





## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 104 листа машинописного текста, 2 рисунка, 49 таблиц, 32 источника литературы, 1 приложение, графическую часть на 6 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса изготовления отливок из серых чугунов для машиностроения с годовым выпуском 18000 тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы охраны труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

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

					<b>ДП.22.03.02.902 ПЗ</b>			
					Проект литейного цеха по изготовлению отливок из чугуна с производительностью 18000 тонн в год	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				1:1
<i>Разраб.</i>		<i>Котов</i>						
<i>Провер.</i>		<i>Бекетова</i>						
						<i>Лист</i> 3	<i>Листов</i> 104	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Категоренко</i>			3	ФГАОУ ВО РГПТУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-41 1сЛП		
<i>Утв.</i>		<i>Гузанов</i>			<b>Пояснительная записка</b>			

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА.....	8
1.1. Режим работы цеха .....	10
1.2. Расчёт фонда времени работы оборудования .....	11
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	12
2.1. Анализ конструкции детали.....	12
2.2. Обоснование способа изготовления отливки.....	14
2.3. Выбор способа производства отливки.....	16
2.3.1. Разработка технологии изготовления отливки «Опора» .....	17
2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия .....	17
2.4.1. Формовочные смеси .....	17
2.4.2. Стержневая смесь .....	20
2.4.3. Литейные покрытия.....	21
2.5. Модельно литейная оснастка.....	23
2.6. Определение количества стержней и их размеры .....	24
2.7. Литейная форма и стержни.....	26
2.7.1. Изготовление полуформ.....	27
2.7.2. Изготовление стержней из ХТС .....	29
2.8. Определение размеров опок.....	30
2.9. Припуска на механическую обработку.....	31
2.10. Расчет литниковой системы.....	33
2.11. Выбивка, обрубка, очистка .....	35
2.12. Контроль .....	36
2.13. Виды брака и методы их исправления и предупреждения.....	37
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ.....	40
3.1. Выбор оборудования для выполнения производственной программы.....	40
3.2. Плавильное отделение.....	40
3.2.1. Выбор плавильного агрегата.....	41
3.2.2. Приготовление расплава.....	42
3.2.3. Расчет оборудования плавильного отделения .....	45
3.3. Смесеприготовительное отделение.....	49
3.3.1. Расчёт производительности смесителей.....	52
3.4. Формовочное отделение.....	54
3.4.1. Характеристики формовочной линии «Savelli».....	56
3.4.2. Способ изготовления форм на формовочной линии «Savelli»..	56
3.4.3. Расчет количества оборудования формовочного отделения.....	58

3.5. Стержневое отделение.....	59
3.6. Выбивное отделение.....	64
3.7. Очистное отделение.....	66
3.8. Сводная ведомость оборудования.....	68
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	69
4.1. Безопасность труда.....	69
4.1.1. Характер труда.....	70
4.1.2. Условия труда.....	71
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА.....	80
5.1. Глобальные экологические проблемы.....	80
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.....	81
5.3. Основные требования экологизации проекта.....	84
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.....	84
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	86
6.1. Расчет численного состава рабочих.....	86
6.2. Организация и планирование заработной платы.....	90
6.3. Разработка системы стимулирования трудовой деятельности.....	93
6.4. Отчисления единого социального налога.....	95
6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений.....	95
6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции.....	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	104

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является одним из наиболее распространенных способов получения заготовок для деталей машин. Широкое распространение литейного производства объясняется большим его преимуществом по сравнению с другими способами получения заготовок (ковкой, штамповкой и др.).

Литьем можно получить заготовки практически любой сложности с минимальными припусками на мехобработку, что сокращает затраты на обработку резаньем, себестоимость изделия и расход металла.

Способ изготовления изделий из жидкого металла – один из самых древнейших. Данные археологических раскопок свидетельствуют о том, что начало литейного дела относится к III в. до н. э. В это время отливали различные изделия из бронзы и предметы украшения из благородных металлов. Позже появился чугун, из него изготавливали ядра пушек и сами пушки.

На территории России найдено много литых изделий, относящихся к разным временам. Образцы, хранящиеся теперь в музеях, расцениваются как образцы произведений искусства. В них поражает чистота поверхности, тщательность и изящество отделки, грандиозность размеров.

Развитие данного метода, вплоть до наших дней, проходило по двум направлениям:

- изыскание новых литейных сплавов и новых металлургических процессов;
- совершенствование технологии, механизации и автоматизации производства.

В настоящее время все шире внедряются передовые способы получения отливок, созданные на научной основе. При этом большое внимание уделяется снижению трудоемкости изготовления отливок и одновременно повышению их точности. Внедряются и совершенствуются специальные виды литья: литье в кокиль, под давлением, в оболочковые формы, центробежное литье, ЛВМ, которые обеспечивают получение точных отливок и, следовательно, уменьшение материальных и трудовых затрат на обработку.

Метод литья в сырые песчаные формы трудоемок и сложен. Но тем не менее, в ряде случаев, он является наиболее производительным и экономически выгодным. Применение литья в сырые песчаные формы эффективно главным образом в крупносерийном и массовом производстве,

когда заливка форм осуществляется на конвейере, при необходимости быстрой сборки форм, вызванный производственными условиями, так как данный способ имеет самый сокращенный общий цикл изготовления отливок. Метод литья в сырые песчаные формы наиболее экономичен, так как не требует площадей для установки сушил и складирования форм.

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

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

Проектируемый цех относится к чугунно-литейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения. Мощность цеха 18000 тонн годных отливок в год. В соответствии с производственной программой было выбрано и рассчитано оборудование, с помощью которого можно достичь заданной производительности цеха.

# 1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА

Производственная программа цеха является основным документом при проектировании цехов.

Проектное задание – производительность чугунолитейного цеха 18 000 тонн отливок в год; тип производства – массовый.

В условиях массового производства обычно принимают условную производственную программу.

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

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

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

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

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

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

Производственная программа представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Производственная программа

Массовая группа	Наименование отливки	Сплав отливки	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС, кг	Общее количество отливок на программу, шт.	Брак механ. цеха, шт.	Брак литья, шт.	Общее ко-во отливок с учетом брака, шт.	Масса отливки без ЛПС на годовую программу, т	Масса жидкого металла на программу, т	Коэффициент выхода годного
0-50	Кольцо	СЧ20	26,3	31,2	51,6	7500	375	525	8400	262,08	433,44	60,47
	Проставка	СЧ20	30	37	64,7	7500	375	525	8400	310,8	543,48	57,19
	Скоба	СЧ25	45,2	55,2	91,3	7500	375	525	8400	463,68	766,92	60,46
	Кольцо	СЧ20	41,6	41,9	71,2	7500	375	525	8400	351,96	598,08	58,85
	Звездочка	СЧ20	33,9	41,2	69,6	7500	375	525	8400	346,08	584,64	59,2
50-100	Валик	СЧ20	65,2	73,2	121,2	6500	325	455	7280	532,896	882,336	60,4
	Венец	СЧ25	51,6	69,1	112,3	6500	325	455	7280	503,048	817,544	61,53
	Крышка	СЧ25	62,3	74,3	125,9	6500	325	455	7280	540,904	916,552	59,02
	Корпус	СЧ20	78,9	79,9	133,3	6500	325	455	7280	581,672	970,424	59,94
	Блок	СЧ25	71,2	89,5	144,5	6500	325	455	7280	651,56	1051,96	61,94
100-200	Цилиндр	СЧ20	118,1	117,4	195,9	5500	275	385	6160	723,184	1206,744	59,93
	Обойма	СЧ20	125,2	139,6	221,9	5500	275	385	6160	859,936	1366,904	62,91
	Замок	СЧ20	152,3	155,2	249,9	5500	275	385	6160	956,032	1539,384	62,1
	Упор	СЧ25	179,1	189,9	300,8	5500	275	385	6160	1169,784	1852,928	63,13
	Фланец	СЧ20	185,6	208,7	331,8	5500	275	385	6160	1285,592	2043,888	62,9
200-500	Щит	СЧ20	212,3	261,6	394,9	4500	225	315	5040	1318,464	1990,296	66,24
	<b>Опора</b>	<b>СЧ20</b>	<b>297,1</b>	<b>350</b>	<b>560</b>	4500	<b>225</b>	<b>315</b>	<b>5040</b>	<b>1764</b>	<b>2822,4</b>	62,5
	Диск	СЧ25	307,1	367,1	593,1	4500	225	315	5040	1850,184	2989,224	61,9
	Погон	СЧ20	321,9	351,7	571,6	4500	225	315	5040	1772,568	2880,864	61,53
	Оголовок	СЧ25	322,6	348,4	541,2	4500	225	315	5040	1755,936	2727,648	64,38
Всего:						120000	6000	8400	134400	18000,36	28985,656	-

## 1.1. Режим работы цеха

Режимы работы литейного цеха определяются очередностью выполнения операций технологического процесса изготовления отливок во времени и пространстве. От принятого режима работы зависит организация производственного процесса.

Для литейных цехов применяются последовательные и параллельные режимы работы.

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

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

По сравнению с последовательными параллельные режимы работы имеют ряд преимуществ: сокращается производственный цикл изготовления отливок, рациональнее используется оборудование и площадь цеха, улучшается качество и снижается себестоимость отливок и др. Сменность работы при этом режиме зависит от размеров и количества изготавливаемых отливок.

Литейный цех работает по трехсменному графику работы, по пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене.

Действительный фонд времени  $\Phi_d$  определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства [7].

Календарный фонд времени определяется по формуле:

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

где  $D_k$  – число календарных дней в году,

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

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

Номинальный фонд времени определяется по формуле:

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

где  $D_v$  – число выходных дней в году;

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

$K_{см}$  – режим сменности.

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

Действительный фонд времени определяется по формуле:

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

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

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

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

## 1.2. Расчёт фонда времени работы оборудования

Для расчета потребного количества оборудования необходимо знать действительный фонд времени работы оборудования. Действительный фонд времени определяем по формуле [7]:

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

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

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

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

Таблица 2 - Расчет действительного фонда времени работы оборудования

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

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Анализ конструкции детали

По классификации сложности отливка относится к 3 группе сложности. Часть отливки выполняется стержнями (отверстия в отливке т.е. внутренняя полость отливки).

Деталь «Опора» имеет сложную конфигурацию. Для изготовления детали литьем в песчано – глинистые формы необходимо предложить технологичную конфигурацию (изменить конфигурацию детали при необходимости, нанести припуска, рассчитать литниково-питающую систему), 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.

Для повышения геометрической точности отливок необходимо обеспечить их размерную точность, качественную поверхность, отсутствие пространственных отклонений и точность конфигурации. Повышение геометрической точности отливок является главной задачей инженера - литейщика, выполнение которой обеспечивает не только уменьшение веса отливок, припусков на обработку и снижение себестоимости, но и повышение качества литья.

Исходя из условий, в которых работает проектируемая деталь, выбираем материал, указанный на эскизе СЧ20 по ГОСТ 1412-85, [2].

Серый чугун, как конструкционный материал, отличается тем, что его сопротивление сжатию в 3-4 раза больше сопротивления растяжению. Поэтому из серого чугуна целесообразно изготавливать изделия, которые при эксплуатации подвергаются сжимающим нагрузкам.

Таблица 3 - Химический состав чугуна СЧ20 [2]

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

Таблица 4 - Свойства чугуна СЧ20

Свойства	СЧ20
Плотность, $\text{кг/м}^3 \cdot 10^3$	7,2
Усадка при литье, %	1,2
Свариваемость	не применяется
Твердость по Бриннелю, НВ	170
Коэффициент линейного расширения, $1/\text{К} \cdot 10^{-6}$	10,5
Теплопроводность, $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$	41,8-50,2
Удельное электросопротивление, $\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^{-6}$	0,5-1,1
Абсолютная магнитная проницаемость, $\text{ГН/м} \cdot 10^{-5}$	10-40
Магнитная индукция, Тл	0,4-0,7
Напряженность магнитного поля, А/м	400-1035
Удельная теплоемкость, $\text{кДж/кг} \cdot \text{С}$	523-607
Модуль упругости нормальный, МПа	80000
Модуль сдвига, МПа	42000
Относительное сужение, %	1
Относительное удлинение после разрыва, %	1
Предел прочности при растяжении (растяжение), МПа	98
Предел прочности при растяжении (сжатие), МПа	700
Предел прочности при растяжении (кручение), МПа	300
Предел прочности при растяжении (изгиб), МПа	300
Предел текучести (растяжение), МПа	60
Предел текучести (сжатие), МПа	80
Предел текучести (кручение), МПа	70
Предел текучести (изгиб), МПа	65

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

половинчатую структуру и отбел, что затрудняет механическую обработку таких участков. Поэтому при конструировании чугунных отливок следует избегать разнотолщинности и скоплений металла в местных утолщениях.

Внутренние напряжения в чугунных отливках вследствие малой усадки проявляются в меньшей степени, чем в отливках из других сплавов, однако их достаточно для того, чтобы вызвать коробление и искажение конфигурации отливок. Следует учитывать, что чугунные отливки править на специальных прессах нельзя, коробление является неисправимым дефектом. Поэтому необходимо предупреждать коробление отливок, например, за счет придания стенкам изгибов, применения обратного прогиба в моделях и др.

## 2.2. Обоснование способа изготовления отливки

Задачей литейного производства является изготовление из металлов металлических сплавов изделий - отливок, имеющих разнообразные очертания и предназначенных для использования в различных целях.

Отливки после механической обработки составляют почти половину массы деталей всех машин, механизмов, приборов и аппаратов выпускаемых разными отраслями машино- и приборостроения. Литьем изготавливают также отдельные части строительных сооружений, транспортных устройств и т.п.

Сущность литейного производства сводится к получению жидкого, т.е. нагретого выше  $t^{\circ}$  плавления, сплава нужного состава и необходимого качества и заливки его в заранее приготовленную форму. При охлаждении же затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит. В процессе кристаллизации и охлаждения сплава формируются основные механические и эксплуатационные свойства отливки, определяемые макро- и микро структур сплава, его плотностью, наличием и расположением в нем не металлических включений, развитием в отливке внутренних напряжений, вызванных одновременным охлаждением ее частей и др.

Литейная технология может быть реализована различными способами. Весь цикл изготовления отливки состоит из ряда основных и вспомогательных операций, осуществляемых как параллельно, так и последовательно в различных отделения литейного цеха. Модели, стержневые ящики и другую оснастку изготавливают, как правило, в модельных цехах.

