

ТИТУЛЬНЫЙ

ЗАДАНИЕ

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 103 листа машинописного текста, 1 рисунок, 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 14500 тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

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

					ДП.22.03.02.901 ПЗ			
					Проект литейного цеха по изготовлению отливок из стали с производительностью 14500 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
Разраб.		Захаров						
Провер.		Бекетова						
						<i>Лист</i> 3	<i>Листов</i> 103	
<i>Н. Контр.</i>		Категоренко			Пояснительная записка	ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-41 сЛП		
<i>Утв.</i>		Гузанов						

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.....	14
2.3. Материал отливки и его свойства	15
2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия	16
2.4.1. Формовочные смеси	16
2.4.2. Стержневая смесь	18
2.4.3. Литейные покрытия.....	19
2.5. Модельно литейная оснастка.....	21
2.6. Определение количества стержней и их размеры	23
2.7. Литейная форма и стержни.....	24
2.7.1. Изготовление полуформ.....	25
2.7.2. Изготовление стержней из ХТС	27
2.8. Сборка и заливка формы	27
2.8.1. Определение размеров опок	28
2.9. Расчет литниковой системы.....	30
2.9.1. Припуска на механическую обработку	30
2.9.2. Расчет литниково-питающей системы	31
2.9.3. Расчет коэффициентов	34
2.10. Выбивка, обрубка, очистка	34
2.11. Термообработка.....	35
2.12. Контроль	36
2.13. Виды брака.....	37
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	45
3.2. Смесеприготовительное отделение	46
3.2.1. Расчет смесителей.....	49
3.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение	49
3.3.1. Расчет количества формовочных линий	56

3.4. Стержневое отделение.....	58
3.4.1. Расчет стержневых машин.....	62
3.5. Термообрубное отделение	62
3.6. Внутрицеховой транспорт.....	65
3.7. Сводная ведомость оборудования.....	66
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	67
4.1. Безопасность труда	67
4.1.1. Характер труда	68
4.1.2. Условия труда	69
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА	78
5.1. Глобальные экологические проблемы.....	78
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.....	79
5.3. Основные требования экологизации проекта	81
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.....	82
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	84
6.1. Расчет численного состава рабочих.....	84
6.2. Организация и планирование заработной платы.....	88
6.3. Разработка системы стимулирования трудовой деятельности	91
6.4. Отчисления единого социального налога	92
6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений.....	93
6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	100
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	103

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 среднего и 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 20 до 200 кг. Основные марки стали 25Л и 35Л 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 14500 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:

$$\Phi_{д} = \Phi_{н} \cdot k, \quad (3)$$

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

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

Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

где α – потери времени на плановый ремонт, %;

$F_{н}$ - 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 $F_{н} = 6024$ ч.

Таблица 1- Расчет действительного фонда времени работы оборудования

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

1.2. 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 литейного цеха составляем производственную программу. Данные представлены в таблице 2.

Годовой выпуск литья с учетом ремонтного литья и поставок запасных частей составил 14500 т. Вес жидкого металла составляет 19996,312 для дальнейших расчетов примем 20000 т жидкого металла.

Таблица 2 - Производственная программа

Массовая группа	Наименование отливки	Сплав	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС и прибылями, кг	Общее количество отливок на программу, шт	Брак механ. цеха, шт	Брак литья, шт	Общее количество отливок с учетом брака, шт	Масса отливок без ЛПС на годовую программу, т	Масса жидкого металла на программу, т	Коэффициент выхода годного, %
0-50	Крышка	25Л	29,3	34,9	49,9	8000	400	560	8960	312,704	447,104	69,94
	Диффузор	25Л	33,5	49,2	68,1	8000	400	560	8960	440,832	610,176	72,25
	Букса	25Л	29,7	33,3	49,3	8000	400	560	8960	298,368	441,728	67,55
	Козырек	25Л	45,6	57,7	82,4	8000	400	560	8960	516,992	738,304	70,02
	Щит	25Л	41,7	52,3	71,8	8000	400	560	8960	468,608	643,328	72,84
50-100	Диффузор	25Л	42	55,1	74,0	6000	300	420	6720	370,272	497,28	74,46
	Венец	25Л	92,1	124,6	164,3	6000	300	420	6720	837,312	1104,096	75,84
	Ступица	25Л	71,5	75,3	112,5	6000	300	420	6720	506,016	756	66,93
	Плита	25Л	68,3	79,1	111,5	6000	300	420	6720	531,552	749,28	70,94
	Погон	25Л	56,7	61,3	89,6	6000	300	420	6720	411,936	602,112	68,42
100-150	Оголовок	25Л	111,1	119,55	163,2	5500	275	385	6160	736,428	1005,312	73,25
	Диск	25Л	146,3	154,4	218,9	5500	275	385	6160	951,104	1348,424	70,53
	Валик	25Л	102,3	127,5	161,4	5500	275	385	6160	785,4	994,224	79
	Защита	25Л	137,8	147,6	198,3	5500	275	385	6160	909,216	1221,528	74,43
	Хомут	25Л	122,9	130,3	184,1	5500	275	385	6160	802,648	1134,056	70,78
150-200	Крышка	25Л	150	187	248,5	5000	250	350	5600	1047,2	1391,6	75,25
	Стойка	25Л	179,3	199,1	281,3	5000	250	350	5600	1114,96	1575,28	70,78
	Упор	25Л	181,1	210,4	285,6	5000	250	350	5600	1178,24	1599,36	73,67
	Рулевая тяга	25Л	165,2	196,2	271,2	5000	250	350	5600	1098,72	1518,72	72,35
	Тяга	25Л	177,6	211,1	289	5000	250	350	5600	1182,16	1618,4	73,04
Всего:						122500	6125	8575	137200	14500,668	19996,312	-

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Выбор способа производства отливки

Технологический процесс изготовления отливки должен отвечать определенным техническим требованиям к деталям и литым заготовкам. Технические требования регламентируются чертежом детали, техническими условиями, государственными и другими стандартами, в которых устанавливаются требования к химическому составу и механическим свойствам сплавов, к геометрической форме и размерам отливок, к состоянию внешней и внутренней поверхности, к получению в отливках соответствующих структур, как по крупности зерна, так и по фазовому составу, требования к способам выявления и исправления поверхностных и внутренних литейных дефектов. Вместе с этим ставится задача получения отливок с минимальным припуском на механическую обработку и минимальной их стоимостью.

Сегодня практически не существует деталей, заготовки под которые нельзя бы было изготовить тем или иным способом литья. Весь вопрос в том, какими свойствами должна обладать литая заготовка и во что обходится ее изготовление. Требования к качеству отливок являются основой разрабатываемого технологического процесса их изготовления.

Использование средств механизации и автоматизации литейных процессов, предусматриваемых при разработке технологии, должно сочетаться с техническими решениями, отвечающими требованиям изготовления отливок высокого качества, соответствующего также высокому уровню служебных свойств деталей.

Учитывая многообразие способов литья и принципов, на которых они основаны, можно выделить следующие классификационные признаки способов литья:

- тип формы;
- основу материала формы;
- природу связующих добавок;
- тип оснастки;
- способ уплотнения смеси;
- способ упрочнения формы;
- способ воздействия на жидкий расплав;
- способ заливки сплава;

- способ силового воздействия на расплав в процессе заливки и кристаллизации,

- способ поверхностного или объемного упрочнения сплава в отливке.

Признаки 3-6 относятся к формам, изготавливаемым из дисперсных материалов. Признак 4 включает различные виды оснастки, применяемой для изготовления формы: наличие и тип опок, их количество; материал и тип моделей (деревянная, металлическая, выплавляемая, растворимая, выжигаемая, газифицируемая и т.д.); наличие и тип шаблонов, контрольных сечений стержневых ящиков и т.п. Для уплотнения смеси (признак 5) применяют разнообразные методы, ударные воздействия трамбовкой, метание смеси, уплотнение встряхиванием, пескодувное и пескострельное уплотнение, прессование, импульсное воздействие, взрывное воздействие, применение вакуумирования и т.д.

Каждый самостоятельный способ литья отличается от других хотя бы по одному из вышеперечисленных критериев.

В настоящее время зафиксировано 54 принципиально отличающихся друг от друга способов литья, которые применяются на практике. 64 % этих способов основаны на использовании дисперсных формовочных материалов. 30 % - на применении форм из сплошных материалов (металлические, графитовые формы и т.п.) и 6 % способов не требуют литейных форм. Путем уплотнения формы отливки изготавливаются в 59 % способов, в 6 % - без уплотнения, в 29 % способов формы изготавливаются путем литья и последующей механической обработки. В 75 % способов применяется свободная заливка форм, в 6 % - непрерывная. Количество способов литья увеличивается с внедрением новых способов.

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результаты предварительного анализа заказа и технологичности детали. При этом, как правило, определяющим фактором является серийность производства, реже - технические требования, предъявляемые к изделию, что влияет на стоимость формы и модельной оснастки.

При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют специальные способы литья, а также литье в сырые песчаные формы, изготавливаемые на формовочных машинах или автоматических линиях.

Наиболее экономичен способ изготовления отливок в сырых формах, так как в этом случае не требуются площадь, для установки сушильных агрегатов и складирования форм перед сушкой и дополнительный расход топлива. При изготовлении формы этим способом по сравнению с формовкой по-сухому значительно сокращается цикл изготовления отливки и

снижается ее себестоимость, поэтому нужно отдавать предпочтение формовке по-сырому.

