 5 литров – 6 шт, расстояние между благащими огнетушителями, должно быть не более 40м, также применяется кошмы и асбополотно.

В помещениях АБК и в тоннелях цеха запрещается курить и применять открытый огонь, о чём на наружных дверях указанных помещений и внутри них должны быть установлены запрещающие знаки безопасности. Курение разрешается только в специально отведенных и оборудованных местах.

При изготовлении форм на линии используется вода, бентонит, песок, крахмал. Материалов, способных образовывать взрывоопасную среду нет.

Соблюдение правил пожарной безопасности позволит предотвратить возникновение пожаров.

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

5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

5.1. Глобальные экологические проблемы

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

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 в значительной мере загрязнить водный и воздушный бассейн окружающего района. Вследствие чего появляются кислотные дожди, парниковый эффект и т.д.

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

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

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

Большинство технологических процессов в литейном цехе сопровождается выделением в производственные помещения пыли и газов.

Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу могут повлечь за собой самые серьезные последствия.

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

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

5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Технология производства отливок из стали для вагоностроения сопровождается использованием исходного сырья получением чистой продукции и образованием отходов. Схема технологического процесса приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Схема технологического процесса получения отливок

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

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия.

Входе ТП образуются материальные и энергетические отходы: материальные отходы подразделяются на жидкие (сточные воды), твердые (скрап, шлак, пыль, и т.д.) и газообразные (оксид углерода, диоксид азота).

К энергетическим загрязнениям относятся шум и тепловые выбросы, электромагнитное излучение.

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

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

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

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

Источником электромагнитного излучения и шума является работающее оборудование, тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разлива металла.

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

Основные характеристики технологического процесса приведены в таблице 26.

Таблица 26 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

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

5.3. Основные требования экологизации проекта

Литейное производство является экологически не безопасным, поэтому необходимо соблюдение санитарно-гигиенических норм, приведенных в таблице 26.

Таблица 27 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ и предельно допустимые уровни воздействия, выбрасываемых цехом

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

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

5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.

Для снижения количества выбросов в воздух рабочей зоны предусматривается замена мартеновского способа на ДППТ-12, что позволит при сохранении объема выплавляемого металла уменьшить количество выбросов в атмосферу за счет использования современного оборудования по очистке газопылевых выбросов.

Сравнительный анализ выбросов базовой печи и вновь устанавливаемой представлены в таблице 27, [29], [30]

Таблица 28 - Сравнительный анализ выбросов

Показатели	Мартен	ДППТ-6
Пыль, мг/м ³	23,2	11,4
Количество шлака на плавку, т	0,81	0,16
Окислы железа	3,0-4,75	3,0-3,75
Окислы алюминия	2,8-2,9	1,8-1,95
Окислы углерода	19,75-19,95	14,35-16,5
Окислы азота	4,08-4,53	3,02-3,41
Окислы марганца	0,02-0,045	0,01-0,022
Сернистый ангидрид	0,447-0,785	0,235-0,653
Кремний содержащая пыль	1,6-1,95	1,5-1,75

Из таблицы видно, что при использовании ДППТ-6 происходит снижение выбросов примерно в 1,5-2 раза.

Для очистки отходящих газов предусматривается использование скруберов, циклонов, газоочистных фильтров.

Замена встряхивающих формовочных машин, решеток и ряда открытых смесеприготовительных выбивных установок (бегунов) на автоматическую формовочную линию фирмы «HWS» позволит значительно снизить выброс пыли в воздух рабочей зоны.

Уменьшение выброса тепловой энергии в атмосферу достигается применением котлов-утилизаторов. В дальнейшем, тепло отходящих газов используется для подогрева воздуха приточной вентиляции.

В проектируемом цехе предусматривается использование твердых отходов. Отработанная формовочная и стержневая смесь подвергается регенерации и последующему использованию в технологическом процессе.

Шлак, формовочные и стержневые смеси, не подлежащие регенерации, передаются на нужды народного хозяйства для изготовления кирпича на

строительства дорог и на компост. Неиспользованный шлак направляется в действующий шлакоотвал.