Литейная разовая песчаная форма в большинстве случаев состоит из двух полуформ: верхней и нижней, которые получают уплотнением

формовочной смеси вокруг соответствующих частей (верхней и нижней) деревянной, пластиковой или металлической модели в специальных металлических рамках-опоках. Модель отличается от отливки размерами, наличием формовочных уклонов, облегчающих извлечение модели из формы, и знаковых частей, предназначенных для установки стержня, образующего внутреннюю полость (отверстие) в отливке. Стержень изготавливают из смеси, например песка, отдельные зерна которого скрепляются при сушке или химическом отверждении специальными крепителями (связующими).

В верхней полуформе с помощью соответствующих моделей выполняется воронка и система каналов, по которым из ковша поступает литейный сплав в полость формы, и дополнительные полости – прибыли.

После уплотнения смеси модели собственно отливки, литниковой системы и прибылей извлекают из полуформ. Затем в нижнюю полуформу устанавливают стержень и накрывают верхней полуформой. Необходимая точность соединения обеспечивается штырями и втулками в опоках. Перед заливкой сплава во избежание поднятия верхней полуформы жидким расплавом опоки скрепляют друг с другом специальными скобками или на верхнюю опоку устанавливают груз.

В разовых песчаных формах производят ~ 80% всего объема выпуска отливок. Однако точность и чистота их поверхности, условия труда, технико-экономические показатели не всегда удовлетворяют требованиям современного производства.

Качество литейной формы и получаемой в ней отливки непосредственно связано со свойствами формовочной и стержневой смесей. Необходимые значения свойств смесей зависят от вида сплава, из которого изготавливается отливка, ее массы, конфигурации и размеров, технических требований к отливке, способов литья и изготовления форм и стержней, технологических особенностей оборудования, характера производства, наличия тех или иных формовочных материалов.

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

### 2.3. Выбор способа производства отливки

Для получения литой формы необходимо выбрать способ формовки, который зависит от объема производства данной отливки «Опора» следует отливать в двух парных опоках, формовка которых осуществляется на формовочной машине, т.к. потребность в количестве деталей относится к серийному производству.

Машинную формовку применяют в серийном и массовом производстве. Машинная формовка по сравнению с ручной имеет следующие преимущества: больше производительность, выше точность отливок и, как следствие, меньше припуски на обработку; механизация трудоемких операций уплотнения формовочной смеси и извлечения модели освобождает формовщиков от тяжелого труда.

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

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

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

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

### 2.3.1. Разработка технологии изготовления отливки «Опора»



## 2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия

### 2.4.1. Формовочные смеси

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

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

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

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

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

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «Savelli», в частности смеситель типа SGMТ производительностью 50 т/ч, который входит в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (Италия). Вихревые смесители «Savelli» – это прочные, надежные и долговечные агрегаты для подготовки смеси, с автоматическим управлением влажностью, отвечающие самым высоким требованиям к технологии подготовки формовочной смеси [2].

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

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

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

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

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

Полный цикл смесеподготовки составляет 100 секунд, а полезное время смешивания не более 80 секунд. Столь короткое время смесеподготовки обеспечивается конструкцией смесителя. Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь постоянно

переворачивается и перемешивается. Одновременно осуществляется подача смеси к верхней секции вихревой головки для разрыхления.

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

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

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

Свойства смеси должны соответствовать нормам, указанным в таблице 5. Состав смеси должен соответствовать указанному в таблице 6.

Таблица 5 - Нормы формовочной смеси [3]

Наименование показателя	Норма
Влажность, %	6,0-7,0
Газопроницаемость в единицах, не менее	120
Прочность на сжатие в сыром состоянии МПа	0,04-0,06

Таблица 6 - Состав формовочной смеси [3]

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

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%.

#### 2.4.2. Стержневая смесь

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

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

В качестве исходных компонентов для приготовления стержневых смесей применяются:

Песок кварцевый основной марки  $1K_2O_2$  фракций 016, 02, 025, 03 по ГОСТ 2138-91;

для стержней:

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

В цехе для изготовления стержней для отливки «Опора» 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 7 - 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 смесители непрерывного действия встроенные в стержневые автоматы фирмы «АНВ». Изготовление стержневой смеси производится на одноколейных

высокоскоростных непрерывных смесителях производительностью 3 т/ч холоднотвердеющей смеси.

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

Песок поступает в смеситель из расходного бункера расположенного над стержневым автоматом. Для предотвращения смешивания частей А и Б смолы без песка на бункере установлены датчики верхнего и нижнего уровня песка. При срабатывании датчика нижнего уровня работа смесителя блокируется. Связующие передаются к оборудованию из помещения для хранения напольным транспортом. Связующие перекачиваются насосом в термостатированную емкость для подогрева связующих, и другим насосом подаются в смеситель. Термостатированные емкости должны иметь поддоны для сбора на случай разлива связующих.

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

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

#### 2.4.3. Литейные покрытия

Литейные покрытия – слои материалов, наносимые на поверхность форм и стержней, придающие поверхности отливки заданные свойства или оформляющие требуемую конфигурацию отливки [3].

Для изготовления отливки «Опора» 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 спиртовая противопопригарная краска на основе дистенсиллиманита.

Связующий литейный крепитель «УСК-1» - универсальное средство, которое используется при изготовлении стержней для литейного производства всех степеней сложности как машинной, так и ручной формовки.

Таблица 8 - 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 [2];

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

Спиртовая противопопригарная краска на основе дистенселиманита. Состав противопопригарной краски на основе дистенселиманита должен соответствовать СТП [3]. Данные представлены в таблице 9.

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

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

Показатель	Количество по объему, %	Количество, л
Покрытие марок ЭС1, ЭС-2	До плотности 1,4-1,8 г/см <sup>3</sup>	-
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 [6].

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).

Жеребейки – металлические подставки, различные по размерам, применяющиеся для фиксации необходимого положения стержней в форме.

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 [6].

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 [5]. При применении песчано-глинистых смесей уклоны назначают в зависимости от диаметра или минимальной ширины, углублении или высоты формообразующей

поверхности. Для изготовления песчаных форм применяют различные модели, воспроизводящие геометрию отливки, а также модели прибылей, литниковой системы, выпоров. Формовка осуществляется в специальных литых или сварных рамках, называемых опоками. Стержни изготавливают в стержневых ящиках. Все это вместе называют модельно-стержневой оснасткой или средствами технологического оснащения, дополняющими литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливок.

Опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевых 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 [6], [5]. Важным элементом, определяющим точность сборки форм являются штыри и втулки в опоках. Опоки для изготовления своей отливки применяют стальные, марки 30Л [1].

Модельные плиты и стержневые ящики применяют металлические из алюминия, марки АК7ч ГОСТ 1583-93, [4]. Толщину стенок стержневых ящиков назначают по [5]. Для уменьшения изнашивания по разьему к ящику прикрепляют винтами стальной лист - броню. 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, [4];
- монтаж моделей низа, материал АК7ч, [4];
- стержневой ящик №1, материал 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 [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. При объединении стержней необходимо учесть, в какой мере это усложнит конструкцию стержневого ящика и технологию изготовления стержня, как это повлияет на организацию отвода газов из стержня. При определении количества стержней необходимо учитывать следующее [6]:

- стержень должен быть достаточно прочным в сыром состоянии;
- стержень должен надежно фиксироваться в форме;
- желательно, чтобы стержень имел ровную поверхность для установки его на сушильную плиту;
- стержень должен иметь небольшую высоту для предотвращения его осадки во время транспортировки и сушки;
- поверхность стержня должна способствовать использованию несложных стержневых ящиков с минимальным количеством отъемных частей и вкладышей;
- при делении стержня на несколько частей необходимо, чтобы плоскость сечения проходила в местах, определенных чертежными размерами, а каждый из стержней должен оформлять участок поверхности

отливки с вполне определенной геометрической формой без образования на отливке ломаной поверхности на стыках стержней.

Таблица 10 - Длина горизонтальных знаков стержней по ГОСТ 3212-92 [5]

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

Для изготовления отливки «Опора» технологией предусмотрен 1 стержень  $\varnothing 1600 \times 354$  мм. Знак стержня выполняется конфигурацией стержня. Стержень №1 выполняет наружную поверхность отливки с ребрами.

## 2.7. Литейная форма и стержни

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

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

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

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

### 2.7.1. Изготовление полуформ

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

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

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

Модель отделяется от формы путем носителя подмодельной плиты.

Внутренняя смена модели происходит в течении такта посредством поворотной крестовины в формовочном агрегате. Внешняя смена модели происходит посредством подъемного стола и приводного участка роликового конвейера также в течении такта.

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

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

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

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

Нижняя опока, находящаяся на тележке, достигает приспособления сборки опок. Тележка и нижняя опока находятся в неподвижном состоянии. Верхняя опока находится в плавающем состоянии и при помощи

предварительной центровки и подъемного механизма накладывается на нижнюю опоку и автоматически скрепляется.

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

Предварительная центровка форм проводится посредством штифтов предварительного центрирования, которые передвигаются через верхнюю и нижнюю опоки. Окончательная центровка осуществляется штифтами и втулками в опоках.

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

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

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

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

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

выборочно вталкиваются на один из участков. На участках охлаждения формы охлаждаются максимум 115 минут. Охлажденные формы после транспортировки достигают линию выбивки отливок из форм.

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

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

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

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

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (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.

### 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 противопопригарными красками без последующей тепловой подсушки в проходном сушиле. Окраска стержней производится спиртовой дистенсиллиманитовой краской из пульверизатора или кистью.

## 2.8. Определение размеров опок

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

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 11 - 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
251-500	120	150	80	100	70

Рассчитаем размер опок для отливки:

Общая минимальная длина (в опоке 1 отливка):

$$L_{\min} = 80 + 1600 + 100 + 70 + 100 + 80 = 2030 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 2100 мм.

Общая минимальная ширина (в опоке 1 отливка):

$$S_{\min} = 80 + 1600 + 80 = 1760 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 1800 мм.

Общая минимальная высота нижней опоки:

$$H_{\min} = 150 + 354 = 504 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 600 мм.

Общая минимальная высота верхней опоки:

$$H_{\min} = 120 + 0 = 120 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 600 мм.

В дипломной работе предусматриваются опоки размерами 2100×1800×600×600 мм. В опоке размещена 1 отливка.

## 2.9. Припуска на механическую обработку

Расчет припусков на механическую обработку и расчет веса литой заготовки. Припуски на механическую обработку назначаются согласно ГОСТ Р 53464-2009, [8]. При выбранном способе формовки детали в целях обеспечения заданных размеров, формы и шероховатости детали принимаем следующие припуски - выбираем 10 мм.

Точный вес устанавливается на производстве после комиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания. Вес детали составляет 297,1 кг вес отливки составляет около 36,0 кг. Заглушаем все отверстия диаметром меньше 25 мм.

Вес припусков на механическую обработку определяем по формуле:

$$m_{\text{ПР}} = V \cdot \rho, \tag{5}$$

где  $V$  – объем припуска,  $\text{дм}^3$ ;

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

Заглушаем 12 отверстий Ø 50 мм:

$$m_1 = 12 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2 : 4 \cdot 0,014 \cdot 7200 = 2,4 \text{ кг.}$$

Заглушаем 8 отверстия Ø 32 мм:

$$m_2 = 8 \cdot 3,14 \cdot 0,032^2 : 4 \cdot 0,035 \cdot 7200 = 1,6 \text{ кг.}$$

Заглушаем 8 отверстий Ø 16 мм:

$$m_3 = 8 \cdot 3,14 \cdot 0,016^2 : 4 \cdot 0,031 \cdot 7200 = 1,5 \text{ кг.}$$

Заглушаем 4 отверстия Ø 20 мм:

$$m_4 = 4 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2 : 4 \cdot 0,035 \cdot 7200 = 0,3 \text{ кг.}$$

Припуск 6 мм по Ø 1230 мм:

$$m_5 = 3,14 \cdot (1,45^2 - 1,23^2) : 4 \cdot 0,006 \cdot 7200 = 15,2 \text{ кг.}$$

Припуск 10 мм по Ø 1280 мм:

$$m_6 = 3,14 \cdot (1,4^2 - 1,28^2) : 4 \cdot 0,01 \cdot 7200 = 18,2 \text{ кг.}$$

Припуск 10 мм по Ø 970 мм:

$$m_7 = 3,14 \cdot (1,075^2 - 0,97^2) : 4 \cdot 0,01 \cdot 7200 = 12,2 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{ПР}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7$$

$$m_{\text{ПР}} = 2,4 + 1,6 + 1,5 + 0,3 + 15,2 + 18,2 + 12,2 = 51,4 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{отл}} = m_{\text{дет}} + m_{\text{ПР}} = 297,1 + 51,4 = 348,5 \text{ кг} \approx 350 \text{ кг.}$$

Коэффициент выхода годного отливки «Опора»:

$$\text{КВГ} = Q_{\text{отл}} \cdot 100 \% (Q_{\text{отл}} + Q_{\text{ЛПС}} + Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{П}}), \quad (6)$$

где  $Q_{\text{отл}}$  – масса отливки, 350 кг;

$Q_{\text{ЛПС}}$  – масса литниковой системы, 152,2 кг;

$Q_{\text{ПР}}$  – масса прибыли или выпоров, 50,8 кг;

$Q_{\text{П}}$  – масса потерь, принимаем 2% от массы отливки 7,0 кг.