При массовом производстве для изготовления отливки «Диффузор» используют сырые песчаные формы, изготавливаемые на автоматической формовочной линии, так как этот способ наиболее экономичен. К достоинствам литья в разовые формы относятся следующие факторы:

- возможность получения отливок из любых сплавов;
- сравнительно невысокие затраты на оснастку и приспособления;
- возможность получения отливок любой массы и размеров;
- отсутствие дорогостоящего оборудования;
- применение доступных формовочных материалов;
- обеспечение необходимых эксплуатационных свойств (прочность, износостойкость);
- невысокая трудоёмкость процесса;
- снижение объёма механической обработки.

На основании задания определим серийность производства детали «Диффузор» массой 42,0 кг – массовое или крупносерийное производство.

Под технологичностью литой детали будем понимать степень соответствия ее конструкции технологическим требованиям формирования отливки в форме, формообразования, удаления отливки из формы, стержней из отливки и т.д. Низкая технологичность конструкции детали приводит к повышенному браку отливок, увеличению затрат на их получение и механическую обработку, к снижению их эксплуатационных свойств. Очевидно, что технологичность детали связана с особенностями применяемых способов литья.

Технологичность литой детали должна обеспечиваться на стадии ее конструирования при сотрудничестве конструкторов и литейщиков-технологов. При правильно сконструированной литой детали процесс построения чертежа отливки существенно упрощается и отливка максимально приближается к детали. При этом не требуются значительные технологические напуски и конфигурационные отклонения, приводящие к резкому снижению коэффициента использования металла и повышению трудоемкости механической обработки отливки.

Деталь «Диффузор» имеет не сложную конфигурацию. Для изготовления детали литьем в песчано – глинистые формы необходимо предложить технологичную конфигурацию, а так же назначить формовочные уклоны и радиусы переходов, чтобы не было острых углов в отливке.

Параметры конструкции отливки, прежде всего, толщина и протяженность ее наиболее тонкостенных элементов оказывают влияние на

заполняемость формы сплавом и появление таких дефектов, как спаи и недоливы. Толщина стенок отливок не должна быть меньше некоторых минимальных значений, определяемых жидкотекучестью сплава и технологией изготовления отливок. Литая стенка выполняет определенные важные функции: придает детали требуемую конфигурацию, обеспечивает необходимую прочность и т.д. Толщина стенки отливки зависит от выполняемой ею функции. Толщина стенок равномерная, что приведет к равномерной кристаллизации, а не будет концентратором напряжений.

Правильное расположение отливки в форме, а так же правильно подобранная и рассчитанная литниковая система и установленные питающие прибыли, должны свести к минимуму возникновение усадочных дефектов. Для данной отливки предусмотрена механическая обработка, что в свою очередь приведет к увеличению массы отливки и снижению коэффициента выхода годного.

2.2. Характеристика литой детали и ее условия службы

Для разработки представлен эскиз детали «Диффузор», отливка представляет колесо с бобышками. Размеры детали $\varnothing 960 \times 175$ мм. Средняя толщина стенки 12 мм, массой 42,0 кг. Отливка относится ко второй 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
Ответственные	Отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения

Эта отливка ответственного назначения, для деталей испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения. Ей соответствует следующий перечень контролируемых показателей качества: внешний вид, размеры, химический состав. Материал, из которого изготавливается отливка, должен обладать высоким сопротивлением термической усталости.

На основании таблицы 3 [1] деталь «Диффузор» отнесем к деталям ответственного назначения - 2 группа, работающих при 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 (наружные бобышки и поверхность отливки).

2.3. Материал отливки и его свойства

Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин. Усадка стали в среднем равна 2%.

Материал, предусмотренный конструктором для изготовления данных отливок 25Л по [1], материал заменитель 35Л по [1].

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.

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

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

* Не более Cu 0,03%, Ni 0,03%.

Таблица 5 - Механические свойства 25Л по [1]

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

Таблица 6 – Физические и технологические свойства 25Л

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 трещиностойкости	$K_{гт} = 0,2$
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 [6].

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;
- диспергирование бентонита и равномерное покрытие песчаных зерен бентонитом.

Формовочная смесь постоянно перемешивается, одновременно с этим подается воздух для образования псевдоожиженного слоя. Это обеспечивает увеличение поверхности теплообмена между воздухом и формовочной смесью. В начале цикла подается вода, которая и участвует в охлаждении и увлажнении. Затем из загрузочного бункера подается обедненная формовочная смесь. Таким образом охлаждение начинается уже с первых мгновений перемешивания.

Пар, образующийся в результате контакта воды формовочной смеси, непрерывно удаляется вытяжной системой. Удаленные пары должны подаваться в фильтр-осушитель, где они будут доводиться до состояния, в котором возможен их выпуск в окружающую среду в соответствии с действующим природоохранным законодательством.

Единые смеси применяют при машинной и автоматической формовке в цехах серийного и массового производства. При переработке для повторного применения в них вводят достаточное количество свежих материалов для придания высоких технологических свойств. Контроль соответствия химического состава осуществляется специальными датчиками, которыми оснащен лопастный смеситель Р6000, входящий в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli», (Италия).

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 указанному 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
Глина	5,0	50
Вода	4,0-5,0	40-50

2.4.2. Стержневая смесь

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

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

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

В качестве исходных компонентов для приготовления стержневых смесей применяются:

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

для стержней:

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

В цехе для изготовления стержней для отливки «Диффузор» используется cold-box-amine процесс с использованием связующих - фенольной смолы и полиизоцианата и газовым катализатором триэтиламино [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 фирмы «АНВ» на стержневых автоматах «АНВ-10», «АНВ-20», «АНВ-40». Приготовление стержневой смеси производится на одноколейных высокоскоростных непрерывных смесителях производительностью соответственно 1, 3 и 5 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 «Диффузор» 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 этилового спирта или растворителя.

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 155-2001, [3];

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

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

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

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

Данные представлены в таблице 11.

Состав водного раствора лигносульфанатов технических в зависимости от плотности должен соответствовать СТП, [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 противопопригарное 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. Габариты опок для формовочной линии 1200×1200×350 мм. 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, ГОСТ 1583-93, [4];
- монтаж моделей низа, материал АК7ч, [4];
- стержневой ящик №1,2 АК7ч, [4];
- плита модельная сталь 35Л, [1].

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.

Стержень в форме располагаем вертикально, а знаки выполняются конфигурацией стержня в нижней полуформе.

Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают по [5] с учетом размеров стержня, способа формовки и положения стержня в форме. Высоту нижних стержневых вертикальных знаков выбирают по таблице 7, в зависимости от длины стержня L и его диаметра D или от величины $(a+b)/2$ для стержней прямоугольного сечения. Высоту верхних знаков принимают равной не более $0,5 h_H$.

Таблица 12 -Высота нижних вертикальных знаков стержней по [5]

Размер стержня ($a+b$)/2 или D , мм	Высота знака h_H при длине стержня l , мм							
	До 50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
До 30	20	30	30	-	-	-	-	-
30-50	20	35	35	35	50	50	60	70
50-80	25	35	35	35	40	60	60	70
80-120	25	35	35	35	40	50	60	70
120-180	30	35	35	35	35	40	50	60
180-250	30	35	35	35	35	40	50	60
250-315	35	35	35	35	35	40	50	60
315-400	40	40	40	40	40	40	40	50

Таблица 13 - Формовочные уклоны на знаковых частях стержня

$h_H, мм$	$\alpha, °$	$\beta, °$
До 30	10	15
30-50	7	10
50-80	6	8

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. 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 «Belloi&Romagnoli» очень хорошо вписываются в производственные

площади и имеющиеся подземные коммуникации (системы уборки просыпи, горелой смеси и уборки горячих отливок) 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 наиболее известных в мире фирм считаю, что самыми надежными в работе, самыми универсальными по компоновочным решениям являются автоматические формовочные линии фирмы «Belloi&Romagnoli». Применяемый на этих линиях способ уплотнения форм классическим прессованием позволяет получать литейные формы высокого качества.

2.7.1. Изготовление полуформ

Способом «Multipress» производятся высококачественные отливки одинаково высокого качества в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти полным отсутствием дефектов поверхности, заусенцев и т.д. Уплотнение формы осуществляется при помощи многоплунжерной головки. Многоплунжерная головка представляет собой множество независимых прессовых цилиндров (гидравлических или пневматических) с небольшими прессовыми колодками (башмаками).

Такая технология позволяет обеспечивать высокое и равномерное уплотнение формовочной смеси. В первых формовочных машинах такого типа использовались активные многоплунжерные головки – уплотнение формовочной смеси производилось многоплунжерной головкой на неподвижном рабочем столе.

Такой метод уплотнения несет название пассивный процесс. После того, как смесью заполняется модельная плита с опокой, происходит их

перемещение под пассивную уплотнительную головку. В этот момент уплотняется область формы, находящаяся в контакте с уплотнительной головкой, соединенной трубами и каналами. Этот метод работает по принципу сообщающихся сосудов.

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. Перед формовочной машиной на поворотном столе стоят нижняя и верхняя опоки. Они последовательно вдвигаются в позицию формовки. Модельное устройство вместе с опокой приподнимается к наполнительной раме.

Формовочная смесь подается навалом и формовочный узел подается наверх. Формовочная смесь уплотняется гидропрессом и многоплунжерной прессовой головкой. Модель извлекается из формы.

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° 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.

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 приспособлении кантователя верхняя опока разворачивается на 180° назад.

Нижние опоки проходят линию установки стержней с позициями ручной установки стержней. 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. Окончательная центровка осуществляется штифтами и втулками в опоках.

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 противопопригарными 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, накрытие 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 опоки и зацеплял верхнюю опоку сверху, с предварительным натягом опоки, 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. После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) 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. Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резачков, кувалд, пневматических молотков и т.д.