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

Планируемый средний удельный расход воды представлен в таблице 29.

Таблица 29 - Средний удельный расход воды

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

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс более экологичным, ресурсо- и энергосберегающим, поскольку количество вредных воздействий на окружающую среду будет сведено к минимуму, за счет применения современного автоматизированного оборудования, имеющего высокую степень очистки от вредных веществ.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

В настоящем проекте мы идем по пути совершенствования традиционного технологического процесса изготовления крупных и средних отливок. Внедряя прогрессивное формовочное и смесеприготовительное оборудование фирмы «HWS», стержневое оборудование «Disco 3200» фирмы «IMF», дуговые печи постоянного тока печи ДППТ-6 мы стремимся к интенсификации производственного процесса, а так же к более рациональному использованию сырья и материалов, снижению убытков от брака, повышению размерной точности и качества отливок, увеличению их долговечности и надежности. Расчет затрат производим на тонну годного литья. Годовая программа цеха составляет 12000,24 тонны годного литья (таблица 2).

6.1. Расчет численного состава рабочих

Численность производственных рабочих определяются отдельно по категориям: рабочие, руководители, специалисты, служащие. Различают списочную и явочную численность рабочих. При расчете используем метод расчета по нормам оборудования агрегатов. Количество производственных рабочих определяется по количеству рабочих мест на основе норм обслуживания одним рабочим количества единиц оборудования. Количество вспомогательных рабочих, ИТР, МОП, ОТК принято в процентном отношении от общего количества рабочих.

Расчет явочной численности рабочих выполняется по формуле:

$$N_{яв} = N_i \cdot A_i \cdot C_i, \quad (23)$$

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:

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{сп}, \quad (24)$$

где $K_{сп}$ – коэффициент списочного состава. (25)

$$K_{сп} = \frac{F_{ном}}{F_{д}}$$

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

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

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

Календарный фонд времени работы персонала $F_{к}$

$$F_{к} = D_{к} \cdot T_{см} , \quad (26)$$

где $D_{к}$ - число дней в году;

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

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

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

$$F_{ном} = T_{см} \cdot (D_{к} - D_{вых}) , \quad (27)$$

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

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

Действительный фонд времени $F_{д}$:

$$F_{д} = F_{ном} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) , \quad (28)$$

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

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

Баланс рабочего времени одного работника представлен в таблице 30.

Таблица 30 – 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 31, 32, 33.

Таблица 31 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуж обор. чел	Кол-во агрегатов, шт	Кол-во рабочих		К _{сп}	
					Явочное		Спис	К сп
					В сутки	В см		
Плавильное отделение								
Сталевар	5	3	1	3	9	3	10	1,19
Подручный сталевара	5	3	1	3	9	3	10	1,19
Выбивщик	4	3	1	3	9	3	10	1,19
Шихтовщик	3	3	1	3	9	3	10	1,19
Огнеупорщик	3	3	1	3	9	3	10	1,19
Итого	-	-	-	-	45	15	50	1,19
Формовочное отделение								
Сборщик форм	3	3	2	1	6	2	8	1,19
Формовщик	4	3	2	1	6	2	7	1,19
Формовщик	5	3	2	1	6	2	8	1,19
Итого	-	-	-	-	18	6	23	1,19
Стержневое отделение								
Стерженщик	5	3	2	1	6	2	7	1,19
Стерженщик	4	3	2	1	6	2	7	1,19
Итого	-	-	-	-	12	4	14	1,19
Смесеприготовительное отделение								
Земледел	4	3	1	1	3	1	6	1,19
Земледел	3	3	1	1	3	1	6	1,19
Итого	-	-	-	-	6	2	12	1,19
Термообрубное отделение								
Выбивщик	3	3	2	1	6	2	7	1,19
Газорезчик	4	3	1	1	3	1	5	1,19
Обрубщик	3	3	1	2	6	2	8	1,19
Термист	3	3	1	3	6	2	9	1,19
Итого	-	-	-	-	15	5	32	1,19
Всего	-	-	-	-	96	32	128	1,19