За массу прибыли примем массу 6 выпоров диаметром 50 мм на всю длину опоки 600 мм, посчитаем:

$$m_{\text{приб}} = 6 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2 : 4 \cdot 0,6 \cdot 7200 = 50,8 \text{ кг}$$

$$\text{КВГ} = 350,0 \cdot 100\% / (350,0 + 152,2 + 50,8 + 7,0) = 62,5 \%$$

Коэффициент использования металла – масса припуска:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{отл.}}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

$$\text{КИМ} = \frac{297,1}{350,0} \cdot 100\% = 85\%.$$

Коэффициент использования жидкого металла

$$\text{КИМЖ} = \frac{m_0}{m} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $m_0$  – масса отливки, кг;

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

$$\text{КИМЖ} = \frac{350,0}{553,0} \cdot 100\% = 63,2\%.$$

## 2.10. Расчет литниковой системы

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

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

Рассчитаем оптимальное время заполнения формы

$$\tau_{opt} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{ж}}, \quad (9)$$

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

$\delta$  - средняя толщина стенки отливки, мм;

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

$$G_{ж} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр} + G_{лс}), \quad (10)$$

$$G_{ж} = 1 \cdot (350,0 + 159,2 + 50,8) = 560,0 \text{ кг} = 560\,000 \text{ г.}$$

$$\tau_{opt} = 2 \cdot \sqrt[3]{16 \cdot 560,0} = 41,5 \text{ сек.}$$

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

Такая необходимость обусловлена тем, что жидкий металл с открытой поверхности активно взаимодействует с атмосферой литейной формы, что ведет к окислению и образованию оксидных плен, а также интенсивному остыванию за счет тепловых потерь излучением; возможно затвердевание в период заполнения формы и возникновение дефектов в виде неслитин, спаев и плен. Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава  $v_{лр}$  должна быть не меньше допустимой скорости  $v_{кр}$ . Значение находят по простому соотношению:

$$v = \frac{H}{\tau}, \quad (11)$$

где  $H$  – высота отливки, мм;

$\tau$  - время заполнения, с.

$$\tau_{opt} = 2 \cdot \sqrt[3]{16 \cdot 560,0} = 41,5 \text{ сек}$$

$$v = 354 : 41,5 = 10,5 \text{ мм/с}$$

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

$$F_{лит} = \frac{G_{ж}}{\rho_{жс} \cdot \mu \cdot \tau_{opt} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (12)$$

где  $\rho_{ж}$  - плотность жидкого сплава, г/см<sup>2</sup>;

$\mu$  - коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{ср}$  – действующий напор, см;

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

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

$$H_{ср} = H_{см} - h_o / 8 \quad (13)$$

где  $H_{см}$  – высота стояка от уровня воронки до питателя, 60,0 см;

$h_o$  – общая высота отливки, 35,4 см.

$$H_{ср} = 60 - \frac{35,4}{8} = 55,575 \text{ см.}$$

$$F_{пит} = \frac{560000}{7,2 \cdot 0,42 \cdot 41,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 55,575}} = 13,5 \text{ см}^2.$$

Так как на форму 1 отливка, а на отливку 2 питателя, то получаем 2 питателя с площадью  $F_{пит} = 6,75 \text{ см}^2$ .

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

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

Отсюда получаем  $\Sigma F_{шл} = 16,2 \text{ см}^2$ , так как в форме находится 2 шлакоуловителя, то площадь каждого шлакоуловителя составляет:

$$F_{шл} = 8,1 \text{ см}^2; F_{ст} = 18,9 \text{ см}^2.$$

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

Размер литниковой воронки определим по формуле:

$$Dв = Hв = (2,7 \dots 3,0) \cdot Dст.$$

$$Dст н = 2 \sqrt{S/\pi} = 2 \cdot \sqrt{18,9/3,14} = 4,9 \text{ см} = 49 \text{ мм.}$$

$$Dст в = Dст н + 0,6 = 4,9 + 0,6 = 5,4 \text{ см} = 54 \text{ мм.}$$

$$Dв = 3 \cdot 4,9 = 14,7 \text{ см} = 147 \text{ мм.}$$

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

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

$$a = \sqrt{\frac{8,1}{1,17}} = 2,6 \text{ см} = 26 \text{ мм.}$$

$v = 0,8a = 2,1 \text{ см} = 21 \text{ мм.}$

$h = 1,3a = 3,4 \text{ см} = 34 \text{ мм.}$

Аналогично рассчитаем размеры питателя:

$h = 24 \text{ мм, } v = 1,9 \text{ мм, } a = 3,1 \text{ мм.}$

### 2.11. Выбивка, обрубка, очистка

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

Опоки поставляемые для автоматической формовочной линии 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.

На участках охлаждения формы охлаждаются максимум 115 минут. Охлажденные формы после транспортировки достигают линию выбивки отливок из форм. С помощью приспособления форма автоматически раскрепляется, верхняя опока снимается с нижней и помещается на роликовый транспортер.

Далее ком смеси выдавливается и внутренняя поверхность опоки очищается. Под приспособлением выталкивания верхних опок находится стационарная виброрешетка. Ее задача также состоит в том, чтобы размельчать отработанную смесь и через транспортный желоб подводить к системе отработанной смеси. Блокирующее приспособление на конце желоба синхронизирует передачу отливки с подъемным движением механизма опускания. Одновременно с транспортировкой отливки на сепарационно-транспортном желобе отработанная смесь измельчается, отводится на лежащий под ним транспортный желоб и подводится к системе отработанной смеси. Устройство укладывает верхние опоки поочередно с нижними на роликовый транспортер, отсюда верхние и нижние опоки друг за другом перемещаются к формовочной машине в тактовом режиме.

Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков. Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и

удалении заливов 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 [6].

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

## 2.12. Контроль

Основные задачи технического контроля: выявление причин отклонения качества отливок от заданного и нарушений технологического процесса, разработка мероприятий по повышению качества продукции; установление соответствия режимов и последовательности выполнения технологических операций, предусмотренных технической документацией; установление соответствия качества материалов, требуемых для производства отливок и т. д.

Контроль отливок прежде всего осуществляют визуально для выявления брака или отливок, подлежащих исправлению. Правильность конфигурации и размеров проверяют разметкой, плотность металла отливки — гидравлическими испытаниями под давлением воды до 200 МПа. Внутренние дефекты выявляют в специализированных лабораториях. Технический контроль возложен на отдел технического контроля завода.

Тщательному контролю подвергают литейную оснастку (модели, модельные плиты и др.) и весь технологический процесс на всех этапах производства отливок (контроль свойств формовочных и стержневых смесей, уплотнения в форме, качества стержней и правильности их установки,

химического состава и технологических свойств сплава, температуры заливки и т. д.).

Наружные дефекты отливок обнаруживаются внешним осмотром непосредственно после извлечения отливок из формы или после их очистки. Внутренние дефекты отливок выявляются радиографическими или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

При использовании радиографических методов (рентгеноскопии, гамма-дефектоскопии) на отливки воздействуют рентгеновским или гамма-излучением. С помощью этих методов выявляют наличие дефекта, размеры и глубину его залегания.

При ультразвуковом контроле ультразвуковая волна, проходящая через стенку отливки, при встрече с границей дефекта (трещиной, раковиной и др.) частично и отражается. По интенсивности отражения волны судят о наличии, размерах и глубине залегания дефектов. Трещины в отливках выявляют люминесцентным контролем, магнитной или цветной дефектоскопией.

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 чугуна должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

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

- отливка не должна иметь трещин;
- отливка не должна иметь дефектов превышающих по площади указанные в нормативно - технической и нормативно - технологической документации существующей на предприятии;
- геометрические размеры должны соответствовать чертежу отливки, согласно допусков на размеры по [8].

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

### 2.13. Виды брака и методы их исправления и предупреждения

Песчаные раковины - открытые или закрытые пустоты в теле отливки, которые возникают из-за низкой прочности формы и стержней, слабого

уплотнения формы, недостаточного крепления выступающих частей формы и прочих причин.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

#### 3.1. Выбор оборудования для выполнения производственной программы

На первой стадии проектирования литейного цеха следует выбрать технологическое оборудование и рассчитать его количество для обеспечения выпуска 18,0 тыс. тонн чугуновых отливок. При выборе оборудования литейного цеха особое внимание уделяется его производительности, качеству выполняемых операций, предпочтение отдается более автоматизированному оборудованию, которое можно быстро переналадить на выпуск иной продукции литейного цеха.

Основным критерием выбора того или иного оборудования является технологическая операция, совершаемая машиной. В качестве технологического процесса изготовления отливок используется литье в песчаные формы. На основе выбранного технологического процесса выбирается и рассчитывается количество формовочного оборудования. Для изготовления отливок методом литья в песчаные формы используется автоматическая формовочная линия итальянского производства «Savelli».

Выбор автоматической линии обоснован меньшим вовлечением рабочего персонала в процесс изготовления форм. Автоматические линии совмещают в себе операцию формовки, простановки стержней, заливки и выбивки форм. Автоматические формовочные линии сочетают в себе высокую производительность, качество отливок.

Для выплавки чугуна марки СЧ20 используется дуплекс-процесс. Здесь в качестве плавильного агрегата берется индукционную печь промышленной частоты ИЧТ 2,5/1С4 производительностью 1,8 т/ч, а для температурно-временной обработки и доводке чугуна по химическому составу выбирается канальная индукционная печь вместимостью 8 т.

#### 3.2. Плавильное отделение

Проектирование плавильного отделения начинается с составления расчетной программы. Исходными данными для составления программы является масса отливок на годовую программу с учетом технологических потерь. Так как в цехе планируется выпускать отливки из серого чугуна широкой номенклатуры, то следует объединить отливки в соответствующие группы по массе и вести расчеты по отливкам-представителям из каждой

группы, распределение отливок по группам представлено в производственной программе в таблице 1.

Количество скрапа определяется в процентах с учетом того, что в качестве плавильного агрегата используется индукционная печь, заливка ведется из поворотного ковша, и принимается равным 5%.

Угар и безвозвратные потери при плавке в индукционной печи составляют 3% при приготовлении сплава СЧ20. Для определения выхода годного составляется баланс металла, который представлен в таблице 12. Статья приходной части баланса металла составляется на основе расчета оптимального состава шихты.

Таблица 12 - Статьи баланса металла на годовую программу литейного цеха

Статьи прихода в шихтовое отделение,			Статьи расхода металлозавалки, т	
Металлозавалка	СЧ20		Отправленные отливки	18000,36
Покупные материалы:	т	%	Отбракованные отливки	1706,814
Литейный чугун	12536,979	28,0	Литники и прибыли	9808,3
Возврат	8048,4307	37,5	Сливы, скрап	900,018
Лом стальной	9286,6508	31,0		
ФС45	650,06556	2,1	Жидкий металл	30415,492
ФМн70	123,82201	0,4	Угар и потери	540,0108
Графитный бой	309,55503	1,0		
Возврат собственного производства:				
Литники и прибыли	9808,3	9,9		
Сливы, скрап	900,018	3,85		
Отбракованные отливки	1706,814	6,9		
			Металлозавалка	30955,5

### 3.2.1. Выбор плавильного агрегата

Для выплавки чугуна марки СЧ20 используется дуплекс-процесс. Здесь в качестве плавильного агрегата берется индукционную печь промышленной частоты ИЧТ 2,5/1С4 производительностью 1,8 т/ч, а для температурно-временной обработки и доводке чугуна по химическому составу выбирается канальная индукционная печь вместимостью 8 т.

Нагрев и плавление шихтовых материалов в индукционных печах осуществляется за счет токов индуцируемых, которые переходят в тепловую энергию. Электрическая энергия от индуктора передается к шихте бесконтактно, а тепло выделяется непосредственно в шихте.

При использовании подогрева шихтовых материалов до 500°C обеспечивается удаление влаги и увеличение производительности на 10-20%. В данном случае при дуплекс-процессе применяется канальная

индукционная печь промышленной частоты вместимостью 6 т. Температура чугуна при выходе из индукционной печи 1348°C, в канальной печи осуществляется поддержание температуры в пределах 1320-1360°C, характеристика печи представлена в таблице .

Для изготовления тигля используется огнеупорный кварцевый песок 95-98% (огнеупорный материал - динас), для спекания массы добавляется 1,5-2% связующего – борной кислоты. Данная футеровка обеспечит работу печи при температурах до 1710-1730°C, хорошо противостоит воздействию кислых шлаков, обладает высокой термостойкостью (150-250 плавов).

Индукционная канальная печь футеруется шамотным кирпичом.

### 3.2.2. Приготовление расплава

Тигель печи набивной, спекаемый. Футеровка является наиболее ответственной технологической операцией, т.к. от качества тигля зависит нормальная, безаварийная работа печи. Во избежание аварии, связанной с прорывом жидкого металла, печи оборудованы системой сигнализации проедания тигля. Действие сигнализатора основано на изменении утечки тока между индуктором и стенкой тигля. При повышении порогового значения силы тока, сигнализатор отключает печь. В данном случае (при износе стенок тигля на 60-70%) металл из тигля сливается. Непригодную футеровку выбивают (отбойным пневматическим молотком).

Для увеличения магнитной проницаемости, электропроводности шихтовых материалов (что увеличивает КПД работы печи) необходимо иметь в печи «болото», которое остается от предыдущей плавки. Наличие болота в печи повышает производительность печи, снижает расход электроэнергии на плавку.

В оставшийся после выпуска металла из печи расплав загружается новая порция шихтовых материалов (предварительно подогретых). При отключении печи, в печи остается часть металла, которая впоследствии кристаллизуется. Наличие «стартового» остатка обеспечит рост подводимой мощности в процессе плавки, т.к. монолитный остаток имеет повышенную электропроводность.

Порция шихты, которая загружается в печь, должна содержать все материалы, необходимые для получения заданного химического состава. Вместе с порцией шихты загружается науглероживатель (в количестве 70%), а оставшиеся 30% - в жидкий чугун после расплавления.

В первые 5-6 минут периода плавления мощность печи увеличивается постепенно, затем мощность поднимается до максимальной, добиваясь быстрого расплавления шихты. После полного расплавления шихты вводят кремний в виде ферросилиция. Такая технология обеспечивает ускоренное растворение углерода в чугуне, т.к. с увеличением содержания кремния скорость этого процесса уменьшается. Так же после расплавления всей шихты мощность печи снижают на 70-80%. берут первую пробу металла на химический анализ. При необходимости проводят корректировку состава, вводя ферросплавы и науглероживатели.

Перед выпуском металла печь выключают. Можно давать выдержку 5-10 мин. В качестве раздаточной печи используется ИЧКМ-8. Здесь же проходит науглероживание расплава методом вдувания углеродсодержащего порошка.

Жидкий металл выпускается по желобу в канальную печь, в которой чугун подвергается температурно-временной выдержке при температуре 1340-1360°C и выдается в ковш при повороте канальной печи. Из индукционной печи чугун выпускается в ковш.

Для плавления шихтовых материалов и получения чугуна расплава используется индукционная тигельная печь промышленной частоты типа ИЧТ (Россия). Плавка ведется с использованием жидкого болота и с предварительным подогревом шихтовых материалов до 500-600°C. Плавка ведется дуплекс-процессом, где применяется комплекс: индукционная тигельная печь - индукционная канальная печь. В качестве печи для плавления шихтовых материалов используется ИЧТ 2,5/1С4, характеристика которой представлена в таблице 13.

Расчетная производительность указана с учетом наличия «жидкого болота» в печи и учитывает среднюю продолжительность загрузки, удаления шлака, отбор проб и других технологических операций. Предусмотренный подогрев шихтовых материалов перед загрузкой их в плавильный агрегат позволяет увеличить производительность печи на 15 %.