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 опок влечет за собой увеличение затрат труда на уплотнение смеси, нецелесообразный расход смеси [7].

Исходя из выше изложенного для снижения трудоемкости изготовления детали, отливку расположим горизонтально, а плоскость разъема назначим по оси отливки. Такое расположение отливки в форме обеспечит легкое извлечение модели из формы.

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 опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования. Учитывая, что размеры и конструкции опок стандартизированы, подбираются опоки с размерами, равными или большими по сравнению с ними. После выбора размера опок в свету подбирают ее стандартный размер по высоте. При этом высота нижней и верхней опоки может приниматься при необходимости и неодинаковой [7].

Таблица 14 - 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
51 – 100	100	120	60	70	50

Рассчитаем размер опоки для отливки.

Общая минимальная длина (в опоке 1 отливка).

$$L_{\min} = 60 + 960 + 70 + 50 + 70 = 1200 \text{ мм.}$$

Общая минимальная ширина (в опоке 1 отливка).

$$S_{\min} = 60 + 960 + 70 + 50 + 60 = 1200 \text{ мм.}$$

Общая минимальная высота верхней опоки.

$$H_{\min} = 120 + 185 = 305 \text{ (300) мм.}$$

Общая минимальная высота нижней опоки.

$$H_{\min} = 100 \text{ (350) мм.}$$

В дипломной работе предусматриваются опоки размерами 1200×1200×350×3500 мм. В опоке размещена 1 отливка. В цехе применяются стандартные опоки с размерами 1200×1200×350×350, поэтому применим эти опоки для производства отливки «Диффузор».

2.9. Расчет литниковой системы

2.9.1. Припуска на механическую обработку

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

Припуски на механическую обработку назначают по ГОСТ Р 53464-2009 [8]. Этот ГОСТ [8] распространяется на отливки из черных и цветных металлов и сплавов и регламентирует допуски на размеры, массу и припуски на механическую обработку. В литейном производстве на отливку необходимо наносить припуски на механическую обработку. Припуски на обработку назначают дифференциально на каждую обрабатываемую поверхность отливки. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующим:

1. По принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем степень точности поверхностей (Приложение В, таблица В.1, [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 - 960 мм. Степень точности – 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).

Ст. кор. = $12 / 960 = 0,0125$. Выбираем степень коробления 7.

5. По интервалу номинальных размеров и классу размерной точности детали определяем допуск размеров отливки (таблица 1, [8]). Размер 960 - допуск размера 10,0 мм.

6. По номинальному размеру нормируемого участка отливки и степени коробления элементов отливки выбираем допуск формы и расположение элементов отливки (таблица 2, [8]): равный 4,0 мм;

7. На основании допуска размеров отливки и допуска формы и расположения поверхности, определяем общий допуск элемента отливки (Приложение И, таблица И.1): выбираем общий допуск элемента как 12,0 мм.

8. По общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (таблица 6, [8]): равный 11,0 мм (т.к. из соотношения допусков размера обработанной детали к допуску расположения элементов отливки, выбираем вид окончательной механической обработки как полустистовая).

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

Вес припусков на механическую обработку рассчитываем по формуле:

$$m = V \cdot \rho , \quad (5)$$

где V – объем припуска, дм^3 ;

ρ – плотность жидкого металла, кг/м^3 .

Припуск 20 мм по диаметру 796 мм по внутренней поверхности отливки:

$$m_1 = 3,14 \cdot (0,815^2 - 0,796^2) : 4 \cdot 0,02 \cdot 7800 = 3,75 \text{ кг.}$$

Припуск 10 мм по верхней поверхности отливки

$$m_2 = 3,14 \cdot (0,835^2 - 0,815^2) : 4 \cdot 0,01 \cdot 7800 = 2,05 \text{ кг.}$$

Заглушаем 3 отверстия диаметром 30 мм.

$$m_3 = 3 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2 : 4 \cdot 0,01 \cdot 7800 = 0,15 \text{ кг.}$$

Припуск 10 мм по диаметру 960 мм по нижней поверхности отливки.

$$m_4 = 3,14 \cdot (0,960^2 - 0,930^2) : 4 \cdot 0,01 \cdot 7800 = 3,45 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{пр}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4, \quad (6)$$

$$m_{\text{пр}} = 3,75 + 2,05 + 0,15 + 3,45 = 9,4 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{отл}} = m_{\text{дет}} + m_{\text{пр}} = 42 + 9,4 = 51,4 \text{ кг.}$$

Чистый вес (вес детали) – 42 кг. Вес припусков 9,4 кг. Итого ориентировочно вес литой заготовки – 51,4 кг. Для дальнейших расчетов вес отливки примем 55,0 кг.

2.9.2. 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

$$\tau_{opt} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{ж}}, \quad (10)$$

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

δ - средняя толщина стенки отливки, мм;

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

$$G_{ж} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр} + G_{лс}), \quad (11)$$

$G_{л.с.} = 16,5$ кг;

$$G_{ж} = 1 \cdot (55,0 + 2,5 + 16,5) = 74 \text{ кг.}$$

$$\tau_{opt} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 74} = 12,5 \text{ с.}$$

Рассчитанную продолжительность заполнения формы надо уточнить путем проверки на допустимую линейную скорость подъема уровня расплава. Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава $v_{лр}$ должна быть не меньше допустимой скорости $v_{кр}$. Поворотный ковш обусловлен тем, что жидкая сталь с открытой поверхностью 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.

Значение находят по простому соотношению:

$$v = H : \tau, \quad (12)$$

где H – высота отливки, мм;

τ - время заполнения, с.

$$v = 185 : 12,5 = 14,8 \text{ мм/с.}$$

После выбора типа литниковой системы и места подвода металла к отливке рассчитывают площади поперечных сечений и определяют размеры элементов литниковой системы. Площадь сечения питателей $F_{п}$ определяют в зависимости от способа заливки металла, узким местом $F_{п}$ считается при заливке из поворотных ковшей [5]:

$$F_{пит} = \frac{G_{ж}}{\rho_{ж} \cdot \mu \cdot \tau_{opt} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (13)$$

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

μ - коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{сп}$ – действующий напор, см;

g – ускорение свободного падения, 981 см/с^2 .

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

$$H_{cp} = H_{cm} - h_o / 8, \quad (14)$$

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

h_o – общая высота отливки, $18,5 \text{ см}$.

$$H_{cp} = 35 - \frac{18,5}{8} = 32,68 \text{ см}.$$

$$F_{\text{пит}} = \frac{74000}{7,8 \cdot 0,32 \cdot 12,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 32,68}} = 9,36 \text{ см}^2.$$

Так как на форму 1 отливка, а на отливку 5 питателей, то получаем 5 питателей с площадью $F_{\text{пит}} = 1,87 \text{ см}^2$.

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]:

$$\Sigma F_{\text{пит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,2 : 1,4.$$

$\Sigma F_{\text{шл}} = 11,2 \text{ см}^2$, так как в форме находится 2 шлакоуловителя, то площадь каждого шлакоуловителя составляет:

$$F_{\text{шл}} = 5,6 \text{ см}^2; F_{\text{ст}} = 13,1 \text{ см}^2.$$

По площадям поперечного сечения элементов литниковой системы и типу формовки сконструируем питатель, шлакоуловитель, стояк, литниковую чашу или воронку. Размер литниковой воронки определим по формуле:

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

По данным таблицы найдем диаметр верха и низа стояка:

$$D_{\text{ст н}} = 2 \sqrt{S/\pi} = 2 \cdot \sqrt{13,1/3,14} = 4,0 \text{ см}.$$

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

$$D_{\text{в}} = 3 \cdot 4,3 = 12,9 \text{ см}.$$

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

$$F_{\text{пит}} = 1,87 \text{ см}^2 = \frac{(a+v) \cdot h}{2} = \frac{(a+0,8a) \cdot 1,3a}{2} = 1,17 a^2,$$

$$a = \sqrt{1,87/1,17} = 1,3 \text{ см} = 13 \text{ мм};$$

$$v = 0,8a = 1,0 \text{ см} = 10 \text{ мм};$$

$$h = 1,3a = 1,7 \text{ см} = 17 \text{ мм}.$$

Рассчитаем размеры аналогично для шлакоуловителя:

$$h = 3,0 \text{ см} = 30 \text{ мм}, v = 1,8 \text{ см} = 1,8 \text{ мм}, a = 2,3 \text{ см} = 23 \text{ мм}.$$

2.9.3. Расчет коэффициентов

Коэффициент выхода годного отливки «Диффузор»:

$$КВГ = Q_{отл} \cdot 100 \% (Q_{отл} + Q_{ЛПС} + Q_{ПР}), \quad (15)$$

где $Q_{отл}$ – масса отливки, 55,0 кг;

$Q_{ЛПС}$ – масса литниковой системы, 16,5 кг;

$Q_{ПР}$ – масса прибыли, выпоров 2,5 кг;

$$КВГ = 55,0 \cdot 100\% / (55,0 + 16,5 + 2,5) = 74,3\%.$$

Коэффициент использования металла – масса припуска:

$$КИМ = \frac{m_{дет.}}{m_{отл.}} \cdot 100\%, \quad (16)$$

$$КИМ = \frac{42}{55} \cdot 100\% = 76,3\%.$$

Коэффициент использования жидкого металла:

$$КИМЖ = \frac{m_0}{m} \cdot 100\%, \quad (17)$$

где m_0 – масса детали, кг;

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

$$КИМЖ = \frac{42}{74} \cdot 100\% = 56,7\%.$$

2.10. Выбивка, обрубка, очистка

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

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

Отливки поступают в очистное отделение цеха для обрубки, очистки и отделки. Эти операции выполняются в строгой технологической

последовательности, зависящей от особенностей отливок. Процесс очистки включает в себя: удаление стержней из отливок, отделение литников, выпоров и прибылей, очистку от оставшейся формовочной смеси, удаление заусенцев и окалины после т/о [6].