Таблица 32 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессий	Гарифный разряд	Число смен в сутки	Кол-во рабочих			К _{сп}
			Явочное		Спис.	
			В сутки	В см		
Крановщик	3	3	12	4	13	1,19
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	6	2	8	1,19
Электрик по ремонту оборудования	4	3	6	2	8	1,19
Кладовщик	2	3	3	1	3	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	3	3	15	5	17	1,19
Сварщик	4	3	15	5	17	1,19
Итого:	-	-	78	26	93	1,19

Таблица 33 – Штатное расписание ИТР, служащих, МОП

Должность, профессия	Количество работающих, чел	Должностной оклад, руб/месяц	Сумма окладов с учетом районного коэффициента, руб	
			В месяц	В год
ИТР				
Начальник цеха	1	50000	57500	690000
Зам начальника	2	44000	50600	1214400
Зам нач по кадрам	1	41000	47150	565800
Зам нач по сбыту прод.	1	42000	48300	579600
Начальник техбюро	1	30000	34500	414000
Технолог	3	20000	23000	828000
Старший мастер	5	26000	29900	1794000
Экономист	2	16000	18400	441600
Механик	1	28000	32200	386400
Энергетик	1	27000	31050	372600
Итого	18	-	372600	7286400
Служащие				
Нормировщик	3	12000	13800	496800
Бухгалтер	2	15000	8510	204240
Табельщик	3	13000	4485	161460
Секретарь	1	12000	4715	56580
Итого	9	-	31510	919080
МОП				
Уборщица	6	9000	10350	745200
Сатураторщик	3	8000	9200	331200
Итого	9	-	19550	1076400
Итого по цеху	36	-	423660	9281880

Таблица 34 – Структура трудящихся цеха

Категория персонала	Количество чел.	Количество работающих от общей численности, %
Рабочих основных	128	49,81
Рабочих вспомогательных	93	36,19
Рабочих всего	221	85,99
ИТР	18	7,004
Служащие	9	3,502
МОП	9	3,502
Итого	257	100

Таблица 35 – Штатное расписание рабочих

Профессия	Кол-во рабочих	В том числе по разрядам				
		1	2	3	4	5
Сталевар	10					10
Подручный сталевара	10					10
Выбивщик	10				10	
Шихтовщик	10			10		
Огнеупорщик	10			10		
Сборщик форм	8			8		
Формовщик линии изготовления форм	15				7	8
Оператор -стерженщик	14				7	7
Земледел	12			6	6	
Выбивщик	7			7		
Газорезчик	5				5	
Обрубщик	8			8		
Термист	9			9		
Крановщик	13			13		
Слесарь по ремонту оборудования	8			8		
Электрик по ремонту оборудования	8				8	
Кладовщик	3		3			
Лаборант экспресс - лаборатории	11				11	
Водитель внутрицехового транспорта	8		8			
Слесарь - сантехник	8			8		
Контролер ОТК	17					17
Сварщик	17				17	
ИТОГО	221	0	11	87	71	52

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.

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n T_{cti} \cdot N_i / N_{яв}, \quad (29)$$

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

Среднюю тарифную ставку вспомогательных рабочих определим аналогично. Исходные данные для расчетов берем в таблице 36.

Таблица 36 – Часовые тарифные ставки

Условия труда	Разряд			
	2	3	4	5
Тяжелые и вредные	20,7	21,7	22,7	23,7
Среднемесячная тарифная ставка, руб	3519	3689	3859	4029
Особо тяжелые и вредные	22,1	23,1	24,1	25,1
Среднемесячная тарифная ставка, руб	3757	3927	4097	4267

Средняя тарифная ставка основных рабочих по отделениям:

плавильное отделение:

$$T_{cp} = (25,1 \cdot 20 + 24,1 \cdot 10 + 23,1 \cdot 20) / 50 = 24,1 \text{ руб.}$$

формовочное отделение:

$$T_{cp} = (23,7 \cdot 8 + 22,7 \cdot 7 + 21,7 \cdot 8) / 23 = 22,7 \text{ руб.}$$