Плавильное отделение располагается в одноэтажном пролете. В нем располагается вспомогательное оборудование: печные трансформаторные подстанции, конденсаторные батареи индукционных печей, установка подогрева шихты; основное плавильное оборудование: индукционные тигельные и канальные печи, а так же установки для сушки ковшей.

Перед загрузкой шихтовых материалов в индукционную печь требуется предварительный подогрев, для чего используется установка модели 10278. Данная установка предназначена для термоподготовки шихты и дожигания

выбросов в литейных цехах перед плавкой в индукционных печах типа ИЧТ 2,5/1С4.

Таблица 13 - Характеристики электропечи ИЧТ-2,5/1С4

Наименование	Параметр
Мощность, установленная, кВт	1000
Мощность потребляемая, кВт	990
Емкость номинальная, т	2,5
Частота тока, Гц	50
Число фаз питающей сети	1
Номинальное напряжение, В: – питающей сети – на индукторе	6000 или 10000 1000
Температура перегрева металла, °С: – номинальная – максимальная	1400 1550
Производительность по расплавлению и перегреву, т/ч	1,8 - 2,0
Удельный расход электроэнергии на расплавление и перегрев, кВт·ч/т	510
Масса металлоконструкций электропечи, т	12,1
Масса электропечи (комплекса), т	26,0
Расход охлаждающей воды, м/ч	9,5

Характеристики установки для подогрева шихтовых материалов представлены в таблице 14.

Термоподготовка включает в себя: сушку шихты для удаления влаги и масел, подогрев до температуры 500-550°С, дожигание образовавшихся паров и других газов с целью исключения загрязнения ими окружающей среды, а так же для использования тепла от их дожигания на нагрев шихты.

Таблица 14 - Основные технические данные установки для подогрева шихтовых материалов модели 10278

Параметр	Значение
Удельный расход газа, м <sup>3</sup> /т	12,5
Температура нагрева шихты, (средняя) °С	500-550
Емкость завалочной бадьи (единовременно нагреваемая порция шихты), т	1,5
Производительность, т/ч	8
Габариты установки, мм	3100×3000×3650

В дуплекс-процессе для подогрева и выдержки расплавленного чугуна а так же для получения однородности, применяется индукционная канальная

печь промышленной частоты. Характеристики индукционной канальной печи представлены в таблице 15. Всего в плавильном отделении устанавливается одна канальная печь: в печь ИЧКМ-8 поступает металл из четырех печей ИЧТ-2,5 по желобу.

Таблица 15 - Основная характеристика индукционных канальных печей

Тип печи	Полезная вместимость печи, т	Мощность трансформатора на одну индукционную единицу, кВт	Количество индукционных единиц барабанного типа, шт.	Часовая производительность при перегреве на 100 °С, т	
				Теоретическая	Расчетная
				Барабанного типа	
ИЧКМ-8	8	1000	2	10	8,0

### 3.2.3. Расчет оборудования плавильного отделения

Расчет количества плавильных агрегатов и коэффициентов их загрузки производится с учетом типа плавильной печи, требованиями к качеству сплава.

Расплав из индукционных канальных печей выдается в поворотные ковши, которые на автопогрузчиках перемешаются к заливочной площадке.

На формовочной линии «Savelli» работают ковши вместимостью 1500 кг [4]. Число печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле

$$N_n = \frac{M_{жс} \cdot 1,05}{q \cdot F_0}, \quad (14)$$

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

1,05 – коэффициент неравномерности потребления металла;

$q$  - производительность печи, т/ч.

$$N_n = \frac{30955 \cdot 1,05}{1,8 \cdot 5722,8 \cdot 0,97} = 3,26 \text{ шт.}$$

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле

$$K_3 = \frac{N_{расчетное}}{N_{принятое}}, \quad (15)$$

$$K_3 = \frac{3,26}{4} = 0,815.$$

Для выполнения производственной программы необходимо установить 4 печи ИЧТ-2,5/1С4.

### 3.2.4. Расчет Шихты

Таблица 16 – Состав исходных шихтовых материалов

Компоненты шихты	Содержание элементов, %				
	C	Si	Mn	S	P
Лом стальной	0,3	0,2	0,6	0,05	0,05
Возврат	3,7	1,5	0,5	0,1	0,02
ФС75	0	78	0,4	0,02	0,05
ФМн 85	1	2	85	0,1	0,05
Графитный бой	100	0	0	0	0

Таблица 17 – Коэффициенты усвояемости

C, %	Si,%	Mn,%	S,%	P,%
0,9	0,8	0,8	1	1

Таблица 18 – Состав шихтовых материалов с учетом коэффициента усвоения

Компоненты шихты	Цена	Обозначение	Содержание элементов, %				
			C	Si	Mn	S	P
Лом стальной	9000	X1	0,27	0,17	0,48	0,05	0,05
Возврат	15000	X2	3,33	1,275	0,4	0,1	0,02
ФС75	30000	X3	0	63,75	0,32	0,02	0,05
ФМн 85	25000	X4	0,9	1,7	68	0,1	0,05
Графитный бой	17000	X5	85	0	0	0	0

$$0,27 \cdot X1 + 3,33 \cdot X2 + 0 \cdot X3 + 0,9 \cdot X4 + 85 \cdot X5 \leq 3,7$$

$$0,27 \cdot X1 + 3,33 \cdot X2 + 0 \cdot X3 + 0,9 \cdot X4 + 85 \cdot X5 \geq 3,5$$

$$0,17 \cdot X1 + 1,275 \cdot X2 + 63,75 \cdot X3 + 1,7 \cdot X4 + 0 \cdot X5 \leq 2,4$$

$$0,17 \cdot X1 + 1,275 \cdot X2 + 63,75 \cdot X3 + 1,7 \cdot X4 + 0 \cdot X5 \geq 2,0$$

$$0,48 \cdot X1 + 0,4 \cdot X2 + 0,32 \cdot X3 + 68 \cdot X4 + 0 \cdot X5 \leq 0,8$$

$$0,48 \cdot X1 + 0,4 \cdot X2 + 0,32 \cdot X3 + 68 \cdot X4 + 0 \cdot X5 \geq 0,5$$

$$0,05 \cdot X1 + 0,1 \cdot X2 + 0,02 \cdot X3 + 0,1 \cdot X4 + 0 \cdot X5 \leq 0,1$$

$$0,05 \cdot X1 + 0,02 \cdot X2 + 0,05 \cdot X3 + 0,05 \cdot X4 + 0 \cdot X5 \leq 0,2$$

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 = 1$$

Технологические ограничения  $X2 = 0,3$

Таблица 19 – Состав шихты

Компоненты шихты	% по массе
Лом стальной	64,11
Возврат	30
ФС 75	2,41
ФМн 85	0,585
Графитный бой	2,895

Таблица 20 – Химический состав сплава СЧ20 расчетный

Массовая доля элементов, %				
C	Si	Mn	P	S
3,36	2,02	0,86	0,036	0,063

Температура чугуна при выпуске чугуна из канальной печи должна составлять 1320-1350°C - такая температура необходима заливки расплавленного чугуна в форму с перегревом не менее 50°C.

Температуру затвердевания чугуна можно рассчитать, учитывая, как влияет 1% элементов на снижение температуры ликвидус расплава. В таблице 25 представлены шифры, указывающие на снижение температуры при введении 1% этих элементов.

Учитывая химический состав чугуна СЧ20, определяется температура затвердевания (температура ликвидус):

$$1539 - 3,4 \cdot 93 - 1,9 \cdot 12 - 0,85 \cdot 3 - 32 \cdot 0,1 - 28 \cdot 0,2 - 0,14 \cdot 1 - 0,1 \cdot 4 = 1188^\circ\text{C}.$$

Таблица 21 - Влияние 1% элемента на снижение температуры расплава на основе железа

Химический элемент	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
Снижение температуры, ДТ. К	93	12	3	32	28	1	4

Падение температуры происходит при выпуске металла из печи и при транспортировке расплава к заливочному участку литейного конвейера. Предполагается, что выдержка чугуна в ковше при транспортировке его от печи к заливочному участку составляет 8 мин, потери тепла приведены в таблице 22.

Таблица 22 - Падение температуры расплава в ковше

Вместимость ковша, т	Падение температуры при выпуске из печи. °С	Падение температуры при выдержке металла в ковше в течение 10 мин, °С.
1,5	70-80	25

Потери составляют  $75 + 25 = 100^\circ\text{C}$ .

Предполагается, что чугун заливается в форму с перегревом 60 °С. Тогда температура, с которой чугуновый расплав выпускается из индукционной печи, определяется по формуле:

$$t_{\text{вып}} = t_{\text{лик}} + t_{\text{потери}} + t_{\text{подогрев}} \quad (16)$$

где  $t_{\text{вып}}$  - температура выпуска расплава из печи, °С;

$t_{\text{лик}}$  - температура ликвидуса расплава, °С

$t_{\text{потери}}$  - потеря температуры расплавом при транспортировке, °С;

$t_{\text{подогрев}}$  - температура перегрева металла, °С.

$$t_{\text{вып}} = 1188 + 100 + 60 = 1348 \text{ °С}$$

Такая (1348 °С) температура необходима для заполнения формы чугуном. Для получения чугуна СЧ20 с требуемым составом используются следующие шихтовые материалы представленные в таблице .

Возврат собственного производства состоит из элементов литниковой системы (литники, прибыли), стружка, брак, скрап. При плавке серого чугуна в индукционных печах допускается использовать до 35% по массе чугунного лома. Стальной лом вводится до 30%. Стальной и чугунный лом являются наиболее дешевыми материалами, их степень использования зависит от количества собственных отходов. Стальная и чугунная стружка. При плавке чугуна в индукционной печи количество стружки необходимо ограничить 30 - 50 % из-за опасности разрушения футеровки.

Количество стального лома лучше всего ограничить (70 - 80 %) т.к. последний приводит к увеличению склонности сплава к отбелу, увеличивается усадка и расход модификаторов.

Для получения необходимого химического состава по элементам используются ферросплавы и чистые материалы, которые могут быть введены в печь с шихтой, или же использованы для корректировки состава чугуна в печи или ковше. В данном случае используют ферросплавы кремния и марганца. Ферро марганец может быть введен как вместе с шихтой, так и в процессе плавки.

Количество одновременно работающих ковшей:

$$n = \frac{t \cdot Q}{T_d \cdot P}, \quad (17)$$

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

$P$  – время работы ковша, час.

$t$  – оборот ковша, ч;

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

Продолжительность работы и время оборота одного ковша определим 12 часов.

$$n = \frac{12 \cdot 30955,5}{5722,8 \cdot 12} = 5,4 \text{ шт.}$$

Принимаем 6 одновременно работающих ковшей. Количество ковшей, работающих в смену.

$$N = \frac{t_c \cdot n}{t}, \quad (18)$$

где  $n$  – число одновременно работающих ковшей, шт.;

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

$t$  – продолжительность работы ковша, ч.

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

Принимаем 4 работающих ковшей в смену. Рассчитаем парк ковшей:

$$N_1 = K \cdot K_1 \cdot N, \quad (19)$$

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

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

$$N_1 = 1,2 \cdot 2 \cdot 4 = 9,6.$$

Принимаем 10 ковшей в смену, в сутки 30 ковшей.

### 3.3. Смесеприготовительное отделение

Система смесеприготовления «Savelli» представляет собой комплекс подготовки и транспортировки формовочной смеси, объединяющий: бункеры и загрузочные воронки, пневматические конвейеры для свежего песка и добавок, полигональные сита, ковшовые элеваторы, ленточные конвейера, охладители, смесители, аэраторы и проч. Несмотря на то, что, технология уплотнения Formimpres принципиально менее требовательна к качеству ПГС (по сравнению с технологиями, использующими для уплотнения смеси энергию сжатого воздуха), установки смесеприготовления фирмы «Savelli» предназначены для приготовления смесей наивысшего качества. Основные достоинства данных установок:

- ленточные конвейера специально спроектированы для применения в тяжелых рабочих условиях литейного производства; их конструкция обеспечивает максимальную функциональность, длительный срок службы и высокую износостойкость;

- в системах транспортировки формовочной смеси используются элеваторы с нейлоновыми ковшами, смонтированными на резиновой ленте, что позволяет снизить собственную массу конструкции, а также обеспечивает мгновенную очистку ковшей и отсутствие налипания;

- специальная конструкция полигонального сита позволяет полностью разбивать комы смеси, отделяя части стержней и обеспечивает легкое техническое обслуживание установки;

- днище и боковые стенки смесителя и охладителя смеси облицованы не изнашиваемой керамикой;

- действительное значение влажности оборотной смеси контролируется с помощью электронных датчиков, расположенных на лопатках внутри охладителя. Исходя из температуры окружающей среды (внешние датчики) и температуры и влажности смеси (внутренние датчики), автоматически рассчитывается время пребывания смеси внутри охладителя с тем, чтобы достигнуть надлежащего охлаждения и точного и постоянного значения влажности смеси на выходе (с точностью  $\pm 0,2\%$ );

- концепция смесителя «Savelli S.p.A.» основывается на многолетнем опыте и постоянных разработках. Учитываются следующие аспекты современной технологии подготовки смеси: гомогенизация, эффективное добавление воды, бентонита и других добавок. Смесители «Savelli S.p.A.» гарантируют точные, постоянные результаты смешивания и обладают высокой производительностью. Однородное и интенсивное смешивание без разрушения зерна песка достигается за счет применения двух верхних турбин (вихревых головок) в сочетании с нижним узлом вращения, оснащенным смешивающими плужками (активатором). Турбины смесителя оснащены легко заменяемыми смешивающими лопатками. Высокая точность дозирования оборотной смеси осуществляется при помощи взвешивающего бункера-дозатора, свежего песка и добавок - за счет использования пневматического инжектора;

- все отдельные единицы оборудования установки смесеприготовления «Savelli» спроектированы одним техническим отделом с учетом их максимального взаимодействия;

- линия смесеприготовления полностью автоматизирована (электронное управление на базе ПЛК «Siemens S7»);

- для контроля свойств приготавливаемой смеси и обеспечения постоянного ее качества используется система Sandcontrol, предназначенная для анализа (в смесителе или на линии на ленточных конвейерах, подающих смесь в формовочный автомат) основных параметров формовочной смеси: уплотняемость, прочность на сжатие, влажность, температура. Система состоит из устройств для взятия проб смеси, их подготовки и испытания. Система работает в автоматическом режиме. При нахождении системой параметра с характеристиками, отличными от идеальных, автоматически производится активная корректировка параметров смесеприготовления с тем расчетом, что бы в бункер формовочной машины была подана смесь отличного качества.