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

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

2.11. Термообработка

Обычно после затвердевания отливки имеют грубозернистую структуру и большие литейные напряжения, а также неравномерные в различных частях отливки или низкие механические свойства. При термообработке путем нагрева до определенной температуры, некоторой выдержки при этой температуре и последующего охлаждения изменяют структуру стальных отливок и получают необходимые прочность, пластичность, износостойкость, обрабатываемость и особые физические свойства [8]. Стальные отливки могут подвергаться следующим видам термообработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка. Термообработка среднеуглеродистых сталей зависит от марки стали и требуемых механических свойств, а режим оговаривается технологической инструкцией или указанным при разработке технологии отливки в технических условиях.

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 – ферритно-перлитная.

2.12. 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 1560-1600⁰С. 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 вышперечисленных параметров ее предъявляют контролерам БТК. На годных отливках ставится клеймо БТК, и отправляют в механический цех для проведения обработки.

2.13. 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.

Перекос. 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 выбивке 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 устройством, 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 отливкам 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%;
- 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 вкл/выкл в любой момент времени, получение расплава на холодной печи через 10-30 мин;

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

Отличительной особенностью дуговых печей постоянного тока (ДПТ) 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.

ДПТ 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 ДПТ можно использовать широкую гамму огнеупорных материалов, не предъявляя к ним повышенных требований. Переплав в ДПТ 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 электродугую 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 30 т продолжительность расплавления шихты может составить 30-40 минут.

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

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

При подаче легирующих элементов в расплав, благодаря перемешиванию металла, они быстро растворяются и равномерно распределяются по всему объёму. Усвоение ферросплавов при плавке стали составляет 98-100%, усвоение углерода при плавке синтетического чугуна - 80%. Угар углерода при длительной выдержке чугуна не превышает угара в индукционных печах, а при наведении карбидного шлака - отсутствует. Угар легирующих элементов при длительной (более 8 часов) выдержке высоколегированной стали практически отсутствует. В ДППТ можно вести обработку металла активными шлаками, кислородом.

Полученные при промышленной эксплуатации результаты позволяют рекомендовать ДППТ для использования не только в качестве плавильных печей для стали, чугуна, сплавов на основе алюминия и меди, но и для печей выдержки, накопления и рафинирования этих металлов. Футеровка дуговых печей постоянного тока. Печи футеруют теми же огнеупорными материалами, что и ДСП. Стойкость подины при обычных горячих ремонтах составляет 3-5 лет или от 5 до 7 тысяч плавов. Подина может быть наварена после «срывов», подвергнута промежуточному ремонту без замены подовых электродов, которые допускают многократное применение.

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

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

При работе футеровки подины дуговых печей постоянного тока есть два фактора, которые следует учитывать: интенсивное перемешивание расплава в районе подины и нарушение целостности подины за счёт подовых электродов. Поэтому набивку массы или бетона вокруг электрода следует

выполнять особенно тщательно (как и футеровку всей подины) во избежание размывания футеровки интенсивно движущимся металлом.

Конструктивные особенности дуговых печей постоянного тока

При разработке ДППТ использован опыт создания дуговых печей переменного тока и плазменных печей с керамическим тиглем постоянного тока, разработанных ранее [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 обоих 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 15- 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	4,73/4,3	40-45/55-60	25-30/35-40	0,2-1,5	До 1,5	300

Выбираем печь ДППТ-6. Количество печей определим ниже.

Число печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле

$$N_n = \frac{M_{жс} \cdot 1,2}{\eta_m \cdot P \cdot F_d \cdot 0,97} , \quad (18)$$

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

1,2 – 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.

$$N_n = \frac{20000 \cdot 1,2}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 5722,8 \cdot 0,97} = 2,16 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы на 14500 тонны годного или 20000 тонн жидкого металла необходимо 3 печи ДППТ-6. Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N_{расчетное}}{N_{принятое}} \cdot 100\% , \quad (19)$$

Коэффициент загрузки должен удовлетворять неравенству:

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

$$K_z = \frac{2,16}{3} \cdot 100\% = 72\% .$$

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 диасовый 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]:

$$n_k = T_p + T_v + T_f + T_c / T_p + n_z, \quad (20)$$

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. Один ковш находится в работе, один ковш находится на ремонте и один ковш в резерве. Так как на сталеплавильном участке 3 печи, то необходимо 9 ковшей в смену, 27 ковшей в сутки.

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.

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «Belloi&Romagnoli», в частности смеситель типа P6000 производительностью 60 т/ч, который входит в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия).

Предлагаемые компанией современные бегуны серии P производительностью от 10 до 150 т/час оснащены мощными и надежными поршневыми гидромоторами. Энергии, передаваемой гидромотором, достаточно для привода всех механизмов бегунов. В результате конструкция получилась достаточно компактной.

Перемешивающий блок включает в себя два вращающихся узла, которые, помимо вращения вокруг своей оси, перемещаются, перекрывая всю поверхность ванны. Установленные в перемешивающем блоке высокоскоростные роторы обеспечивают быструю активизацию добавок.

За счет использования на каждом вращающемся узле планетарного редуктора процесс перемешивания осуществляется с высокой скоростью. Каждый вращающийся узел состоит из трех перемешивающихся лопастей с полотнами – скребками, подчищающими поверхность дна ванны. Все узлы снабжены износостойкими накладками. Чистота стенок смесительной ванны поддерживается благодаря двум скребкам, которые также оснащены острыми накладками из износостойкого материала.

Обедненная формовочная смесь подается в бегуны через дозирующую воронку, установленную в верхней части крышки. Подача песка осуществляется через проем с заслонкой-регулятором, оснащенной гидроприводом. Комбинированное действие вращающихся узлов определяется суммой скоростей, создаваемых в ванне планетарным устройством, бегунами интенсивного перемешивания и лопастями – скребками. В результате за ограниченное время цикла перемешивания формовочной смеси придаются оптимальные свойства.

Описанные бегуны отличаются низким потреблением энергии и обеспечивают тщательное перемешивание компонентов.

Разгрузка регенерированной формовочной смеси производится через отверстие, расположенное в днище ванны. Крышка разгрузочного люка поворачивается гидравлическим цилиндром в горизонтальной плоскости.

Основные преимущества гидравлического привода по отношению к традиционному редукторному электродвигателю:

- высокая надежность и прочность при одинаковых технических характеристиках;

- возможность подбора оптимальной скорости перемешивания путем изменения частоты вращения вала гидравлического двигателя;
- поглощение инерции, возникающей при незапланированных остановках (отключениях электропитания), при помощи разгрузочного клапана;
- повторный пуск при полной загрузке бегунов с максимально возможным моментом;
- минимальное количество деталей и узлов, нуждающихся в обслуживании;
- возможность размещения гидравлической установки в чистом и защищенном помещении.

Так же в комплект поставки включает машину охлаждения формовочной смеси. Физический принцип, который используется в данной машине – удаление тепла, образующегося при испарении воды, вступающей в контакт с формовочной смесью, за счет принудительной вытяжки пара, образующегося в ванне. Формовочная смесь постоянно перемешивается, одновременно с этим подается воздух для образования псевдооживленного слоя. Это обеспечивает увеличение поверхности теплообмена между воздухом и формовочной смесью. В начале цикла подается вода, которая и участвует в охлаждении и увлажнении. Затем из загрузочного бункера подается обедненная формовочная смесь. Таким образом охлаждение начинается уже с первых мгновений перемешивания.

Пар, образующийся в результате контакта воды формовочной смеси, непрерывно удаляется вытяжной системой. Удаленные пары должны подаваться в фильтр-осушитель, где они будут доводиться до состояния, в котором возможен их выпуск в окружающую среду в соответствии с действующим природоохранным законодательством.

Контроль соответствия химического состава осуществляется специальными датчиками, которыми оснащен лопастной смеситель Р6000, входящий в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli», (Италия).

Таблица 18 - Техническая характеристика смесительной установки Р6000

Характеристика	Величина
Производительность смесеприготовительной установки, т/ч	30
Зарядка, кг	1200
Мощность, кВт/ч	60
Цикл, сек.	110

Таблица 19 – Расчет количества формовочной и стержневой смеси

Параметры	Показатели
Расход единой смеси на тонну годного, м ³	8,23
Расход единой смеси на программу с учетом просыпи 5% (14500 т), м ³	115 220 м ³
Расход стержневой смеси на тонну годного, м ³	0,485
Расход стержневой смеси на производственную программу (14500 т), м ³	6790 м ³

3.2.1. Расчет смесителей

Количество бегунов находим по формуле:

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

где N – расход смеси на производственную программу, м³;

K_{II} – коэффициент, учитывающий потери на программу;

F_д – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность смесеприготовительного агрегата, м³/ч.

Производительность смесителей для формовочной и стержневой смесей соответственно равны

Годовая производительность смесителя:

$$n = \frac{115220 \cdot 1,1}{5632,5 \cdot 30} = 0,75 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одного смесителя модели Р6000.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_з = \frac{N_{\text{расчетное}}}{N_{\text{принятое}}} \cdot 100\%, \quad (22)$$

Коэффициент загрузки должен удовлетворять неравенству:

$$60\% \leq K_з \leq 90\%,$$

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

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].

Компания «Belloi&Romagnoli» была основана в Модене в 1950 году и с самого начала своей деятельности занимается изготовлением технологического оборудования для литейного производства. В 70-е и 80-е годы как в Италии, так и за рубежом литейное производство претерпело серьезные перемены — на смену литейщику пришла современная технология.