стержневое отделение:

$$T_{cp} = (23,7 \cdot 7 + 22,7 \cdot 7) / 14 = 23,2 \text{ руб.}$$

смесеприготовительное отделение:

$$T_{cp} = (22,7 \cdot 6 + 23,7 \cdot 6) / 12 = 22,2 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение:

$$T_{cp} = (18,1 \cdot 5 + 17,1 \cdot 24) / 29 = 23,3 \text{ руб.}$$

Средняя тарифная ставка вспомогательных рабочих

$$T_{cp} = (23,7 \cdot 17 + 22,7 \cdot 36 + 21,7 \cdot 29 + 20,7 \cdot 11) / 93 = 18,5 \text{ руб.}$$

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитаем по формуле:

$$Z_{тф} = T_{cp} \cdot N_{ч},$$

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

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

$$N_{ч} = N_{сп} \cdot F_{\delta},$$

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

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

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

Значение вышеуказанных коэффициентов устанавливается в соответствии с коллективным договором.

В проектируемом цехе принято:

- для основных рабочих премия за выполнение плана составляет 40% от тарифа; для вспомогательных рабочих – 20%;

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

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

Фонд основной заработной платы:

плавильное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 24,1 \cdot 50 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 10847169,0 \text{ руб.}$$

формовочное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 22,7 \cdot 23 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 3457591,38 \text{ руб.}$$

стержневое отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 23,2 \cdot 14 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 2167633,44 \text{ руб.}$$

смесеприготовительное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 22,2 \cdot 12 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 1749949,92 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 23,3 \cdot 29 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,1 = 4970793,96 \text{ руб.}$$

вспомогательные рабочие:

$$Z_{\text{осн}} = 18,5 \cdot 93 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,2 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15 = 9483396,3 \text{ руб.}$$

Таблица 37 – Годовой ФЗП основных и вспомогательных рабочих

Категории работающих	Сумма, руб
Плавильное отделение	10847169,0
Формовочное отделение	4699839,78
Смесеподготовительное отделение	2398079,52
Стержневое отделение	2923784,64
Термообрубное отделение	6075314,82
Вспомогательные рабочие	12904080,3
Итого:	39848268,06

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:

$$\text{ФЗП} = \text{З}_{\text{осн}} + \text{З}_{\text{доп}} \quad (33)$$

Расчет годового фонда заработной платы приведен в таблице 38.

Таблица 38 – Годовой фонд заработной платы по цеху

Категории работающих	Сумма, руб.
Основные рабочие	29 908 048,41
Вспомогательные рабочие	14 323 529,13
ИТР	8 087 904,00
Служащие	1 020 178,80
МОП	1 194 804,00
Итого:	54 534 464,35

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.

$$\text{ФМП} = \text{З}_{\text{год}} \cdot 0,1 = 54\,534\,464,35 \cdot 0,1 = 5\,453\,446,435 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 8\,087\,904,00 \cdot 0,2 = 1\,617\,580,80 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 1\,020\,178,8 \cdot 0,2 = 204\,035,76 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 5\,453\,446,435 - 1\,617\,580,8 - 204\,035,76 = 3\,631\,829,87 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП} = 29\,908\,048,41 / 54\,534\,464,35 = 0,548 \text{ руб}$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 29\,908\,048,41 \cdot 0,548 = 16\,402\,313,12 \text{ руб}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 14\,323\,529,13 \cdot 0,548 = 7\,855\,377,474 \text{ руб}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 1\,194\,804,0 \cdot 0,548 = 655\,260,05 \text{ руб}$$

Среднемесячная зарплата с премиями из ФМП составит:

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

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

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м осн}} = (29\,908\,048,41 + 16\,402\,313,12) / 12 \cdot 128 = 30149,975 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м веп}} = (14\,323\,529,13 + 7\,855\,377,474)/12 \cdot 93 = 19873,474 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{ср/м ИТР}} = (8\,087\,904,00 + 1\,617\,580,80)/12 \cdot 18 = 44932,8 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м сл}} = (1\,020\,178,78 + 204\,035,76)/12 \cdot 9 = 11335,32 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м МОП}} = (1194804,0 \cdot ((1+0,25+0,1+0,2) \cdot 1,15) + 655260,05) / 12 \cdot 9 = 7553,91 \text{ руб}$$

Сводный план по труду и заработной плате представлен в таблице 39.