Вихревые смесители «Savelli» – это прочные, надежные и долговечные агрегаты для подготовки смеси, с автоматическим управлением влажностью, отвечающие самым высоким требованиям к технологии подготовки формовочной смеси. Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита, также входящего в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Savelli». В вихревом смесителе «Savelli» непосредственно после загрузки горелой земли начинается высокоэффективная фаза смешивания. Уже в начале цикла смешивания вода быстро усваивается бентонитом благодаря интенсивному перемешиванию вихревой головкой.

Это происходит в течение первых 35-40 секундах, благодаря чему обеспечивается равномерное покрытие бентонитом песчаных зерен. В процессе смешивания осуществляется непрерывный контроль влажности и на 40 секунде автоматически вводится корректирующая добавка воды, количество которой рассчитывается процессором на основе данных текущего контроля влажности в каждом цикле.

Показатели влажности, уплотняемости и прочности смеси отслеживаются и регулируются автоматической системой управления в режиме реального времени. Это позволяет обеспечить стабильную влажность и насыпной вес формовочной смеси. Полный цикл смесеподготовки составляет 112,5 секунд, а полезное время смешивания не более 85 секунд. Столь короткое время смесеподготовки обеспечивается конструкцией смесителя. Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь постоянно переворачивается и перемешивается. Одновременно осуществляется подача смеси к верхней секции вихревой головки для разрыхления.

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

Подготовленная формовочная смесь покидает смеситель в конце цикла смешения и обладает высокой гомогенностью состава, рыхлой структурой и высокой сыпучестью, в ней полностью отсутствуют комья. Такая технология подготовки формовочной смеси позволяет максимально полно использовать возможности современных многокомпонентных формовочных связующих, предназначенных для получения качественных отливок с высокой чистотой

поверхности. Техническая характеристика смесительной установки SGMT фирмы «Savelli» (Италия) представлена в таблице 23.

Таблица 23 - Техническая характеристика смесительной установки SGMT

Характеристика	Величина
Производительность смесеприготовительной установки, т/ч	120
Производительность установки охлаждения смеси, т/ч	120
Производительность транспорта, т/ч	120
Производительность смесителя, т/ч	120
Суммарный объём бункеров для отработанной смеси, м <sup>3</sup>	270
Объём бункера для свежего песка, м <sup>3</sup>	10
Объём бункера для бентонита, м <sup>3</sup>	6
Расход воды для охладителя отработанной смеси, м <sup>3</sup> /ч	5-7
Расход воды для смесителя, м <sup>3</sup> /ч	2-4
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	5-7

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 вихревой смеситель SGMT, входящий в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (Италия).

### 3.3.1. Расчёт производительности смесителей

Рассчитаем количество смесителей по формуле:

$$P_1 = \frac{N \cdot k}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (20)$$

где N - расход смеси на год, т ;

k – коэффициент неравномерности производительности, k = 1,03;

q - производительность т/час.

$$P = \frac{580665 \cdot 1,03}{5632,44 \cdot 120} = 0,88 \text{шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,88}{1} \cdot 100\% = 88\% .$$

Для обеспечения цеха формовочной смесью необходим один вихревой смеситель фирмы «Savelli».

Таблица 24 – Расчетная ведомость формовочной и стержневой смеси

Наименование отливки	Количество стержней на отливку, шт	Масса стержней на отливку, кг	Кол-во стержней на программу, шт	Масса смеси на программу, т	Объем смеси на программу, м <sup>3</sup>	Количество отливок в форме, шт	Количество форм на программу, шт	Масса формовочной смеси на опоку, кг	Масса формовочной смеси на программу, т
Кольцо	6	42,1	49392	330,064	528,1024	3	5227	1856	14551
Опора	3	36,8	24696	288,512	461,6192	4	3920	1952	15303,7
Скоба	6	50,7	49392	397,488	635,9808	3	5227	1969	15437
Кольцо	2	111,2	16464	871,808	1394,893	4	3920	2154	16887,4
Звездочка	5	90,6	41160	710,304	1136,486	3	5227	1953	15311,5
Валик	4	221,3	47040	2478,56	3965,696	3	7467	1875	21000
Венец	6	226,9	70560	2541,28	4066,048	4	5600	2145	24024
Крышка	1	16,3	11760	182,56	292,096	3	7467	1863	20865,6
Корпус	7	189,4	82320	2121,28	3394,048	3	7467	1987	22254,4
Блок	4	56,2	47040	629,44	1007,104	2	11200	2145	24024
Цилиндр	8	118,9	112896	1598,02	2556,826	2	13440	2369	31839,4
Обойма	3	277,4	42336	3728,26	5965,21	3	8960	2256	30320,6
Замок	5	245,3	70560	3296,83	5274,931	2	13440	2256	30320,6
Упор	6	199,9	84672	2686,66	4298,65	2	13440	2419	32511,4
Фланец	3	113,5	42336	1525,44	2440,704	3	8960	2289	30764,2
Щит	5	122,3	88200	2054,64	3287,424	3	11200	2471	41512,8
<b>Опора</b>	<b>1</b>	<b>471,2</b>	<b>17640</b>	<b>7916,16</b>	<b>12665,86</b>	<b>1</b>	<b>33600</b>	<b>2561</b>	<b>43024,8</b>
Диск	6	566,9	105840	9523,92	15238,27	2	16800	2856	47980,8
Погон	8	229,1	141120	3848,88	6158,208	2	16800	2963	49778,4
Оголовок	4	444,3	70560	7464,24	11942,78	1	33600	3152	52953,6
ИТОГО:			1215984	54194,3	86710,94		232960		580665

### 3.4. Формовочное отделение

Особенность технологии Formimpress заключается в том, что уплотнение формовочной смеси осуществляется прессованием в две стадии, с обеих сторон формы. Операции уплотнения формы предшествуют этапы заполнения опоки смесью: происходит дозировка необходимого количества формовочной смеси во взвешивающем бункере-дозаторе формовочного автомата, далее, при открытии задвижки, формовочная смесь попадает в опоку. Многоплунжерная прессовая головка подводится сверху опоки, при этом происходит выравнивание смеси. Сперва, следует предварительное нижнее уплотнение, причем в отличие от классических систем уплотнения прессованием, наполнительная рамка в данном случае находится между подмодельной плитой и опокой.

Подмодельная плита подвижна относительно наполнительной рамки и при ее подъеме вверх уплотнение формы начинается со стороны модели. На данном этапе уплотнения, формовочная смесь достаточно подвижна и при уплотнении формы снизу вверх в первую очередь происходит превосходное распределение формовочной смеси по всему контуру модели: смесь заполняет мельчайшие пустоты и углубления вокруг модели, обеспечивая превосходное качество отпечатка. Второй этап уплотнения осуществляется с помощью многоплунжерной прессовой головки (верхнее прессование), при этом достигаются усилия прессования до  $15 \text{ кг/см}^2$ . Стол формовочного автомата с держателем модельной плиты и опокой опускается вниз, отделение формы и модели при этом осуществляется за счет подъема рамки. Отформованная опока транспортируется на следующую позицию линии, в формовочный автомат подается следующая пустая опока.

Использование системы Formimpress имеет следующие преимущества:

- идеальная прочность формы при более высоких значениях твердости смеси достигается вблизи модели, в то время, как плотность смеси к верхней части формы снижается, обеспечивая форме отличную газопроницаемость (рис. 1);
- достигается отличное воспроизведение элементов модели (качество отпечатка);
- высокое качество отпечатка обеспечивает высокое качество поверхности отливок, тем самым минимизирую операции по обрубке-очистке литья;
- процессы изготовления формы характеризуются низким уровнем шума;

- достигается экономия 20-30% энергии (в зависимости от сравниваемого альтернативного процесса уплотнения);

- выталкивание форм осуществляется на раму, а не на ролики конвейера;

- многоплунжерная прессовая головка имеет 2 контура давления (внутренний и внешний), по которым давление распределяется в зависимости от особенности отливки.

Отдельно необходимо отметить еще одно, крайне важное преимущество технологии формовки Formimpress, а именно - нет необходимости использовать сжатый воздух для уплотнения формы. Помимо снижения потребления энергии, значительно упрощается конструкция модельной оснастки по сравнению с оснасткой основных конкурентов, так как нет необходимости в применении вент и воздушных каналов. Уменьшается абразивный износ модельной оснастки.

Не требуются компрессорные станции и системы осушки воздуха (традиционно большой вопрос отечественных производств), требуется меньше обслуживания и запчастей. При производстве небольших серий форм, технология Formimpress обеспечивает возможность применения пластмассовых и деревянных моделей, что значительно снижает себестоимость продукции.

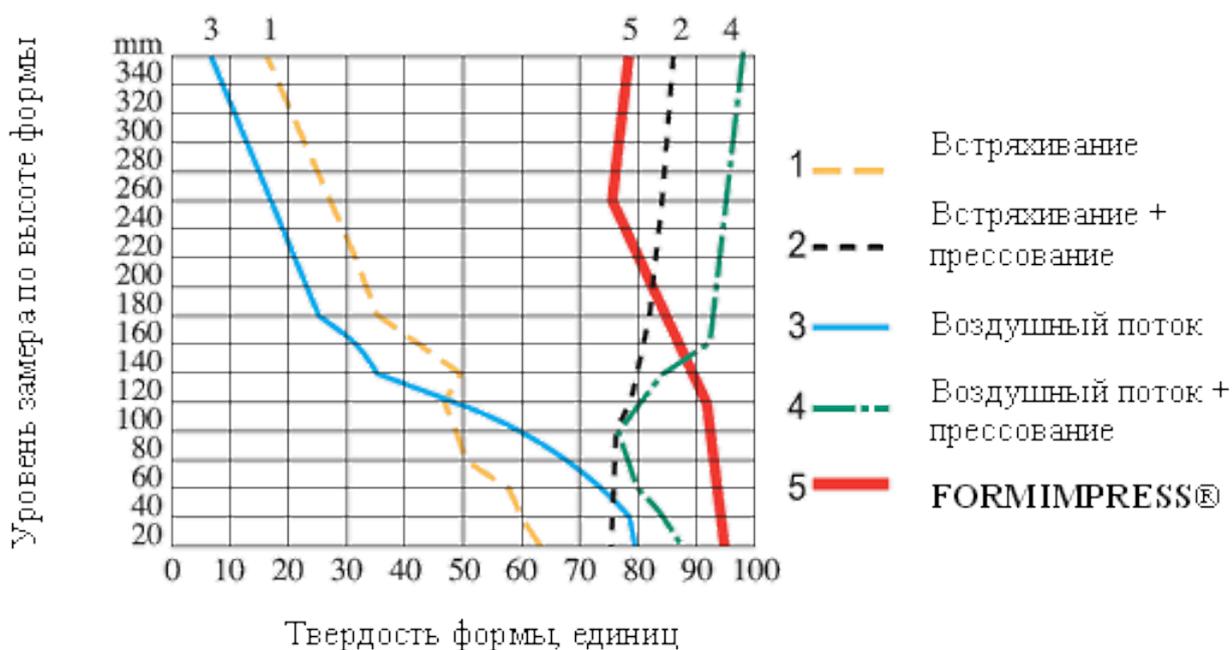


Рисунок 1- Распределение твердости формы по высоте при различных способах уплотнения формы

### 3.4.1. Характеристики формовочной линии «Savelli»

Технические данные АФЛ «Savelli»:

Внутренние размеры	2100×1800×500/600 мм
Производительность формовки	50-60 полных форм/час
Время цикла	45 сек.
Потребность в формовочной смеси	120 т/ч
Кол-во мест для расстановки стержней	Всего 5
Количество разливочных мест	60
Время охлаждения	115 мин
Общий уровень шума линии	82 дБ
Формовочная машина	Отдельная станция типа F1 с турникетом подготовленным для уплотнения Formimpress
Количество формовочных машин	Одна
Система формовки	Уплотнение под высоким давлением при помощи Formimpress
Гидропривод	Централизованный
Давление в гидравлическом контуре	100 бар
Температура масла	50°C ± 5°C
Система электроуправления	Централизованная
Расход охлажд. воды, средний	10 м <sup>3</sup> /ч при t на входе 30°C
Предполаг. установл. мощность	350 кВт
Расход сжатого воздуха, 6 бар	180 Нм <sup>3</sup> /ч
Рабочее напряжение	3×400 V, 50 Hz,
Управляющее напряжение	230 V, 50 Hz,
Допустимые колебания в электропитании	Напряжение +10% и -2.5% Hz ± 2%

### 3.4.2. Способ изготовления форм на формовочной линии «Savelli»

Перед формовочной машиной стоят попеременно нижняя и верхняя опоки. Каждая по очереди задвигается в позицию формовки при помощи транспортного и демпфирующего приспособления.

Внутренние поверхности опок очищаются предварительно посредством приспособления очистки.

Предварительно перед формовочной машиной производится очистка горизонтальных поверхностей опоки, а также штифтов и втулок. Одно

приспособление контролирует, чтобы не осталось на поверхностях опок брызг металла.

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

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

Модель отделяется от формы при опускании носителя с подмодельной плитой вниз. Внутренняя смена модели происходит в течении такта посредством поворотной крестовины в формовочном агрегате. Внешняя смена модели происходит с помощью подъемного стола и приводного участка роликового конвейера также в течении такта.

Полуформы поворачиваются с помощью кантователя на  $180^{\circ}$  таким образом, чтобы верх формы оказался наверху. Задняя стенка формы выравнивается смесеотрезным ножом, который передвигается в поперечном направлении. Распылительное приспособление автоматически впрыскивает противопригарный раствор при необходимости в нижнюю и верхнюю опоки.

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

Нижние опоки проходят линию установки стержней с позициями ручной установки стержней, а также с позицией для автоматической установки стержней, осуществляемым приспособлением. Проверка стержней шаблонами осуществляется вручную на 2-х позициях.

Фрезерование литниковой воронки и полировка (заглаживание неровностей) литниковой чаши в верхней опоке осуществляется при помощи фрезерного приспособления.

Сверление вентиляционных каналов осуществляется также в линии верхних опок. В двух расположенных друг за другом позициях могут быть просверлены по 8 каналов вместе в задней стенке верхней опоки. В приспособлении кантователя верхняя опока разворачивается на  $180^{\circ}$  назад.

В приспособлении сборки опок верхняя опока передвигается в поперечном положении и опускается на нижнюю опоку. Форма смыкается.

Нижняя опока, находящаяся на тележке, достигает приспособления спаривания 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 механизированного заливочного приспособления. Поперечно-транспортное приспособление транспортирует формы к участкам охлаждения, и они выборочно втапливаются на один из участков.

Опоки поставляемые для автоматической формовочной линии 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.