Сегодня «Belloi&Romagnoli» - это не только реальность, на которую можно положиться, но и почти 50 лет опыта работы в области оборудования для литейного производства. Общей отличительной чертой оборудования «Belloi&Romagnoli» последнего поколения является его качество. Кроме того, «Belloi&Romagnoli» гарантирует покупателю комплексное обслуживание как на этапе проектирования оборудования, так и после его продажи. Метод уплотнения форм прессованием используется с 1983 года на линиях изготовления сырых песчано-глинистых форм. Преимущества прессования при эксплуатации всех формовочных линий «Belloi&Romagnoli» следующие:

Прессование это единственный способ формовки, обеспечивающий равномерную и плотную набивку по всему объему формы, – прессование. Кроме того, прессование обеспечивает хорошие условия труда формовщиков и высокую производительность оборудования. Но представленная эюра уплотнения – для формы без модели. При установке в форму модели при прессовании достигается различная степень уплотнения – над моделью плотность набивки выше, а в карманах она ниже. Определяющим фактором для плотности набивки карманов является соотношение высоты модели и опоки. Использование высоких моделей приводит к различным дефектам вследствие низкой плотности формовочной смеси в карманах модели.

Для обеспечения равномерности уплотнения при прессовании необходимо, чтобы глубина проникновения прессовой колодки соответствовала высоте модели. Эта задача решается двумя способами:

- использование профильных прессовых колодок. Они изготавливаются совместно с модельной оснасткой, однако такая технология существенно увеличивает стоимость модельного комплекта;

- разделение прессовой колодки на дискретные участки. Такой подход увеличивает стоимость оборудования, но позволяет сэкономить на оснастке.

- 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, т.к. 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 «Multipress» производятся высококачественные отливки одинаково высокого качества в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти полным отсутствием дефектов поверхности, заусенцев и т.д.

Уплотнение формы осуществляется при помощи многоплунжерной головки. Многоплунжерная головка представляет собой множество независимых прессовых цилиндров (гидравлических или пневматических) с небольшими прессовыми колодками (башмаками).

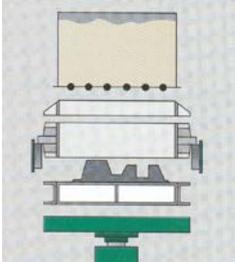
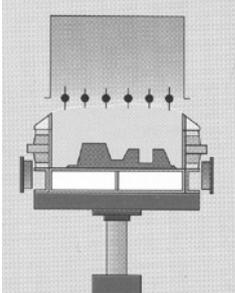
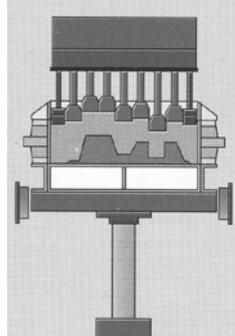
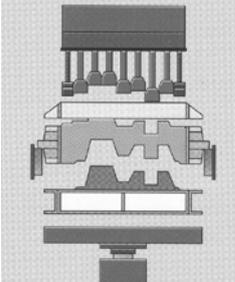
Такая технология позволяет обеспечивать высокое и равномерное уплотнение формовочной смеси. В первых формовочных машинах такого типа использовались активные многоплунжерные головки – уплотнение формовочной смеси производилось многоплунжерной головкой на неподвижном рабочем столе.

Технология изготовления форм многоплунжерной головкой представлена в таблице 20.

В современных формовочных машинах устанавливается пассивная многоплунжерная головка, т.е. уплотнение производится подъемом рабочего стола формовочной машины.

Дальнейшая дискретизация прессовых колодок была предложена фирмой в формовочных машинах с гибкой диафрагмой. Прессование на этом оборудовании производилось импульсом сжатого воздуха с давлением до 0,6 МПа. Как оказалось впоследствии, в использовании гибкой диафрагмы как буфера, передающего импульс от сжатого воздуха формовочной смеси, нет большой необходимости. Поэтому выпуск формовочных машин с гибкой диафрагмой был свернут.

Таблица 20 - Операции изготовления форм многоплунжерной головкой

№	Операция	Схема
1	Заполнение формовочной смесью дозатора формовочной машины. Для равномерности заполнения опоки дозатор оснащен заслонками. Установка опоки с наполнительной рамкой на модель	
2	Заполнение опоки с наполнительной рамкой формовочной смесью из дозатора формовочной машины	
3	Подъем рабочего стола формовочной машины. Уплотнение формовочной смеси многоплунжерной головкой пассивного типа	
4	Протяжка модели. Съем готовой формы с формовочной машины	

В импульсных формовочных машинах фирм «HWS» и «Savelli» прессование производится непосредственно сжатым воздухом из ресивера, подаваемым на формовочную смесь. Воздух накачивается в ресивер от компрессора. Из-за высокого начального давления воздуха не успевает развиваться процесс фильтрации, поэтому объем сжатого воздуха выступает практически как несжимаемая пластина, передающая импульс высокого давления (до 2 МПа) на формовочную смесь.

Импульсным уплотнением реализована предельная дискретность прессовой колодки – на уровне молекул. Но для получения качественных отливок даже такой степени уплотнения недостаточно. Степень уплотнения

на контрладе полуформы достигает всего 20-40 ед., т.е. необходимо проводить доуплотнение, так же, как на встряхивающих формовочных машинах.

В формовочной линии практически на всем оборудовании используется гидропривод. Основные преимущества гидравлического привода по отношению к традиционному редукторному электродвигателю:

- высокая надежность и прочность при одинаковых технических характеристиках;
- возможность подбора оптимальной скорости перемешивания путем изменения частоты вращения вала гидравлического двигателя;
- поглощение инерции, возникающей при незапланированных остановках (отключениях электропитания), при помощи разгрузочного клапана;
- минимальное количество деталей и узлов, нуждающихся в обслуживании;
- возможность размещения гидравлической установки в чистом и защищенном помещении.

На формовочной линии используется компьютерное централизованное управление всеми параметрами линии которое представляет собой надежное средство контроля в реальном времени как всей линии. Это необходимо для обеспечения и повышения коэффициента использования оборудования. Для определения времени такта всей линии и каждого привода компьютер устанавливает момент старта и продолжительность отдельных движений.

Такой метод уплотнения несет название пассивный процесс. После того, как смесью заполняется модельная плита с опокой, происходит их перемещение под пассивную уплотнительную головку. В этот момент уплотняется область формы, находящаяся в контакте с уплотнительной головкой, соединенной трубами и каналами. Этот метод работает по принципу сообщающихся сосудов.

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. Перед формовочной машиной на поворотном столе стоят нижняя и верхняя опоки Они последовательно вдвигаются в позицию формовки. Модельное устройство вместе с опокой приподнимается к наполнительной раме.

Формовочная смесь подается навалом и формовочный узел подается наверх. Формовочная смесь уплотняется гидропрессом и многоплунжерной прессовой головкой. Модель извлекается из формы.

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.

Таблица 21 - Технические данные АФЛ «Belloi&Romagnoli»

Параметр	Показатель
Внутренние размеры опоки	1200×1200×350/450мм
Производительность формовки	30 полных форм/час
Время цикла	72 с
Потребность в формовочной смеси	30 т/ч
Количество разливочных мест	60
Время охлаждения:	115 мин. в зависимости от
Общий уровень шума линии	82 дБ
Формовочная машина	Отдельная станция с турникетом подготовленным для уплотнения «Multipress»
Количество формовочных машин	Одна
Система формовки	Уплотнение под высоким давлением при помощи «Multipress»
Гидропривод	Централизованный
Давление в гидравлическом контуре	100 бар
Температура масла	50°С ± 5°С
Система электроуправления	Централизованная
Расход охлад. воды, средний	10 м³/ч при t на входе 30°С
Предполаг. установл. мощность	350 кВт
Расход сжатого воздуха, 6 бар	180 Нм³/ч
Рабочее напряжение	3×400 V, 50 Hz,
Управляющее напряжение	230 V, 50 Hz,
Допустимые колебания	Напряжение +10% и -2,5% электропитании Hz ± 2%

Полуформы поворачиваются с помощью приспособления кантования на 180° 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. 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 приспособлении кантователя верхняя опока разворачивается на 180° назад.

Нижние опоки проходят линию установки стержней с позициями ручной установки стержней. 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. Окончательная центровка осуществляется штифтами и втулками в опоках.

После подачи на линию заливки формы заливаются с помощью ковша емкостью 6 т. Поперечно-транспортное приспособление транспортирует формы к участкам охлаждения, и они выборочно вталкиваются на один из участков. На участках охлаждения формы охлаждаются 50 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.

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.

3.3.1. Расчет количества формовочных линий

Расчет автоматических формовочных линий.

Найдём необходимое количество формовочных линий:

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

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.

$$n_m = \frac{142296}{(5692,7 - 102,7) \cdot 30} = 0,84 \text{ шт.}$$

Принимаю одну формовочную линию «Belloi&Romagnoli» для выполнения производственной программы.

