





## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 96 листов машинописного текста, 7 рисунков, 48 таблиц, 37 источников литературы, 1 приложение, графическую часть на 6 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса производства отливок из углеродистых сталей для вагоностроения с годовым выпуском 14 тыс. тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

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

					ДП.22.03.02.728ПЗ				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Проект литейного цеха по изготовлению отливок из стали с производительностью 14000 тонн в год	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>	
Разраб.		Шаль						1:1	
Провер.		Бекетова							
						<i>Лист</i>	3	<i>Листов</i>	96
<i>Н. Контр.</i>		Категоренко			Пояснительная записка	ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-411сЛП			
<i>Утв.</i>		Гузанов							

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ...	8
1.1. Режим работы цеха .....	8
1.2. Расчёт фонда времени работы оборудования .....	9
1.3. Производственная программа .....	9
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	11
2.1. Требования к отливке. Материал отливки и его свойства .....	11
2.2. Выбор способа производства .....	14
2.3. Формовочные, стержневые смеси и покрытия .....	15
2.4. Модельно литейная оснастка .....	18
2.5. Определение размеров опок. Выбор конструкции и материалов .....	19
2.6. Расчет коэффициентов .....	20
2.6.1. Расчет груза .....	20
2.6.2. Расчет припусков на механическую обработку .....	22
2.6.3. Расчет прибылей .....	23
2.7. Литейная форма и стержни .....	25
2.7.1. Технология изготовления полуформ .....	25
2.8. Сборка и заливка формы .....	28
2.9. Расчет литниковой системы .....	28
2.9.1. Расчет оптимального времени заливки .....	28
2.9.2. Расчет площади поперечного сечения питателя .....	29
2.9.3. Расчет металлостатического напора .....	30
2.9.4. Определение площадей элементов литейной системы .....	30
2.10. Выбивка, обрубка, очистка .....	31
2.11. Термообработка .....	31
2.12. Контроль качества .....	32
2.13. Виды брака и методы предотвращения .....	33
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ .....	35
3.1. Плавильное отделение .....	35
3.1.1. Преимущества дуговых сталеплавильных печей .....	35
3.1.3. Расчет количества печей .....	42
3.1.4. Расчет количества ковшей .....	42
3.2. Смесеприготовительное отделение .....	45
3.2.1. Подготовка исходных формовочных материалов .....	45
3.2.2. Противопригарные, разделительные покрытия .....	47
3.2.3. Расчет оборудования смесеприготовительного отделения .....	48
3.3. Стержневое отделение .....	50
3.3.1. Расчет стержневых машин .....	52

3.4. Формовочно-заливочное отделение .....	53
3.4.1. Организация потока в формовочном отделении .....	54
3.4.2. Порядок изготовления форм .....	55
3.5. Выбивное отделение.....	58
3.6. Отделение обрубки и очистки литья .....	59
3.7. Сводная ведомость оборудования .....	62
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	63
4.1. Безопасность труда .....	63
4.1.1. Характер труда.....	63
4.1.2. Условия труда .....	64
5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	73
5.1. Глобальные экологические проблемы.....	73
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами .....	74
5.3. Основные требования экологизации проекта.....	76
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса. ....	77
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	79
6.1. Расчет численного состава рабочих.....	79
6.2. Организация и планирование заработной платы .....	83
6.3. Разработка системы стимулирования трудовой деятельности.....	86
6.4. Отчисления единого социального налога .....	87
6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений. ....	88
6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции.....	90
6.7. Техничко-экономические показатели.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	97

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – это основная заготовительная база, определяющая возможности дальнейшего развития многих отраслей народного хозяйства. Значение литейного производства для народного хозяйства страны и в первую очередь для машиностроения очень велико.

В настоящее время существует более ста различных способов изготовления литейных форм и получения отливок. Около 80% от всей массы чугуновых и стальных отливок получают в песчано-глинистых формах. Этим способом получают как мелкие, так и очень крупные отливки, литые детали простой и сложной формы не только из чугуна и стали, но также из различных цветных сплавов.

Литьём можно изготавливать заготовки любой конфигурации с минимальными допусками на обработку. Технологический процесс изготовления отливки механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок по сравнению с поковками, сварными конструкциями, деталями из проката.

Отсутствие новых технологий приводит к снижению уровня рентабельности и увеличению материальных, энергетических затрат и стоимости продукции.

Для выхода из сложившейся ситуации необходимо проводить реконструкции имеющихся предприятий, проектировать новые цеха, разрабатывать новые технологии, направленные на повышение качества литья, снижение трудоёмкости и улучшение условий труда и экологии.