На участках охлаждения формы охлаждаются максимум 115 минут. Охлажденные формы после транспортировки достигают линию выбивки отливок из форм. С помощью приспособления форма автоматически раскрепляется, верхняя опока снимается с нижней и помещается на роликовый транспортер.

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

Блокирующее приспособление на конце желоба синхронизирует передачу отливки с подъемным движением механизма опускания.

Одновременно с транспортировкой отливки на сепарационно-транспортном желобе отработанная смесь измельчается, отводится на лежащий под ним транспортный желоб и подводится к системе отработанной смеси. Устройство укладывает верхние опоки поочередно с нижними на роликовый транспортер, отсюда верхние и нижние опоки друг за другом перемещаются к формовочной машине в тактовом режиме.

### 3.4.3. Расчет количества оборудования формовочного отделения

Расчет количества оборудования производится в зависимости от объема выпускаемой продукции, производительности оборудования, а также от длительности работы оборудования в расчетном периоде.

Формовочное отделение оснащено автоматической формовочной линией «Savelli». Количество линий вычисляется согласно общему количеству форм на годовую программу по всей номенклатуре, выпускаемой цехом отливок.

Т.к. линия работает с опоками размером 2100×1800×500/600, то подходит весь ассортимент модельной оснастки, изготавливаемых цехом отливок. Найдём необходимое количество формовочных линий:

$$n_m = \frac{N}{(F_o - t) \cdot q}, \quad (21)$$

где  $N$  – количество форм, шт. в год;

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

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

$q$  – производительность машины, ф./ч.

Количество форм на выполнение производственной программы рассчитано в таблице 28, данные берем оттуда.

$$n_m = \frac{232960}{(5692,7 - 102,7) \cdot 55} = 0,75 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

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

Принимаю одну автоматическую линию фирмы «Savelli» для выполнения производственной программы по выпуску литья 18000 тонн.

### 3.5. Стержневое отделение

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

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

- зачистка заусенцев на стержне.

Пескострельные автоматы «АНВ» предназначены для эффективного изготовления стержней в неподогреваемой оснастке газовым отверждением по таким процессам, как например CO<sub>2</sub>, Coldbox, Betaset, SO<sub>2</sub>.

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 разъемом. 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 25 - Сравнительные характеристики стержневых автоматов «АНВ»

Основные характеристики HV	«АНВ-10»	«АНВ-20»	«АНВ-30»
Объём впрыскиваемой порции, литры	10	20	30
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 <sup>3</sup> /ч	5	7	7
Отсасываемый объём кабины прим., м <sup>3</sup> /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 целевой 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.

По данным таблицы 24 количество стержней, изготовленных на стержневом автомате «АНВ 10» составляет 594154 шт., «АНВ 20» составляет 409435 шт., на автомате «АНВ 30» - 212395 шт. стержней.

Стержневая машина «АНВ 10» производительностью 150 стержней в час для мелких стержней.

$$n_m = \frac{594154}{(5752,92 - 52,92) \cdot 150} = 0,70 \text{шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,81}{1} \cdot 100\% = 81\%.$$

Стержневая машина «АНВ 20» производительностью 100 стержней в час для средних стержней.

$$n_m = \frac{409435}{(5732,8 - 72,8) \cdot 100} = 0,73 \text{шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,77}{1} \cdot 100\% = 77\%.$$

Стержневая машина «АНВ 30» производительностью 50 стержней в час для крупных стержней.

$$n_m = \frac{212395}{(5732,8 - 72,8) \cdot 50} = 0,76 \text{шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,78}{1} \cdot 100\% = 78\%.$$

Для выполнения производственной программы необходимо 3 шт. стержневых автоматов «АНВ 10» - 1 шт., «АНВ 20» - 1 шт., «АНВ 30» - 1 шт.

### 3.6. Выбивное отделение

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

Вблизи температуры кристаллизации, сплавы имеют низкие прочностные и пластинчатые свойства, поэтому опасность разрушения велика. На воздухе отливки охлаждаются быстрее, чем в форме. При этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, и уровень внутренних напряжений возрастает. Ранняя выбивка может привести

к образованию трещин, короблению и сохранению в отливке высоких остаточных напряжений. Выбивку стремятся производить при максимально высокой температуре, чтобы сократить технологический цикл.

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (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.

Предусмотрен полный комплекс в смесеприготовительном отделении для регенерации смеси который включает в себя 2 магнитных сепаратора для удаления металлических включений из смеси, полигональное сито для просеивания и отделения крупных и средних комьев из смеси, охладитель песка для понижения температуры отработанной смеси, система бункеров с ленточными транспортерами для усреднения состава отработанной формовочной смеси. После комплекса регенерации смесь освежается добавлением свежего песка и поступает в вихревой смеситель для приготовления стержневых и формовочных смесей.

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

Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка, а так же пропитка анаэробными герметиками для исправления микронеплотностей литья. Годные отливки отгружаются потребителям. Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются в цех на переплав.

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

Низкотемпературный отжиг производится по следующему режиму: медленное нагревание чугуновых отливок (70-100°С/ч) до 500-600°С; выдержка при этой температуре 2-8 ч ( в зависимости от размера отливки) , и

медленное охлаждение, вместе с печью со скоростью 20-50°С/ч до 250°С. В результате такого отжига внутренние остаточные напряжения снимаются почти полностью, никаких структурных превращений не происходит.

Для термообработки выбираем печь с выкатным подом [11].

Для расчета необходимого количества печей для термообработки используем формулу:

$$n = \frac{N \cdot k_n}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (21)$$

где N – годовой выпуск литья, т;

q – производительность печи, т/ч;

k<sub>n</sub> – коэффициент неравномерности, принимаем 1,1-1,3.

Для участка термической обработки:

$$n = \frac{18000,36 \cdot 1,3}{5783,1 \cdot 5,0} = 0,81 \text{шт.}$$

Таблица 26 - Технические характеристики термопечи с выкатным подом

Модель	Температура печи, °С	Мощность, кВт	Габариты рабочей камеры, мм			Внешние размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота	Длина	Ширина	Высота
ПВП 5,0/9М	900	190	1500	1500	1500	6000	2600	4900

Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков, кувалд, пневматических молотков и т.д.

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.

### 3.7. Очистное отделение

Барабаны очистные дробеметные конвейерные периодического действия 42236 предназначены для очистки от пригара и окалины поверхностей отливок и поковок, не подверженных бою и деформации при галтовке в условиях серийного производства.

В полуавтоматическом режиме производятся следующие основные операции: включение рабочего движения пода на очистку, загрузка изделий скиповым загрузчиком, закрывание двери барабана, включение, разгон дробеметного аппарата, включение подачи дроби, выдержка установленного времени очистки, прекращение подачи дроби, отключение, торможение до полного останова дробеметного аппарата, открывание двери, остановка и реверс движения пода, выгрузка очищенных изделий. Прекращение выгрузки и начало нового цикла производится оператором.

Таблица 27 - Характеристики дробеметного барабана мод. 42236

Наименование	Параметр
Объем загрузки, м <sup>3</sup>	1,2
Наибольшая диагональ очищаемой отливки, мм	600
Наибольшая масса очищаемой отливки, кг	500
Наибольшая масса загрузки, т	2,0
Число дробеметных аппаратов	1
Производительность аппарата по дроби, кг/мин	800
Количество отсасываемого воз духа, м <sup>3</sup> /ч,	18000
Установленная мощность, кВт	91
Габаритные размеры, мм:	
Длина	6000
Ширина	7000
Высота	6000
Масса, кг	37000

Рабочая зона камеры, места, подверженные прямому потоку дроби, и диски облицованы износостойкими плитами. Пластины конвейера изготавливают из износостойкой марганцовистой стали. Внутренняя поверхность двери защищена резиновыми листами.

В системе дробераздачи используются электромагнитные затворы, практически не изнашивающиеся и отличающиеся высокой надежностью. В скиповый загрузчик устанавливается унифицированная тара по ГОСТ 14861-74.

Воздушно-механический двухступенчатый сепаратор обеспечивает надежную очистку дроби с засоренностью до 15% по общей массе и до 30% по общему объему дроби. В барабане 42236 одновременно с очисткой предусмотрена выбивка стержней с общей массой до 1/3 от всей массы литья.

Рассчитаем необходимое количество дробеметных барабанов для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q}{\Phi_d \cdot q}, \quad (22)$$

где  $Q$  – вес отливок на годовую программу, т;  
 $\Phi_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;  
 $q$  – производительность дробебетного барабана, т/ч.

$$N = \frac{18000,36}{5783,1 \cdot 4,0} = 0,77 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{0,77}{1} \cdot 100\% = 77\%.$$

### 3.8. Сводная ведомость оборудования

Таблица 28 – Сводная ведомость оборудования

Наименование отделения	Наименование оборудования	Марка оборудования	Произв. программа	Производительность оборудования	Потребность в машинах, шт.		К <sub>з</sub> , %
					Расч	Прин	
Плавильное	Плавильная печь	ИЧТ-2,5/1С4	30955,5 т	1,8 т/ч	3,26	4	81,5
	Раздаточная печь	ИЧКМ-8	30955,5 т	8,0 т/ч	0,67	1	67
Смесеприготовительное	Смеситель	SGMT	580665 т	120 т/ч	0,88	1	88
Стержневое	Стержневой автомат	АНВ 10	594154 стр	150 стр/ч	0,71	1	71
		АНВ 20	409435 стр	100 стр/ч	0,73	1	73
		АНВ 30	212395 стр	50 стр/ч	0,76	1	76
Формовочное	Формовочная линия	Savelli	232960 ф	50-60 ф/ч	0,75	1	75
Термообрубное	Выбивка	Savelli	232960 ф	50-60 ф/ч	0,75	1	75
	Дробебетная камера	42236	18000 т	1,5 т/ч	0,77	1	77
	Термическая печь	ПВП 5,0/9М	18000,36 т	5,0 т/ч	0,81	1	81

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 4.1. Безопасность труда

Одной из важнейших государственных задач является исследования, связанные с созданием безопасных и безвредных условий труда, решающие задачи снижения потерь трудоспособности рабочих и служащих, уменьшение травматизма.

Внедрение автоматизации освобождает человека от непосредственного участия в производственном процессе и резко изменяет характер труда: за человеком остаются лишь функции наблюдения за действием машин, вся остальная работа выполняется автоматически. Обеспечение безопасности труда, освобождение работающего от излишнего перенапряжения способствует более эффективному использованию затрачиваемой энергии, тем самым, увеличению производительности труда.

Важнейшее значение для создания оптимальных условий охраны труда имеет его научная организация - совершенствование трудовых процессов на основе новейших достижений науки и техники с учетом требований физиологии, психологии, гигиены труда. Главной задачей научной организации любого трудового, технологического процесса - обеспечение оптимальных условий труда, устранение опасности причинения вреда здоровью работающих.

Основное решение проблемы безопасности труда- забота о человеке. Но большое значение имеет и предотвращение экономических потерь, вызываемых производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями. Невозможно подсчитать в деньгах вред, причиняемый здоровью трудящихся. Однако экономический ущерб от снижения производительности труда, уменьшения выпуска продукции может быть посчитан.

Вместе с тем очевидно, что неудовлетворительное состояние охраны труда оказывает влияние не только на трудящихся непосредственно занятых на этом предприятии, но и на окружающее население и природу.

Технический прогресс, интенсификация технологических процессов, увеличение масштабов производства, привели к тому, что вредное влияние производственных условий распространяется далеко за пределы территории предприятия. Загрязненность воздуха, тепловые потери, шум, излучение влияют и на условия жизни и на природу

#### 4.1.1. Характер труда

Чугунолитейный цех мощностью 18000 т годового литья.

С развитием новых технологий большое значение уделяется охране труда, тяжелые и вредные этапы труда автоматизируются и механизуются. На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых – обязанность администрации.

На стадии проектирования нового цеха учтены 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 и т. д. По энергетическим затратам литейное производство относится к средней тяжести 150–250 ккал/ч выполняемых работ. Каждое производственное здание должно быть надежным в эксплуатации, долговечным и удовлетворять противопожарным требованиям. При проектировании участка и цеха были учтены следующие требования СНиП 2.01.02-85[25].

Объем производственного помещения на каждого работающего не менее 15 м<sup>3</sup>, а площадь не менее 4,5 м<sup>2</sup>, высота производственных помещений не менее 3,2 м. Все площадки на высоте более 0,6 м от пола, лестницы, переходные мостики, люки ограждаются перилами высотой 1,2 м со сплошной облицовкой по низу на высоте 0,2 м. Лестницы имеют уклон не более 75<sup>0</sup>. На рабочих местах при легкой работе и работе, не требующей постоянного передвижения, полы теплые [20].

Площадь остекленных проемов составляет 50% площади наружных стен. Для проветривания производственных помещений предусматривают открывающиеся устройства в окнах площадью не менее 20% общей площади световых проемов [20].

В системе механической приточной вентиляции предусмотрена очистка воздуха от пыли в рабочей зоне помещений.

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

#### 4.1.2. Условия труда

##### Воздух рабочей зоны

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

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

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Таблица 29 Фактические показатели микроклимата в цехе [13]

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

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

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

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

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

Переносимость человеком высокой температуры в значительной степени зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше

относительная влажность, тем меньше испаряется влаги из организма человека в единицу времени, и тем быстрее наступает перегрев тела. Для восстановления водного баланса рабочих цеха обеспечивают подсоленной газированной водой из расчета 4-5 л/чел в смену.

Таблица 30 - Показатели микроклимата в рабочей зоне [13], [14]

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

Работы в данном литейном цехе относятся к категории работ средней тяжести: Па; Пб. Исходя из этого устанавливаются нормируемые значения показателей микроклимата в рабочей зоне (таблица 33) согласно ССБТГОСТ 12.1-005.88\*[14].

#### Вентиляция

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

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

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

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

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

Воздухозаборные устройства приточной вентиляции устанавливаются с наружи здания в тех местах, где содержание вредных веществ минимально.

## Освещение

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

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

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

На практике пользуемся двумя видами освещения – естественным и искусственным.

Естественное освещение создается солнечным светом, проникающим через фонари в крыше здания. Оно зависит от многих факторов: времени года и дня, погоды, географического положения и т. п. Естественное освещение оказывает положительные физиологическое и психологическое воздействие на работающих, поэтому производительность труда при естественном освещении выше, чем при искусственном [16].