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{0,84}{1} \cdot 100\% = 84\% .$$

Таблица 22 – Расчет потребности стержневой и формовочной смеси

Массовая группа	Отливка	Сплав отливки	Масса отливки, кг	Общее кол-во отливок на программу, шт	Брак механ. цеха, шт.	Брак, шт.	Общее коли-во отливок с учетом брак, шт.	Кол-во отливок в форме, шт	Кол-во форм на пр. программу, шт	Кол-во стержней на отливку, шт	Кол-во стержней на программу, шт	Масса стерж. смеси на отливку, кг	Масса стержневой смеси на программу, т	Объем стержневой смеси на отливку, м ³	Объем стержневой смеси на программу, м ³
0-50	Крышка	20ГЛ	32,3	8000	400	560	8960	4	4704	6	53760	36,26	357,379	61,64	635,159
	Корпус	20ГЛ	46,2	8000	400	560	8960	3	6272	8	71680	15,9	156,71	27,03	278,517
	Букса	20ГЛ	39,1	8000	400	560	8960	4	4704	6	53760	22,3	219,789	37,91	390,625
	Козырек	20ГЛ	58,7	8000	400	560	8960	3	6272	4	35840	12,8	126,157	21,76	224,215
	Щит	20ГЛ	52,3	8000	400	560	8960	3	6272	2	17920	22,2	218,803	37,74	388,873
50-100	Диффузор	20ГЛ	55,0	6000	300	420	6720	1	14112	2	13440	10,9	80,5728	18,53	143,2
	Венец	20ГЛ	114,6	6000	300	420	6720	3	4704	4	26880	15,6	115,315	26,52	204,947
	Ступица	20ГЛ	76,5	6000	300	420	6720	4	3528	6	40320	43,3	320,074	73,61	568,858
	Плита	20ГЛ	70,1	6000	300	420	6720	3	4704	2	13440	35,1	259,459	59,67	461,13
	Погон	20ГЛ	76,3	6000	300	420	6720	2	7056	3	20160	21,5	158,928	36,55	282,458
100-150	Оголовок	20ГЛ	123,9	5500	275	385	6160	2	6468	5	30800	16,6	112,482	28,22	199,91
	Диск	20ГЛ	154,4	5500	275	385	6160	2	6468	6	36960	28,9	195,826	49,13	348,037
	Валик	20ГЛ	113,5	5500	275	385	6160	2	6468	3	18480	18,9	128,066	32,13	227,609
	Защита	20ГЛ	155,8	5500	275	385	6160	1	12936	5	30800	27,9	189,05	47,43	335,994
	Хомут	20ГЛ	128,4	5500	275	385	6160	2	6468	2	12320	13,7	92,8312	23,29	164,986
150-200	Крышка	20ГЛ	190	5000	250	350	5600	2	5880	6	33600	21,4	131,824	36,38	234,287
	Стойка	20ГЛ	194,1	5000	250	350	5600	1	11760	6	33600	36,9	227,304	62,73	403,981
	Упор	20ГЛ	189,2	5000	250	350	5600	2	5880	3	16800	42,8	263,648	72,76	468,574
	Рулевая тяга	20ГЛ	220,3	5000	250	350	5600	1	11760	2	11200	35,8	220,528	60,86	391,938
	Тяга	20ГЛ	196,1	5000	250	350	5600	2	5880	5	28000	40,1	247,016	68,17	439,015
Всего:				122500	6125	8575	137200		142296		599760		3821,76		6792,31

3.4. Стержневое отделение

Пескострельные автоматы «АНВ» предназначены для эффективного изготовления стержней в неподогреваемой оснастке газовым отверждением по таким процессам, как например CO_2 , Coldbox, Betaset, SO_2 .

Новая концепция автоматов «АНВ» и колонная конструкция предлагают все элементы, которым должна отвечать современная стержневая машина, применяемая в условиях литейного производства.

Машины «АНВ» разработаны для производства крупных, средних и мелких стержней из стержневых смесей на стержневом участке.

Непосредственно до начала «выстрела» стол прижимают к пескострельной головке вместе с побочно-фиксированной оснасткой. После заполнения модельной оснастки стержневой смесью стол отводят в начальное положение.

Между модельной оснасткой и пескострельной головкой подходит продувная плита, прижимая её стержневым ящиком к пескострельной головке. Следует подвод газообразного отвердителя (катализатора). После окончания времени продувки газом снимают стол машины, отводят продувную плиту, размыкают боковые пневмоцилиндры и раскрывают двери защитной кабины.

Модельная оснастка и изготовленные в ней стержни выезжают на передний стол машины. Автомат «АНВ-10» состоит из:

- стабильной колонны,
- пескострельной головки,
- протяжного стола,
- бокового пневмоцилиндра,
- продувной плиты (для подачи газа-отвердителя) с кареткой,
- защитной кабины,
- блока управления.

Автомат «АНВ-10» работает модельными оснастками с вертикальным, горизонтальным или смешанным разъёмом. Возможно применение модельной оснастки из дерева, пластмассы, железа, алюминия или из комбинированных материалов. Прижим стола машины к пескострельной головке происходит силами, гарантирующими качественное заполнение модельной оснастки стержневой смесью.

Все отдельные движения и операции управляют пневмосистемой. Продувная плита изготовлена из алюминия. Компактная конструкция машины вместе с газогенератором сокращает время монтажа на участке её применения до минимума.

Таблица 23 – Характеристики стержневого автомата фирмы «АНВ»

Основные характеристики НВ	«АНВ-10»	«АНВ-20»	«АНВ-40»
Объём впрыскиваемой порции, литры	10	20	40
Прижимное усилие машинного стола, daN	4200	6500	11000
Удерживающее усилие машинного стола, daN	8400	13000	22000
Ход цилиндра машинного стола, мм	300	400	400
LW взрыв. головка – машинный стол, мм	540	740	840
Натяжное усилие боковин, daN	2600	4200	6500
Удерживающее усилие боковин, daN	5200	8400	13000
Ход цилиндров боковины, мм	200	400	400
LW при открытых боковинах, мм	740	990	990
Натяжная плита высота × глубина, мм	200×400	400×600	400×600
Удерживающие усилие натяжных плит кг	550	1300	1650
Максимальный вакуум, бар	- 0,8	- 0,8	- 0,8
Ход цилиндра верхней части, мм	320	320	320
Ход цилиндра выбрасывателя, мм	90	110	110
Плита выбрасывателя Ш×Г, мм	180×280	240×380	300×400
Вес машины, кг	3000	4500	5000
Вес защитной кабины, кг	800	900	1000
Размеры стержневого ящика			
Макс. ширина стерж. ящика верт./гор., мм	400/740	450/990	500/990
Мин. ширина стержневого ящика, мм	150	200	200
Макс. высота стержневого ящика, мм	450	670	770
Мин. высота стержневого ящика, мм	240	340	440
Макс. глубина стержневого ящика, мм	700	800	1000
Макс. диапазон выстреливания Ш×Г, мм	360×360	550×550	550×550
Макс. диапазон газирования Ш×Г, мм	440×440	600×600	600×600
Макс. вес стержневого ящика, кг	300	800	1000
Макс. вес верхней части стерж. ящика, кг	250	300	400
Макс. давление выстреливания, бар	5,5	5,5	5,5
Время цикла машины (переменные)			
Стержневой ящик с гориз. разделением, сек	12	17	18
Стержневой ящик с верт. разделением, сек	13	18	19
Стержневой ящик с гориз./верт. разделением, сек	15	20	21
Гидравлика / энергия / расход			
Макс. давление гидравлики, бар	250	250	250
Макс. рабочее давление гидравлики, бар	210	210	210
Кол-во масла для гидравлики, л	200	200	200
Общая мощность при 400 В, 50 Гц	5	8	8
Расход воздуха при 6 барах прим., м ³ /ч	5	7	7
Отсасываемый объём кабины прим., м ³ /ч	2000	3500	4000

Описание механизмов машины:

Колонна машины. Состоит из: массивной сварочной конструкции со стабильной основой, пустотелой колонны, выполняющей функцию

воздушного резервуара; в верхней части которой, совмещены пескострельная головка и пескострельный резервуар.

Стол машины. Рабочий стол машины оснащен пневмоцилиндром, который управляет его движение вверх/вниз. Пневмоцилиндр активируют во время прижимания модельной оснастки к пескострельной головке непосредственно до начала заполнения оснастки стержневой смесью, а также во время прижимания продувной плиты стержневым ящиком к пескострельной головке непосредственно до начала продувки газом. На столе машины размещены прижимные плиты для фиксирования модельной оснастки боковыми пневмоцилиндрами.

Клапан управляющий «выстрелом». Этим клапаном осуществляют связь между пескострельным и воздушным резервуаром. Резервуар заполняют нагнетённым воздухом. Давление воздуха настраивают регулирующим клапаном. Во время «выстрела» клапан размыкается, сразу освобождая воздух, нагнетённый в резервуаре. Через пескострельные отверстия головки стержневую смесь уплотняют в модельную оснастку.

Пескострельный резервуар. Состоит из: резервуара для заполнения стержневой смесью объёмом 10 литров, вставочной щелевой гильзы, механизма замыкания.

Вентиляционный клапан пескострельного резервуара. Машина располагает вентиляционным клапаном, которым отводят воздух, нагнетённый в пескострельном резервуаре через глушитель в рабочее пространство машины. Этот клапан замыкается во время поднимания стола машины. Клапан размыкают по окончанию «выстрела», а также во время съёма стола машины.

Защитная кабина. Автомат оснащен защитной кабиной. Правую боковую дверь можно демонтировать. Кабина защищает оператора от несчастных случаев во время заполнения модельной оснастки стержневой смесью, а также во время продувки газом-отвердителем. Кабина защищает оператора и от травм в результате ошибочного управления автомата. Если фронтальная дверь является незакрытой, питание машины воздухом прерывается аварийным клапаном. Рекомендуется периодически проверять правильное функционирование этого клапана.

Газогенератор. Для равномерного и быстрого отверждения литейных стержней применяют газообразные отвердители и газогенераторы. Газогенератор служит для эффективного испарения жидких отвердителей и катализаторов. Испарение происходит в нагревателе газогенератора. Газообразный отвердитель (катализатор) вводят через продувную систему в заполненную стержневой смесью модельную оснастку.