Таблица 39 – Сводный план по труду и заработной плате

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Объем производства	т	12000
Численность: основных рабочих	чел.	128
вспомогательных рабочих	чел.	93
служащих	чел.	9
ИТР	чел.	18
МОП	чел.	9
Выработка продукции на одного работающего	т/ чел.	46,69
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	46310361,53
вспомогательные рабочие	руб.	22178906,61
ИТР	руб.	9705484,8
служащие	руб.	1224214,56
МОП	руб.	2805907,251
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП:		
основные рабочие	руб.	30149,98
вспомогательные рабочие	руб.	19873,57
ИТР	руб.	44932,8
Служащие	руб.	11335,32
МОП	руб.	7553,91

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 40.

Таблица 40 – Отчисления по ЕСН по фонду оплаты труда

Категория работающих	ФЗП, руб	Отчисления, руб				Отчисления ЕСН, руб
		ПФ	СоцСтрах	ОМС	Травматизм	
Основные рабочие	46310361,53	10188279,5	1343000,48	2361828,43	92620,723	13985729,18
Вспомогательные рабочие	22178906,61	4879359,45	643188,292	1131124,23	44357,813	6698029,795
ИТР	9705484,8	2135206,65	281459,059	494979,724	19410,969	2931056,41
Служащие	1224214,56	269327,203	35502,2222	62434,9425	2448,4291	369712,7971
МОП	2805907,251	617299,595	81371,3103	143101,269	5611,8145	847383,9897
Итого	82224874,75	18089472,4	2384521,37	4193468,61	164449,74	24831912,17

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 6500 руб/м³.

Затраты на бытовые помещения вычисляются по формуле:

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot C_{зд/м}, \quad (35)$$

$$C_{бп} = V_{бп} \cdot C_{бп/м}, \quad (36)$$

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

Затраты на приобретение и монтаж подъемно – транспортного оборудования закладываем в размере 60% от стоимости технологического оборудования.

Затраты на прочее вспомогательное оборудование принимаем в размере 25% от стоимости технологического оборудования.

Стоимость инструментов принимаем из расчета 250 руб. на одного работника.

Расчеты капитальных затрат и амортизационных отчислений представлены в таблице 41.

Таблица 41 – Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Наименование	Марка оборуд.	Кол-во, шт	Стоимость единицы оборудования			Общая стоим. тыс руб	Амортизационные отчисления		
			Цена, тыс руб	Монтаж			Всего, руб	Норма, %	руб
				%	Σ, руб				
Здание и сооружения	12000	-	2,6	-	-	31200	31200	2	624
Сталеплавильная печь	ДППТ-6	3	30000	10	3000	33000	99000	7	6930
Формовочная линия	HWS	1	25000	10	2500	27500	27500	10	2750
Смеситель	WT	1	15000	10	1500	16500	16500	10	1650
Стержневая машина	Disco 3200	2	12000	10	1200	13200	26400	10	2640
Дробеметный барабан	42237	1	10000	10	1000	11000	11000	10	1100
Термическая печь	ПЭ-3,5	2	9000	10	900	9900	19800	10	1980
Итого:	-	-	-	-	-	-	231400	-	17674
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	138840	10	13884
Оснастка	-	-	-	-	-	-	64,25	50	32,125
Прочее оборудование	-	-	-	-	-	-	57850	10	5785
Итого	-	-	-	-	-	-	196754,3	-	19701,13
Всего	-	-	-	-	-	-	428154,3	-	37375,13

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

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

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

Таблица 42 – Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, тыс руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	2 314,00	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	11 570,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение грузов	552,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Износ оборудования	552,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Прочие расходы	42 815,43	10 % от общей суммы расходов
Итого:	57 803,43	-

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.