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

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

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

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

Определим световой поток одного светильника (УПД глубокоизлучатель) по формуле

$$F_{\text{св}} = E \cdot Z \cdot S \cdot K_{\text{н}} / N \cdot X, \quad (23)$$

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

$E$  - освещенность, лк;

Z - коэффициент минимальной освещенности;  
Kн - коэффициент запаса;  
N - количество устанавливаемых светильников, шт;  
X - коэффициент использования светового потока, зависит от индекса помещения i.

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

Индекс помещения определим по формуле:

$$I = S / h \cdot (A + B), \quad (24)$$

где S - площадь помещения, м<sup>2</sup>;

h - высота подвески светильников, м;

A, B - стороны помещения, м.

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

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

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

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

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

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

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

### Производственный шум и вибрация

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

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

Шум, при воздействии на работающего, вызывает у него утомление, головную боль, замедление реакции, повышение кровяного давления. Чрезмерный шум отрицательно влияет на здоровье рабочего, понижает

общую сопротивляемость организма заболеваниям, приводит к снижению производительности труда, способствует возникновению несчастных случаев и брака. При систематическом воздействии шум является причиной понижения остроты слуха, развития профессиональной глухоты. Защита людей от вредного воздействия шума на производстве является одной из важнейших проблем в области охраны труда [17].

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

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

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

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

Для снижения шума необходимо:

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

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

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

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

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

## Электробезопасность

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

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

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

Электробезопасность в литейных цехах достигается при соблюдении следующих требований:

- электропроводка должна выполняться хорошо изолированными проводами, которые следует прокладывать на высоте не менее 2 м от уровня пола и ограждать от возможных повреждений;
- все металлические части оборудования (корпуса электродвигателей, пульты управления), которые могут оказаться под напряжением более 42 В, должны быть оснащены легко обозримыми устройствами заземления;
- каждая единица оборудования, работающая независимо и имеющая блокировки со смежным оборудованием, должна иметь вводный выключатель ручного действия, размещённый в безопасном и удобном для обслуживания месте и предназначенный для подключения электрооборудования к питающей сети, а также для отключения его от сети на время перерыва в работе или в аварийных случаях;
- токоведущие части выключателей, рубильников, электродвигателей должны быть закрыты сплошными кожухами или щитами;
- внутренние поверхности кожухов, дверец и шкафов, в которых имеются электрические аппараты, работающие при напряжении выше 42 В должны быть окрашены в красный цвет;
- использовать средства индивидуальной защиты (коврики).

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

Меры по защите от поражения электротоком:

- инструктаж персонала;
- применение предупредительных плакатов на опасных местах;
- токовыводящие части выключателей рубильников электродвигателей должны быть закрыты сплошными кожухами или щитами;
- электрическое разделение сети на отдельные участки с помощью специальных разделительных трансформаторов (каждый участок имеет свой распределительный щиток), что позволяет уменьшить электроёмкость сети и значительно повысить роль сопротивления изоляции;
- выравнивание потенциала земли с целью устранения напряжения за счет использования заземлений;
- применение средств коллективной и индивидуальной защиты (металлические части производственного оборудования, которые могут оказаться под напряжением, заземляют, автоматическое отключение, блокировка, двойная изоляция) от поражения электрическим током;
- все нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при не исправной изоляции имеют защитное заземление;
- обучение безопасным приемам труда по профессии.

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

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

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

## Пожарная безопасность

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

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

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

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

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

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

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

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

Средства пожаротушения регламентированы ГОСТ 12.4.009-90 [26] среди которых:

- огнетушители пенные ОХП–10 – 8 шт, предназначенный для тушения оборудования без электропроводки;

- огнетушители углекислотные ОУ-5 в кол-ве 8 шт., для тушения электрооборудования, твердых и жидких горючих веществ;

- песок;

- вода.

- пожарные гидранты в количестве 8 шт. (расход воды на наружное пожаротушение – 35 л/сек.; на внутреннее – 2,5 л/сек, к которым при пожаре присоединяются гибкие рукава.

При обнаружении пожара рабочий должен:

- сообщить в пожарную охрану;

- сообщить мастеру или непосредственному начальству;

- выключить все электроустановки

- по возможности приступить к тушению пожара подручными средствами.

Соблюдение правил пожарной безопасности позволит предотвратить возникновение пожаров.

Представленные в данном разделе мероприятия по созданию оптимальных условий труда (исключающие вредное воздействие шума и вибрации, по созданию оптимального микроклимата и освещенности рабочих мест, объемно – планировочное решение, мероприятия по пожарной безопасности) должны должным образом повлиять на эмоционально – психологическое состояние работников цеха.

## 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

### 5.1. Глобальные экологические проблемы

На сегодняшний день самой большой и опасной проблемой является истощение и разрушение природной среды, нарушение внутри нее экологического равновесия в результате растущей и плохо контролируемой деятельностью людей. Исключительный вред приносят производственные и транспортные катастрофы, которые ведут к массовой гибели живых организмов, заражению и загрязнению мирового океана, атмосферы, почвы. Но еще большее негативное воздействие оказывают непрерывные выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Наиболее распространенные загрязнители атмосферы поступают в нее в основном в двух видах: либо в виде взвешенных частиц, либо в виде газов, таких как углекислый газ, угарный газ, углеводород, аэрозольные частицы, что следствие работы и строительства крупных заводов и различных производств. Когда промышленные предприятия выбрасывают большие объемы оксидов серы и оксидов азота это предпосылки для повышения кислотности атмосферной воды. 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, который возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья, что используются 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».

Почти все загрязняющие вещества, которые первоначально попали в атмосферу, в конечном итоге оказываются на поверхности суши и воды. Оседающие аэрозоли могут содержать ядовитые тяжелые металлы - свинец, ртуть, медь, ванадий, кобальт, никель. Обычно они малоподвижны и накапливаются в почве. Но в почву попадают с дождями также кислоты. Соединяясь с ним, металлы могут переходить в растворимые соединения, доступные растениям. В растворимые формы переходят также вещества, постоянно присутствующие в почве, что иногда приводит к гибели растений.

Использованная человеком вода, в конечном счете возвращается в природную среду. Но, кроме испарившейся, это уже не чистая вода, а бытовая, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды, обычно не очищенные или очищенные недостаточно. Таким образом, происходит

загрязнение пресноводных водоемов - рек, озер, суши и прибрежных участков морей.

Загрязнение океанов и морей происходит вследствие поступления загрязняющих веществ с речными стоками, их выпадения из атмосферы и, наконец, благодаря деятельности человека.

Загрязнение воздушного бассейна Нижнего Тагила обусловлено присутствием в атмосфере взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, с уровнем содержания выше нормы. В атмосферном воздухе, кроме основных загрязняющих веществ присутствуют такие загрязняющие вещества, как бензапирен, формальдегид, фенол, аммиак, сероводород, сероуглерод, фториды и легколетучие органические соединения. Предприятия города, такие как «УВЗ», ОАО «НТМК», АО «ВГОК» вносят вклад в загрязнение атмосферного воздуха на 94,1% [31].

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

## 5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

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



Рисунок 2 - Схема технологического процесса получения отливок

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

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия, пар.

Входе технологический процесс 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 и вибрация.

Сточные воды образуются при охлаждении печей.

Скрап - зашлакованные отходы черных металлов, мелкие стальные частицы, разбрызгиваемые во время выпуска чугуна, 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 чугуна в печах.

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

Источником электромагнитного излучения является работающее оборудование.

Тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разливки 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 31.

Таблица 31 - Основные материально-энергетические показатели ТП

№	Показатели	Количество	Ед. изм.
1.	Сырье:		
	Лом и отходы	23	тыс. т/год
	Ферросплавы	0,5	тыс. т/год
	Железо из окалины	1	тыс. т/год
	Сжатый воздух	0,7	млн м <sup>3</sup> /год
	Вода оборотная	0,8	тыс. м <sup>3</sup> /год
2.	Энергия		
	Электрическая	8	млн. квт*ч
	Природный газ	22	тыс. м <sup>3</sup> /год
	Пар	12	тыс. кДж/год
3.	Продукция - Отливки	22,5	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 32.

Таблица 32 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ и предельно допустимые уровни воздействия, выбрасываемых цехом

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

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

### 5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса

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 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 цехе предусматривается использование твердых отходов. Отработанная и стержневая смесь подвергается регенерации и последующему использованию в технологическом цикле.

Шлак, 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 снижения общего количества выбросов в воздух рабочей зоны предусматривается замена дуговой сталеплавильной печи (ДСП-6) на индукционную (ИКЧМ-8), 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 33.

Таблица 33 - Сравнительный анализ выбросов

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

Из таблицы видно, что при использовании ИКЧМ-8 происходит снижение выбросов примерно в 1,5 раза.

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 37.

Таблица 37 - Средний удельный расход воды

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

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс более экологичным, ресурсо и энергосберегающим, поскольку количество вредных воздействий на окружающую среду будет уменьшено, 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 «Savelli», стержневое оборудование фирмы «АНВ», печи ИЧТ-2,5/1С4 и ИЧКМ-8, мы стремимся к интенсификации производственного процесса, а так же к более рациональному использованию сырья и материалов, снижению убытков от брака, повышению размерной точности и качества отливок, увеличению их долговечности и надежности. В связи с большой номенклатурой видов отливок и большого числа весовых групп, производящихся в цехе стального литья, расчет затрат производим на тонну годного литья. Годовая программа цеха составляет 18000 тонн годного литья (таблица 1).

### 6.1. Расчет численного состава рабочих

Численность производственных рабочих определяются отдельно по категориям: рабочие, руководители, специалисты, служащие.

Различают списочную и явочную численность рабочих. При расчете используем метод расчета по нормам оборудования агрегатов.

Количество производственных рабочих определяется по количеству рабочих мест на основе норм обслуживания одним рабочим количества единиц оборудования.

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

Расчет явочной численности рабочих выполняется по формуле:

$$N_{яв} = N_i \cdot A_i \cdot C_i, \quad (25)$$

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:

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{сп}, \quad (26)$$

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

$$K_{сп} = \frac{F_{ном}}{F_{д}}, \quad (27)$$

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  $F_{к}$

$$F_{к} = D_{к} \cdot T_{см}, \quad (28)$$

где  $D_{к}$  – число дней в году;

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

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

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

$$F_{ном} = T_{см} \cdot (D_{к} - D_{вых}), \quad (29)$$

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

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

Действительный фонд времени  $F_{д}$ :

$$F_{д} = F_{ном} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (30)$$

где  $\alpha$  – 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 34.

Таблица 34 – Баланс рабочего времени одного рабочего на год

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

При определении численности основных и вспомогательных рабочих необходимо определить квалификационный состав работающих по цеху (по разрядам). Квалификация рабочего зависит от сложности выполняемых работ и вида обслуживаемого оборудования.

Для этого при проектировании литейного цеха используются тарифно-квалификационные справочники.

Расчеты численности основных, вспомогательных рабочих, ИТР, служащих и МОП указаны в таблицах 35, 36, 37.

Таблица 35 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуж обор. чел	Кол-во агрегатов, шт	Кол-во рабочих		K <sub>сп</sub>	
					Явочное		Спис	К сп
					В сутки	В см		
Плавильное отделение								
Сталевар	5	3	1	5	15	5	16	1,19
Подручный сталевара	5	3	1	5	15	5	16	1,19
Выбивщик	4	3	1	5	15	5	16	1,19
Шихтовщик	3	3	1	5	15	5	16	1,19
Огнеупорщик	3	3	1	5	15	5	16	1,19
Итого	-	-	-	-	75	25	80	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
Стерженное отделение								
Стерженщик	5	3	2	2	12	4	13	1,19
Стерженщик	4	3	2	1	6	2	7	1,19
Итого	-	-	-	-	18	6	20	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	2	6	2	8	1,19
Обрубщик	3	3	1	4	12	4	14	1,19
Итого	-	-	-	-	24	8	29	1,19
Всего	-	-	-	-	141	47	164	1,19

Таблица 36 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессий	Гарифный разряд	Число смен в сутки	Кол-во рабочих			К <sub>сп</sub>
			Явочное		Спис.	
			В сутки	В см		
Крановщик	3	3	12	4	13	1,19
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	6	2	8	1,19
Электрик по ремонту оборудования	4	3	6	2	8	1,19
Кладовщик	2	3	3	1	3	1,19
Лаборант экспресс - лаборатории	4	3	9	3	11	1,19
Водитель транспорта	2	3	6	2	8	1,19
Слесарь - сантехник	3	3	6	2	8	1,19
Контролер ОТК	3	3	15	5	17	1,19
Сварщик	4	3	15	5	17	1,19
Итого:	-	-	78	26	93	1,19

Таблица 37– Штатное расписание ИТР, служащих, МОП

Должность, профессия	Количество работающих, чел	Должностной оклад, руб/месяц	Сумма окладов с учетом районного коэффициента, руб	
			В месяц	В год
<b>ИТР</b>				
Начальник цеха	1	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
<b>Служащие</b>				
Нормировщик	3	9500	10925	393300
Бухгалтер	2	8100	8510	204240
Табельщик	3	6900	4485	161460
Секретарь	1	6100	4715	56580
Итого	9	-	28635	815580
<b>МОП</b>				
Уборщица	6	5800	6670	480240
Сатураторщик	3	5500	6325	227700
Итого	9	-	12995	707940
Итого по цеху	36	-	342930	7402320

Таблица 38 – Структура трудящихся цеха

Категория персонала	Количество чел.	Количество работающих от общей численности, %
Рабочих основных	164	55,97
Рабочих вспомогательных	93	31,74
Рабочих всего	257	87,71
ИТР	18	6,143
Служащие	9	3,072
МОП	9	3,072
Итого	293	100

Таблица 39 – Штатное расписание рабочих

Профессия	Кол-во рабочих	В том числе по разрядам				
		1	2	3	4	5
Сталевар	16					16
Подручный сталевара	16				16	16
Выбивщик	16			16		
Шихтовщик	16			16		
Огнеупорщик	16			8		
Сборщик форм	8				7	
Формовщик линии изготовления форм	15				7	8
Оператор -стерженщик	20				7	13
Земледел	12			7		
Выбивщик	7				8	
Газорезчик	8			14		
Обрубщик	14			0		
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	257	0	11	96	80	70

## 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.

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n T_{cti} \cdot N_i / N_{яв}, \quad (30)$$

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

Среднюю тарифную ставку вспомогательных рабочих определим аналогично. Исходные данные для расчетов берем в таблице 40.