Газогенератор интегрирован в конструктивном модуле вместе с лабораторным пескострельным автоматом и предназначен для подачи газообразного амина, или метилового формиата.

В корпусе газогенератора размещены бочка для снабжения жидким амином, ёмкость для подачи метилового формиата, насос для дозировки амина, насос для дозировки метилового формиата и нагреватель. Вентильный блок находится за корпусом газогенератора. Пульт управления газогенератора расположен перед пескострельным автоматом. Из-за обеспечения качественной вентиляции рабочего места, вентиляционную систему включают до пуска газогенератора. Во время рабочего цикла дверь газогенератора надо держать всегда в замкнутом состоянии.

Газогенератор находится непосредственно у пескострельного автомата, чтобы гарантировать кратчайшее расстояние между газогенератором и продувной плитой.

Газогенератор служит для объёмной дозировки жидких отвердителей (катализаторов) и их подачи в нагреватель. Газообразный отвердитель (катализатор) подводят к модельной оснастке по шлангам. Во время продувки отвердитель (катализатор) находится в газовой смеси с подогретым воздухом.

Дозировку отвердителя (катализатора) проводят непосредственно до начала процесса изготовления стержней из-за того, что испарение катализатора происходит за короткое время. Из-за того, что нагреватель располагает достаточным объёмом, не существует опасность, что во время испарения отвердителя (катализатора) его газовое давление не может нарастать до значений, при которых протекает его конденсация.

Если это было бы возможно, расход отвердителя (катализатора) нарастает, а верхние и нижние части стержня не отверждаются из-за конденсации амина. Основное правило, которое надо соблюдать при процессах с холодным отверждением и газовой продувкой, это чем газообразнее отвердитель (катализатор), тем выше скорость отверждения и тем лучше качество стержня.

Когда количество жидкого отвердителя выше оптимального, газовое давление возрастает и приводит к его конденсации, причём объём рабочего пространства нагревателя - насыщен.

Чтобы отвердитель успел превзойти сопротивление стержневой смеси во всех участках модельной оснастки, надо соблюдать следующее правило: управлять давлением продувки (значение параметра «максимальное давление продувки») на пульте управления.

3.4.1. Расчет стержневых машин

Количество стержневых машин определяем по формуле:

$$n_{см} = \frac{N_{см}}{(\Phi_o - t) \cdot q} , \quad (24)$$

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

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

Φ_o – действительный фонд времени, ч/год;

q – производительность машины, шт./ч.

$$n_{см} = \frac{599760}{(5752,9 - 102,9) \cdot 50} = 2,13 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{2,13}{3} \cdot 100\% = 71\% .$$

Для выполнения производственной программы необходимо 3 стержневых автомата на основе ХТС моделей «АНВ-10» - 1 шт. для мелких стержней, «АНВ-20» - 1 шт. для средних стержней, «АНВ-40» - 1 шт. для крупных стержней.

3.5. Термообрубное отделение

После выбивки отливки подвергаются термической обработке для снятия внутренних напряжений и получения определенной структуры металла и физико-механических свойств. 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 заливок 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 42236, так как имеет высокую производительность.

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

Чем сложнее сталь по своему химическому составу, т.е. чем больше в ней содержится углерода, различных примесей и добавок, тем она менее теплопроводна. При разработке технологии нагрева крупных изделий из легированной стали сложного состава скорость нагрева иногда назначают в 2-3 раза меньше, чем может дать нагревательный агрегат, чтобы не вызвать больших внутренних напряжений из-за большой разницы температуры между поверхностью и сердцевиной изделия.

При этом изделия из простой углеродистой стали небольшой толщины (до 100-200мм) обычно нагревают с любой скоростью, какую может дать печь, т.к. углеродистая сталь обладает настолько большой теплопроводностью, что никакого брака из-за быстрого нагрева стали не получается. Изделия сложной формы с резкими переходами от толстых сечений к тонким нагревать полагается особо внимательно, т.к. в тонких сечениях изделия прогреваются значительно раньше, чем в толстых, и при быстром нагреве в них возникают тепловые напряжения, которые могут вызвать коробление деталей. Температуру нагрева при термообработке устанавливают в зависимости от марки стали и назначения термической обработки.

Сталь 25Л подвергается нормализации. Отливки нагревают до температуры $920-960^{\circ}\text{C}$ 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 – ферритно-перлитная.

Детали, поступающие на термический участок, проходят контроль: проверяется марка стали и номер детали по сопроводительному документу (накладной), внешний вид и поверхностные дефекты на соответствие требованиям чертежа на штампованную заготовку. Контейнер с деталями транспортируется к агрегату для термообработки. Закально-отпускной толкательный агрегат состоит из двух печей. Нагрев осуществляется природным газом. Печи трехзонные.

Контроль температуры осуществляется с помощью потенциометра КСП-3. Детали, в количестве укладываются с помощью грузозахватного приспособления на поддон. Толкателем поддон с деталями проталкивается в пространство печи, разогретой до технологической температуры $950\pm 10^{\circ}\text{C}$,

заслонка печи закрывается. Темп толкания – 0,5 часа. Время нахождения деталей в печи – 4 часа. Операции замера твердости, очистки и контроля марки стали аналогичны предыдущим деталям.

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.

Дальнейшие испытания и контроль производятся в соответствии с [1].

Количество печей для термообработки отливок определяем по формуле:

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

где V_r – выход годных отливок, т;

$П$ – производительность установки, т/ч;

Φ – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

$$N_n = \frac{14500 \cdot 1,05 \cdot 1,25}{0,8 \cdot 3,0 \cdot 5783,04} = 1,36 \text{ шт.}$$

$$K_s = \frac{1,36}{2} = 0,68.$$

Количество печей для термообработки отливок принимаю 2 шт.

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 заливок 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 применяем дробеметный барабан периодического действия модели 42236, так как имеет высокую производительность. Техническая характеристика очистного барабана модели 42236 указана в таблице 24.

Таблица 24 Техническая характеристика очистного барабана

Характеристика	42202	42203	42233	42236	42236Н	42246
Назначение	Очистка	Очистка	Выбивка, очистка	Выбивка, очистка	Выбивка, очистка	Очистка
Тип пода	Резиновый		Металлический			
Объем загрузки, м ³	0,15	0,3	0,3	1,2	1,2	1,2
Наибольшая масса загрузки барабана, кг	300	600	800	3000	3000	3000
Наибольшая масса очищаемого изделия, кг	10	40	100	500	500	400
Наибольшая объемная диагональ очищаемого изделия, мм.	300	450	700	700	700	700
Масса дробы, выбрасываемая дробеметными аппаратами, кг/мин	До 100	350	270	800	800	850
Объем отсасываемого воздуха, м ³ /час	-	10300	12400	18200	18200	13000
Габариты, мм:						
- длина (L)	2600	4700	4900	6000	6800	5300
- ширина (B)	2100	4370	4200	7000	6740	5800
- высота общая (H)	4200	5700	4750	6000	6000	7405

На основании таблицы 24 и основываясь, что масса производимых отливок от 20 до 200 кг, выбираем дробеметный барабан модели 42236.

Рассчитаем необходимое количество дробеметных камер для выполнения производственной программы:

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

где Q – вес отливок на годовую программу, т;

Φ_0 – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность дробеметной камеры, т/ч.

$$N = \frac{14500}{5783,1 \cdot 4,0} = 0,63 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,63}{1} = 0,63.$$

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 «Belloi&Romagnoli» (Италия) 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 80 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 «Belloi&Romagnoli», тип применяемого нагнетателя BR600. Принцип передачи песка «полная труба». Производительность 6 тонн в час.

3.7. Сводная ведомость оборудования

Таблица 25 – 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	20 000 т	2,5 т/ч	2,16	3	72
Смесеприготовительное	Смеситель	P6000	115220 м ³ /ч	30 м ³ /ч	0,75	1	75
Стержневое	Стержневая машина	АНВ-10 АНВ-20 АНВ-40	599760 стр	50 стр/ч	2,13	3	71
Формовочное	АФЛ	Belloi & Romagnoli	142296 ф	30 ф/ч	0,84	1	84
Термообрубное	Дробеметный барабан	42236	14500 т	4,0 т/ч	0,63	1	63
	Печь для термообработки	ТП-3,0	14500 т	3,0 т/ч	1,36	2	68

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 на автоматическую формовочную линию фирмы «Belloi&Romagnoli», (Италия), 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 «Belloi&Romagnoli», (Италия) 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 вентиляции. 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.

Автоматическая формовочная линия фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) 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, 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 «Belloi&Romagnoli» (Италия) 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 «Belloi&Romagnoli» (Италия) применяется автоматическая формовочная машина, 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 заливные краны. Подъем и перемещение грузов, производимых в технологических целях, выполняется в соответствии с требованиями техники безопасности.

На автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) 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 используется 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 1 - 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.

Сточные воды образуются при охлаждении прокатного оборудования, отделке проката, а также при охлаждении доменных и мартеновских печей, конверторов.

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 обратная	0,9	тыс. м ³ /год
2.	Энергия		
	Электрическая	10	млн. кВт*ч
	Природный газ	45	тыс. м ³ /год
	пар	32	тыс. кДж/год
3.	Продукция		
	Отливки	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 27.

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-6, 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, мг/м ³	3,0-4,75	3,0-3,75
Окислы алюминия, мг/м ³	2,8-2,9	1,8-1,95
Окислы углерода, мг/м ³	19,75-19,95	14,35-16,5
Окислы азота, мг/м ³	4,08-4,53	3,02-3,41
Окислы марганца, мг/м ³	0,02-0,045	0,01-0,022
Сернистый ангидрид, мг/м ³	0,447-0,785	0,235-0,653
Кремний содержащая пыль, мг/м ³	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 скрубберов, циклонов, газоочистных фильтров.