Таблица 43 – Смета цеховых расходов

Статьи затрат	Затраты 1 т литья, руб	Сумма затрат на всю программу, руб
1. Затраты на оплату труда	6852,0729	82 224 874,75
2. Отчисления ЕСН	2069,32601	24831912,17
3. Амортизация здания, инвентаря	3114,59375	37375125
4. Затраты на научную работу, рационализаторство	548,165832	6577989,98
5. Расходы на охрану труда	685,20729	8222487,475
6. Стоимость вспомогательных материалов	597,0625	7164750
Итого	13866,4283	166 397 139,38
Прочие расходы	1386,64283	16639713,94
Цеховые расходы	15253,0711	183 036 853,32

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.

Таблица 44 – 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	1,57	3700	5817,61006	69811320,8
ВСП	0,55	2150	1187,50314	14250037,7
Угар	0,02	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1,00	-	4630,10692	55561283
Оплата труда основных рабочих	-	-	6852,0729	82224874,7
ЕСН	-	-	2069,32601	24831912,2
Электроэнергия, кВтч	11,9	2,6	30,94	371280
Природный газ, м ³	5,7	9,2	52,44	629280
Вода, м ³	3,76	3,2	12,032	144384
Сжатый воздух, м ³	14	1,44	20,16	241920
Расходы на подготовку производства	-	-	4045,7	48548400
Расходы на ремонт и эксплуатация оборудования	-	-	276,8	3 321 600,00
Отчисления на амортизацию	-	-	3114,59375	37375125
Основная себестоимость	-	-	30199,9728	362399673
Цеховые расходы	-	-	15253,0711	183036853
Цеховая себестоимость	-	-	45453,0439	545436527
Общезаводские расходы	-	-	8177,2	98126400
Производственная себестоимость	-	-	23195,1	278341200
Непроизводственные расходы	-	-	3267,45	39209400
Полная себестоимость	-	-	80 092,7939	961 113 527

6.7. Технико-экономические показатели

Фондоотдачу Φ_O находим по формуле:

$$\Phi_O = \frac{N}{\Phi_{\text{оф}}}, \quad (37)$$

где N – годовой объем продукции, руб.;

$\Phi_{\text{оф}}$ – стоимость основных фондов, руб.

$$\Phi_O = \frac{961113527}{428154,3} = 2,244 \text{ руб} / \text{руб}$$

Фондоёмкость находим по формуле:

$$\Phi_E = \frac{1}{\Phi_O}, \quad (38)$$

$$\Phi_E = \frac{1}{2,244} = 0,45$$

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

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

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

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (39)$$

$$П = 1,3 \cdot 80\,092,79 = 104\,120,6321 \text{ руб}$$

Примем цену за 1 т годного литья 110000 руб. При объеме производства 12 000 т литья в год доход от продаж составит 1 320 000 000 руб.

Прибыль найдем по формуле:

$$П = Д - C, \quad (40)$$

где $Д$ – доход, руб.

$$П = 1\,320\,000\,000 - 961\,113\,527 = 358\,886\,473 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_z}{\Delta\phi}, \quad (41)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{428154300}{358886473} = 1,192$$

Определим рентабельность проекта:

$$P = \frac{C}{П} \cdot 100\% \quad (42)$$

$$P = \frac{961113,527}{358886473} \cdot 100\% = 37,34$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Технико-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	12000
Коэффициент выхода годного, %	63,6
Численность работающих всего, чел	257
в том числе: основных	128
вспомогательных	93
ИТР	18
служащих	9
МОП	9
Фонд основной заработной платы, тыс руб	82 224,874
Капитальные вложения, тыс руб	428 154,3
Себестоимость, руб	80 092,8
Рентабельность, %	37,34
Прибыль, тыс руб	358 886,473
Срок окупаемости, г	1,19

Вывод:

Вложенные в проектирование и строительство цеха крупного стального литья с производительностью 12000 тонн капитальные средства в размере 428 154,3 тыс руб. окупятся за короткий срок в течении 1,19 года и позволят получать прибыль от реализации продукции в размере 358 886,473 тыс руб. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте предусмотрено внедрение автоматизированного и механизированного оборудования с применением прогрессивных технологических процессов, что позволяет повысить качество литья, точность отливок, практически исключить ручной труд, уменьшить расход металла, электроэнергии, снизить затраты труда, повысить производительность и минимизировать вредное воздействие на окружающую среду.