Таблица 40 – 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

$$T_{cp} = (25,1 \cdot 32 + 24,1 \cdot 16 + 23,1 \cdot 32) / 80 = 24,1 \text{ руб.}$$

формовочное отделение

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

стержневое отделение

$$T_{cp} = (23,7 \cdot 13 + 22,7 \cdot 7) / 20 = 23,2 \text{ руб.}$$

смесепрготовительное 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:

$$Z_{\text{тф}} = T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{ч}}, \quad (31)$$

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

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

$$N_{\text{ч}} = N_{\text{сп}} \cdot F_{\text{д}}, \quad (32)$$

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

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тф}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{ком}} + K_{\text{оп}}) \cdot K_{\text{рн}}, \quad (33)$$

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

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

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

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

Значение вышеуказанных коэффициентов устанавливается в соответствии с коллективным договором.

В проектируемом цехе принято:

- для основных рабочих премия за выполнение плана составляет 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

$$Z_{\text{осн}} = 24,1 \cdot 80 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 17355470,4 \text{ руб.}$$

формовочное отделение

$$Z_{\text{осн}} = 22,7 \cdot 23 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 4699839,78 \text{ руб.}$$

стержневое отделение

$$Z_{\text{осн}} = 23,2 \cdot 20 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 2398079,52 \text{ руб.}$$

смесепрготовительное отделение

$$Z_{\text{осн}} = 22,2 \cdot 12 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 4203840,6 \text{ руб.}$$

термообрубное отделение

$$Z_{\text{осн}} = 23,3 \cdot 29 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,4 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,1 = 6102320,22 \text{ руб.}$$

вспомогательные рабочие

$$Z_{\text{осн}} = 18,5 \cdot 93 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,2 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15 = 12904080,3 \text{ руб.}$$

Таблица 41 – Годовой ФЗП основных и вспомогательных рабочих

Категории работающих	Сумма, руб.
Плавильное отделение	17355470,4
Формовочное отделение	4699839,78
Смесепоготовительное отделение	2398079,52
Стержневое отделение	4203840,6
Термообрубное отделение	6102320,22
Вспомогательные рабочие	12904080,3
Итого:	47663630,82

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:

$$\text{ФЗП} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (34)$$

Расчет годового фонда заработной платы приведен в таблице 42.

Таблица 42 – Годовой фонд заработной платы по цеху

Категории работающих	Сумма, руб.
Основные рабочие	38 583 101,08
Вспомогательные рабочие	14 323 529,13
ИТР	6 525 468,00
Служащие	905 293,80
МОП	785 813,40
Итого:	61 123 205,41

### 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.

$$\text{ФМП} = Z_{\text{год}} \cdot 0,1 = 61\,123\,205,41 \cdot 0,1 = 6\,112\,320,541 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 6112320,541 - 1\,305\,093,60 - 181058,76 = 5\,244\,815,27 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП} = 38\,583\,101,08 / 61\,123\,205,41 = 0,631 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 38\,583\,101,08 \cdot 0,631 = 24\,355\,000,34 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 14\,323\,529,13 \cdot 0,631 = 9\,041\,511,626 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 785\,813,40 \cdot 0,631 = 496\,032,85 \text{ руб.}$$

Среднемесячная зарплата с премиями из ФМП составит:

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м}} = (\text{З}_{\text{год}} + \text{ФМП}) / 12 \cdot N_{\text{сп}}, \quad (35)$$

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

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м осн}} = (38\,583\,101,08 + 24\,355\,000,34) / 12 \cdot 164 = 31\,980,74 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м вып}} = (14\,323\,529,13 + 9\,041\,511,626) / 12 \cdot 93 = 20\,936,42 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м ИТР}} = (6\,525\,468,00 + 1\,305\,093,60) / 12 \cdot 18 = 36\,252,6 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м сл}} = (905\,293,80 + 181\,058,76) / 12 \cdot 9 = 10\,058,82 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{ср/м МОП}} = (905\,293,80 \cdot ((1 + 0,25 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15) + 496\,032,85) / 12 \cdot 9 = 51\,689,9 \text{ руб.}$$

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

Таблица 43 – Сводный план по труду и заработной плате

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Объем производства	т	18000
Численность: основных рабочих	чел	164
вспомогательных рабочих	чел	93
служащих	чел	9
ИТР	чел	18
МОП	чел	9
Выработка продукции на одного работающего	т/чел	87,03
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	62938101,42
вспомогательные рабочие	руб.	23365040,76
ИТР	руб.	7830561,6
служащие	руб.	1086352,56
МОП	руб.	1910496,971
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП:		
основные рабочие	руб.	31980,74
вспомогательные рабочие	руб.	20936,42
ИТР	руб.	36252,6
Служащие	руб.	10058,82
МОП	руб.	5168,99

#### 6.4. Отчисления единого социального налога

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

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

Отчисления по ЕСН для всех работающих приведены в таблице 44.

Таблица 44 – Отчисления по ЕСН по фонду оплаты труда

Категория работающих	ФЗП, руб.	Отчисления, руб.				Отчисления ЕСН, руб.
		ПФ	СоцСтрах	ОМС	Травматизм	
Основные рабочие	62938101,42	13846382,3	1825204,9	3209843,2	125876,2	19007306,63
Вспом/рабочие	23365040,76	5140308,97	677586,18	1191617,1	46730,08	7056242,309
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	1910496,971	420309,334	55404,412	97435,346	3820,994	576970,0852
Итого	97 130 553,31	21368721,7	2816786	4953658,2	194261,1	29333427,1

#### 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 2900 руб/м<sup>3</sup>.

Затраты на бытовые помещения вычисляются по формуле:

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

$$C_{бп} = V_{бп} \cdot C_{бп/м}, \quad (37)$$

где  $C_{зд/м}$ ,  $C_{бп/м}$  – удельная цена здания и бытового помещения, 0,5 тыс руб/м<sup>3</sup>.

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

в размере 25% от стоимости технологического оборудования. Стоимость инструментов принимаем из расчета 250 руб. на одного работника.

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

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

Расчеты капитальных затрат и амортизационных отчислений представлены в таблице 48.

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

Таблица 45 – Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Наименование	Марка оборуд.	Кол-во, шт.	Стоимость единицы оборудования				Общая стоим. тыс руб.	Амортизационные отчисления	
			Цена, тыс руб.	Монтаж		Всего, руб.		Норма, %	руб.
				%	Σ, руб.				
Здание и сооружения	15000	-	2,9	-	-	43500	43500	2	870
Сталеплавильная печь	ИЧТ-2,5 ИЧКМ-8	4 1	30000	10	3000	33000	165000	7	11550
Формовочная линия	Savelli	1	50000	10	5000	55000	55000	10	5500
Смеситель	SGMT	1	20000	10	2000	22000	22000	10	2200
Стержневая машина	АНВ10 АНВ20 АНВ30	1 1 1	20000	10	2000	22000	66000	10	6600
Дробеметный барабан	42236	4	15000	10	1500	16500	66000	10	6600
Итого:	-	-	-	-	-	-	417500	-	33320
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	250500	10	25050
Оснастка	-	-	-	-	-	-	73,25	50	36,625
Прочее оборудование	-	-	-	-	-	-	104375	10	10437,5
Итого	-	-	-	-	-	-	354948,3	-	35524,13
Всего	-	-	-	-	-	-	772448,3	-	68844,13

Таблица 46 – Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, тыс. руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	4 175,00	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	20 875,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение грузов	1 173,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Износ оборудования	1 173,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Прочие расходы	77 244,83	10 % от общей суммы расходов
Итого:	104 640,83	-

### 6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции

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

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

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

Таблица 47 – Смета цеховых расходов

Статьи затрат	Затраты 1 т литья, руб.	Сумма затрат на всю программу, руб.
1. Затраты на оплату труда	5396,14185	97 130 553,31
2. Отчисления ЕСН	1629,63484	29333427,1
3. Амортизация здания, инвентаря	3824,67361	68844125
4. Затраты на научную работу, рационализаторство	431,691348	7770444,265
5. Расходы на охрану труда	539,614185	9713055,331
6. Стоимость вспомогательных материалов	398,041667	7164750
Итого	12219,7975	219 956 355,01
Прочие расходы	1221,97975	21995635,5
Цеховые расходы	13441,7773	241 951 990,51

Таблица 48 – Калькуляция себестоимости 1 тонны годного литья проектируемого цеха

Статьи затрат	На 1 т литья			На программу
	Кол-во, т	Цена, руб.	Сумма, руб.	Сумма, руб.
Основные материалы	1,6	3181	5089,6	91612800
ВСП	0,55	2259	1242,45	22364100
Угар	0,05	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1	-	3847,15	69248700
Оплата труда основных рабочих	-	-	5396,14185	97130553,3
ЕСН	-	-	1629,63484	29333427,1
Электроэнергия, кВтч	16,3	2,6	42,38	762840
Природный газ, м <sup>3</sup>	71	3,88	204,48	3680640
Вода, м <sup>3</sup>	40,2	4,2	168,84	3039120
Сжатый воздух, м <sup>3</sup>	16,6	1,31	21,746	391428
Расходы на подготовку производства	-	-	4045,7	72822600
Расходы на ремонт и эксплуатация оборудования	-	-	276,8	4 982 400,00
Отчисления на амортизацию	-	-	3824,67361	68844125
Основная себестоимость	-	-	25789,5963	464212733
Цеховые расходы	-	-	13441,7773	241951991
Цеховая себестоимость	-	-	39231,3736	706164724
Общезаводские расходы	-	-	8177,2	147189600
Производственная себестоимость	-	-	23195,1	417511800
Непроизводственные расходы	-	-	3267,45	58814100
Полная себестоимость	-	-	73871,124	1329680224

## 6.7. Технико-экономические показатели

Фондоотдачу  $\Phi_O$  находим по формуле:

$$\Phi_O = \frac{N}{\Phi_{\text{оф}}}, \quad (38)$$

где  $N$  – годовой объем продукции, руб.;

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

$$\Phi_O = \frac{1329680224}{772448300} = 1,72 \text{ руб} / \text{руб}.$$

Фондоемкость находим по формуле:

$$\Phi_E = \frac{1}{\Phi_O}, \quad (39)$$

$$\Phi_O = \frac{1}{1,72} = 0,58 \text{ руб} / \text{руб}.$$

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

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

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

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (40)$$

$$П = 1,3 \cdot 73871,12 = 96032,46 \text{ руб}.$$

Примем цену за 1 т годного литья 100 000 руб. При объеме производства 18000 т литья в год доход от продаж составит 1 800 000 000 руб.

Прибыль найдем по формуле:

$$П = Д - C, \quad (41)$$

где  $Д$  – доход, руб.

$$П = 1\,800\,000\,000 - 1\,329\,680\,224 = 470\,319\,776 \text{ руб}.$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{Кз}{\text{Эф}}, \quad (42)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{772448300}{470319776} = 1,64 \text{ г}.$$

Определим рентабельность проекта:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100\% \quad (43)$$

$$P = \frac{470319776}{1364513500} \cdot 100\% = 35,7\%$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 49.

Таблица 49 – Техничко-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	18000
Коэффициент выхода годного, %	62,5
Численность работающих всего, чел	293
в том числе: основных	164
вспомогательных	93
ИТР	18
служащих	9
МОП	9
Фонд основной заработной платы, тыс. руб.	97 130,553
Капитальные вложения, тыс. руб.	772 448,3
Себестоимость, руб.	73 871
Рентабельность, %	35,7
Прибыль, тыс. руб.	470 319,776
Срок окупаемости, г	1,64

Вывод:

Вложенные в проектирование и строительство цеха чугунного литья с производительностью 18000 тон капитальные средства окупятся за короткий срок в течении 1,64 года и позволят получать прибыль от реализации продукции в размере 470 319 776 руб./год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

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

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

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

Проектируемый литейный цех производительностью 18000 тонн отливок в год отвечает предъявленным к нему требованиям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 09.12.2009. – М.: Изд-во стандартов 1990. 45с.
2. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов 1990. 5с.
3. ТУ 3183-061-01124328-2003. Клин фрикционный из серого чугуна для тележек грузовых вагонов. Технические условия. Введ. 01.01.2007. – М.: ВНИИЖТ 2003. 53с.
4. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Введ. 01.01.1997. – М.: Изд-во стандартов 1993. 45с.
5. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. Введ. 01.07.1993. – М.: Изд-во стандартов 1992. 15с.
6. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. УГППУ . 2000. 662с.
7. СТП АДК 78-2000. Исходные формовочные материалы. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2008.76 с.
8. СТП АДК 155-2001. Формовочные и стержневые смеси. Противопригарные краски, разделительные покрытия. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2001.35 с.
9. СТП АДК 723-2005. Смеси ХТС. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2005.21 с.
10. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
11. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
12. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. 11 с.
13. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.
14. ССБТ ГОСТ 12.1-005.88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Дата введения 1989-01-01. М.: ИПК Издательство Стандартов 1989. 77с.
15. Безопасность производственных процессов. Справочник. Под общей ред. Белова С. В. М.: Машиностроение, 1985. 271 с.
16. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение. Введен 02.08.1995 г. № 18-78 в качестве строительных норм и правил Российской

Федерации взамен СНиП II-4-79. М.: Министерство Строительства Российской Федерации 1995. 111с.

17. Клячко Л.Н. Производственный шум и меры защиты от него в черной металлургии. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.

18. ГОСТ 12.1.003-83\* Шум. Общие требования безопасности. Введен 06.06.1983 г. № 2473. М.: Издательство стандартов 1979. 54 с.

19. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Введен 01.07.91. М.: Издательство стандартов 1991. 26 с.

20. Руководство Р 2.2.2006 – 05, Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. М.: Минздрав России, 2006. 189 с.

21. ГОСТ 12.1.019-79\*. Электробезопасность и общие требования. Введен 1707.1979. № 2582. М.: Издательство стандартов 1979. 21с.

22. ПОТ РМ-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. Введен постановлением Минтруда РФ от 5 января 2001 г. № 3 и приказом Минэнерго РФ от 27 декабря 2000 г. № 163) (с изменениями от 18 февраля 2003 г.). М.: Издательство Минэнерго 2001. 156 с.

23. Правила устройств электроустановок 7-е издание. М.: Машиностроение 2002. 279 с.

24. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. Введен 14.06.91 № 875. М.: Издательство стандартов 1991. 75 с.

25. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы. Введен в действие постановлением Госстроя СССР № 18 от 24.04.1991 г. 29 с.

26. ГОСТ 12.4.009-90 Пожарная техника для защиты объектов основные виды, размещение и обслуживание. Дата введения 01.01.1990 г. М.: Издательство стандартов 1990. 77 с.

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

28. Ссылка [http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030_0.html).

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

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

31. ГОСТ 3.1125-88 «Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок». М.: ИПК Издательство стандартов. 19с.

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