Замена встряхивающих формовочных машин, решеток и ряда открытых смесеприготовительных выбивных установок (бегунов) на автоматическую формовочную линию фирмы «Belloi&Romagnoli» 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 «Belloi&Romagnoli», стержневое оборудование «АНВ-10/20/30» фирмы «АНВ», 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 14500 тонн годного литья.

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)

$$K_{сп} = \frac{F_{ном}}{F_{\delta}},$$

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 смену		
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	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Кол-во рабочих		Спис.	К _{сп}
			Явочное			
			В сутки	В смену		
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	40000	46000	552000
Зам начальника	2	34000	39100	938400
Зам нач по кадрам	1	31000	35650	427800
Зам нач по сбыту прод.	1	32000	36800	441600
Начальник техбюро	1	25000	28750	345000
Технолог	3	15000	17250	621000
Старший мастер	5	22000	25300	1518000
Экономист	2	12000	13800	331200
Механик	1	26000	29900	358800
Энергетик	1	25000	28750	345000
Итого	18	-	301300	5878800
Служащие				
Нормировщик	3	9500	10925	393300
Бухгалтер	2	8100	8510	204240
Табельщик	3	6900	4485	161460
Секретарь	1	6100	4715	56580
Итого	9	-	28635	815580
МОП				
Уборщица	6	5800	6670	480240
Сатураторщик	3	5500	6325	227700
Итого	9	-	12995	707940
Итого по цеху	36	-	342930	7402320

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.

$$N_{ч} = N_{сп} \cdot F_{\partial},$$

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

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

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

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	6 525 468,00
Служащие	905 293,80
МОП	785 813,40
Итого:	52 448 152,75

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.

$$\text{ФМП} = \text{З}_{\text{год}} \cdot 0,1 = 52\,448\,152,75 \cdot 0,1 = 5\,244\,815,275 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 6\,525\,468,00 \cdot 0,2 = 1\,305\,093,60 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 905\,293,80 \cdot 0,2 = 181\,058,76 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 5\,244\,815,275 - 1\,305\,093,60 - 181\,058,76 = 5\,244\,815,27 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП} = 29\,908\,048,41 / 52\,448\,152,75 = 0,57 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 29\,908\,048,41 \cdot 0,57 = 17\,054\,773,39 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 14\,323\,529,13 \cdot 0,57 = 8\,167\,853,019 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 785\,813,40 \cdot 0,57 = 448\,102,4398 \text{ руб}$$

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

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м осн}} = (29\,908\,048,41 + 17\,054\,773,39) / 12 \cdot 128 = 30574,75 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м веп}} = (14\,323\,529,13 + 8\,167\,853,019)/12 \cdot 93 = 20153,57 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{ср/м ИТР}} = (6\,525\,468,00 + 1\,305\,093,60)/12 \cdot 18 = 36252,6 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м сл}} = (905\,293,80 + 181\,058,76)/12 \cdot 9 = 10058,82 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м МОП}} = (905\,293,80 \cdot ((1+0,25+0,1+0,2) \cdot 1,15) + 448102,44) / 12 \cdot 9 = 5021,06 \text{ руб.}$$

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	14500
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.	109,375
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	46 962 821,81
вспомогательные рабочие	руб.	22 491 382,15
ИТР	руб.	7 830 561,6
служащие	руб.	1 086 352,56
МОП	руб.	1 862 566,56
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП		
основные рабочие	руб.	30574,75
вспомогательные рабочие	руб.	20153,57
ИТР	руб.	36252,6
Служащие	руб.	10058,82
МОП	руб.	5021,06

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	46962821,81	10331820,8	1361921,8	2395103,9	93925,64	14182772,19
Вспомогательные рабочие	22491382,15	4948104,07	652250,08	1147060,5	44982,76	6792397,41
ИТР	7830561,6	1722723,55	227086,29	399358,64	15661,12	2364829,603
Служащие	1086352,56	238997,563	31504,224	55403,981	2172,705	328078,4731
МОП	1862566,56	409764,643	54014,43	94990,895	3725,133	562495,1011
Итого	80 233 684,68	17651410,6	2326776,9	4091917,9	160467,4	24230572,77

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, 6500 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.	Амортизаци- онные отчисления		
			Цена, тыс руб	Монтаж			Всего, руб.	Норма, %	руб.
				%	Σ, руб.				
Здание и сооружения	10000	-	6,5	-	-	65000	65000	2	1300
Сталеплавильная печь	ДППТ6	3	60000	10	6000	66000	198000	7	13860
Формовочная линия	Belloi& Romagnoli	1	55000	10	5500	60500	60500	10	6050
Смеситель	P6000	1	25000	10	2500	27500	27500	10	2750
Стержневая линия	АНВ	3	23500	10	2350	25850	51700	10	5170
Дробеметный барабан	42236	1	15000	10	1500	16500	16500	10	1650
Термическая печь	ТП-3,0	2	12000	10	1200	13200	26400	10	2640
Итого:	-	-	-	-	-	-	445600	-	33420
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	267360	10	26736
Оснастка	-	-	-	-	-	-	64,25	50	32,125
Прочее оборудование	-	-	-	-	-	-	111400	10	11140
Итого	-	-	-	-	-	-	378824,3	-	37908,13
Всего	-	-	-	-	-	-	824424,3	-	71328,13

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	4 456,00	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	22 280,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение грузов	667,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Износ оборудования	667,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Прочие расходы	82 442,43	10 % от общей суммы расходов
Итого:	110 512,43	-

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	5533,35756	80 233 684,68
2. Отчисления ЕСН	1671,07398	24230572,77
3. Амортизация здания, инвентаря	4919,18103	71328125
4. Затраты на научную работу, рационализаторство	442,668605	6418694,774
5. Расходы на охрану труда	553,335756	8023368,468
6. Стоимость вспомогательных материалов	494,12069	7164750
Итого	13613,7376	197 399 195,69
Прочие расходы	1361,37376	19739919,57
Цеховые расходы	14975,1114	217 139 115,26

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	1,346	4450	5989,23284	86843876,2
ВСП	0,146	3335	486,559892	7055118,44
Угар	0,2	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1,00	-	5502,67295	79788757,7
Оплата труда основных рабочих	-	-	5533,35756	80233684,7
ЕСН	-	-	1671,07398	24230572,8
Электроэнергия, кВтч	4,9	2,6	12,74	184730
Природный газ, м ³	53	2,71	143,63	2082635
Вода, м ³	43	2,32	99,76	1446520
Сжатый воздух, м ³	24,2	1,41	34,122	494769
Расходы на подготовку производства	-	-	4045,7	58662650
Расходы на ремонт и эксплуатация оборудования	-	-	276,8	4 013 600,00
Отчисления на амортизацию	-	-	4919,18103	71328125
Основная себестоимость	-	-	28714,8303	416365039
Цеховые расходы	-	-	14975,1114	217139115
Цеховая себестоимость	-	-	43689,9417	633504154
Общезаводские расходы	-	-	8177,2	118569400
Производственная себестоимость	-	-	23195,1	336328950
Непроизводственные расходы	-	-	3267,45	47378025
Полная себестоимость	-	-	78329,7	1135780529

6.7. Технико-экономические показатели

Фондоотдачу Φ_O находим по формуле:

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

где N – годовой объем продукции, руб.;

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

$$\Phi_O = \frac{1135780529}{824424300} = 1,377 \text{ руб./руб.}$$

Фондоёмкость находим по формуле:

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

$$\Phi_E = \frac{1}{1,377} = 0,725.$$

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%

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (39)$$

$$П = 1,3 \cdot 78329,7 = 101828,6 \text{ руб.}$$

Примем цену за 1 т годного литья 110000 руб. При объеме производства 14500 т литья в год доход от продаж составит 1 595 000 000 руб.

Прибыль найдем по формуле:

$$П = Д - C, \quad (40)$$

где $Д$ – доход, руб.

$$П = 1\,595\,000\,000 - 1\,135\,780\,529 = 459\,219\,470 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле

$$Ток = \frac{Кз}{Эф}, \quad (41)$$

$$Ток = \frac{824424300}{459219470} = 1,792.$$

Определим рентабельность проекта:

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

$$P = \frac{459219470}{1155873295} \cdot 100\% = 40,4\%.$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Технико-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	14500
Коэффициент выхода годного, %	74,3
Численность работающих всего, чел	257
в том числе: основных	128
вспомогательных	93
ИТР	18
служащих	9
МОП	9
Фонд основной заработной платы, тыс руб.	80 233,68
Капитальные вложения, тыс руб.	824 424,3
Себестоимость, руб.	78329,7
Рентабельность, %	40,4
Прибыль, тыс руб.	429 219,47
Срок окупаемости, г	1,79

Вывод:

Вложенные в проектирование и строительство цеха крупного стального литья с производительностью 14500 тон капитальные средства в размере 824424,3 тыс руб. окупятся за короткий срок в течении 1,79 года и позволят получать прибыль от реализации продукции в размере 429 219,47 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 методической части диплома проанализирована квалификационная характеристика по профессии формовщик машинной формовки, разработаны наглядные пособия для обучения.

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 14500 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. Противопрigarные 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. Кукуй Д.М., 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. Михайлов А.М., 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. Вёрёш А.М.. 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 «ПО УВЗ». Книга 1. Пояснительная записка. Родэ Р.В., Н.Тагил.: «ПО УВЗ», 2003. 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.