Применяя прогрессивную современную технологию изготовления отливок путем литья в сырые песчаные формы, предусмотрено использование наиболее современного и производительного оборудования, которое улучшает санитарно-гигиенические условия труда, повышает качество отливок. Максимально автоматизирован и механизирован производственный процесс, что влияет на рост производительности труда, снижает трудоемкость работ, приводит к экономии фонда заработной платы. Широко используются возвраты собственного производства.

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

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

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

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

Проектируемый литейный цех производительностью 12000 тонн отливок в год отвечает предъявленным к нему требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 977-88 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 01.07.1988. –М.: Изд-во стандартов 1990. 63с.
2. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. Урал. гос. проф. – пед. Ун-т . 2000. 662с.
3. СТП АДК 155-2001. Формовочные и стержневые смеси. Противопригарные краски, разделительные покрытия. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2001.35 с.
4. СТП АДК 723-2005. Холодно-твердеющие смеси. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2005.21 с.
5. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. Введ. 01.07.1993. – М .: Изд-во стандартов 1992. 15с.
6. Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. Теория и технология литейного производства. Минск: изд. Дизайн ПРО, 2000. 416 с.
7. Могилев В. К., Лев О. И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. М.: Машино-строение, 1988. 272 с.
8. 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.
9. А.М. Михайлов, Б.В. Бауман, Б.Н. Благов. Литейное производство. М.: Машиностроение, 1987. 480с.
10. А.В. Егоров. Расчет мощности и параметров печей черной металлургии. М.: Металлургия. 1990. 278с.
11. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
12. А. Вёрёш. Очистка отливок. Перевод с венгерского. М. Машиностроение 1982. 252 с.
13. Термическая обработка и свойства литой стали. Учебник. Под редакцией Н.С. Крещановского. М.: Машгиз. 1985. 356 с.
14. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
15. Руководство Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация

условий труда. М.: Машиностроение, Дата введения 1 ноября 2005 г.

16. СНиП 41-01-2003 Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование, Москва 2004.

17. СНиП 2.01.02-85 Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы. Москва 1991.

18. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88* Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов 1989, Дата введения 1989-01-01.

19. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.

20. «Правила устройств электроустановок». 7-я редакция. М.: Машиностроение, 2006, 132 с.

21. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей». М.: Машиностроение, 2001, 139 с.

22. ГОСТ 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов». М.: Машиностроение, Введен в действие 01.01.2011 г. 32 с.

23. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Приняты и введены в действие постановлением Минстроя России от 2 августа 1995 г. № 18-78 в качестве строительных норм и правил Российской Федерации взамен СНиП II-4-79 М.: Машиностроение, 111 с.

24. ГОСТ 12.1.003-90 «Шум. Общие требования безопасности». Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня 1990 г. № 2473. М.: Изд-во стандартов 1990.

25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Утверждены и введены в действие постановлением Госкомсан-эпид-надзора России от 31 октября 1996 г. № 36.

26. Отчет отдела охраны труда по замерам шума на рабочих местах в литейных цехах ОАО НПК «Уралвагонзавод». 2011 год. 123 с.

27. ГОСТ 12.4.091-80 Система стандартов безопасности труда. Каски шахтерские пластмассовые. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов 1981, Введен в действие 01.07.1981 г.

28. ГОСТ 12.4.051-87 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов 1987, Утвержден Госстандарт СССР 29.10.1987 г. 15 с.

29. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд-во стандартов 1991, Дата введения 01.07.1991 г.

30. Проект нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферу для «АО Научно-производственная корпорация Уралвагонзавод». Книга 1. Пояснительная записка. Родэ Р.В., Н. Тагил.: «АО Научно-производственная корпорация Уралвагонзавод», 2013. 120 с.

31. Ссылка <http://www.ecoguild.ru/regions/sverdlovsk/index.htm>.

32. Ссылка http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030_0.html.

33. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. - пед. ун-та, 1999.-91с.

34. Единый тарифно-квалификационный справочник. - М.: Экономика, 1989. 526с.

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

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