Проектирование литейных цехов, имеющее большое количество исходных данных, является трудоёмким 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 сталелитейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения. Мощность цеха 14000 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

## 1.1. Режим работы цеха

Режимы работы литейного цеха определяются очередностью выполнения операций технологического процесса изготовления отливок во времени и пространстве. От принятого режима работы зависит организация производственного процесса. Для литейных цехов применяются последовательные и параллельные режимы работы.

При последовательных режимах основные технологические операции литейного производства выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади. При параллельных режимах работы все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. По сравнению с последовательными параллельные режимы работы имеют ряд преимуществ: сокращается производственный цикл изготовления отливок, рациональнее используется оборудование и площадь цеха, улучшается качество и снижается себестоимость отливок и др. Сменность работы при этом режиме зависит от размеров и количества изготавливаемых отливок.

Литейный цех работает по трехсменному графику работы, по пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене. Действительный фонд времени  $\Phi_d$  определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Календарный фонд времени определяется по формуле:

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

где  $D_k$  – число календарных дней в году;

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

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

Номинальный фонд времени определяется по формуле:

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

где  $D_v$  – число выходных дней в году;

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

$K_{см}$  – режим сменности.

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

Действительный фонд времени определяется по формуле:

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

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



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

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

### 1.2. Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

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

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

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

Таблица 1 - Расчет действительного фонда времени работы оборудования

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

### 1.3. Производственная программа

Литейный цех специализируется на выпуске мелкого стального литья весом от 1 до 75 кг. Основная марка стали 25Л, 35Л по [1].

Баланс металла и производственная программа представлена в таблице 2. Годовой выпуск литья с учетом ремонтного литья и поставок запасных частей составил 14000,472 т. Жидкий металл на производственную программу составит 21024,792 т.

Таблица 2 – Производственная программа цеха

Массовая группа	Наименование отливки	Сплав	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 кол-во отливок с учетом брака, шт	Масса отливок без ЛПС на годовую программу, т	Масса жидкого металла на программу, т	Коэффициент выхода годного
0-10	Корпус	35Л	1,4	3,01	5,06	40000	1200	2000	43200	130,032	218,592	59,4862
	Башмак	25Л	3,3	4,9	9,2	40000	1200	2000	43200	211,68	397,44	53,2609
	Державка	35Л	4,5	5,7	9,6	40000	1200	2000	43200	246,24	414,72	59,375
	замок	25Л	5,5	6,8	10,1	40000	1200	2000	43200	293,76	436,32	67,3267
	Клапан	25Л	9,6	10,8	16,6	40000	1200	2000	43200	466,56	717,12	65,0602
10-25	Упор	25Л	15,88	25,8	37,6	30000	900	1500	32400	835,92	1218,24	68,617
	Скользун	25Л	17	21,3	32,3	30000	900	1500	32400	690,12	1046,52	65,9443
	Распорка	35Л	18,8	22,9	38,3	30000	900	1500	32400	741,96	1240,92	59,7911
	Триангель	25Л	23,7	30,1	46,9	30000	900	1500	32400	975,24	1519,56	64,1791
	Люлька	35Л	25,9	28,1	39,4	30000	900	1500	32400	910,44	1276,56	71,3198
25-50	Фитинг	25Л	28,8	32,9	51,5	20000	600	1000	21600	710,64	1112,4	63,8835
	Замок	25Л	32,6	36,6	55,6	20000	600	1000	21600	790,56	1200,96	65,8273
	Клин	25Л	45,5	45,8	68,2	20000	600	1000	21600	989,28	1473,12	67,1554
	Упор	35Л	46,3	49,2	70,1	20000	600	1000	21600	1062,72	1514,16	70,1854
	Венец	25Л	49,6	53,8	78,8	20000	600	1000	21600	1162,08	1702,08	68,2741
50-75	Крышка	25Л	55,3	55,4	79,1	10000	300	500	10800	598,32	854,28	70,0379
	Корпус	25Л	59,1	63,5	92,3	10000	300	500	10800	685,8	996,84	68,7974
	Ролик	35Л	60,3	78,6	113,2	10000	300	500	10800	848,88	1222,56	69,4346
	Звездочка	25Л	62,2	71,2	111,1	10000	300	500	10800	768,96	1199,88	64,0864
	Стойка	35Л	73,6	81,6	116,9	10000	300	500	10800	881,28	1262,52	69,8033
Всего:						500000	15000	25000	540000	14000,472	21024,792	-

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Требования к отливке. Материал отливки и его свойства

Деталь «Корпус» массой 1,4 кг и габаритными размерами 157×60×120 мм из стали 35Л.

Таблица 3 - Классификация отливок по назначению по ГОСТ 977-88

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

«Корпус» в соответствии с таблицей 3 является отливкой третьей группы по ГОСТ 977-88, [1]. «Корпус» относится к отливкам особо важного назначения. Корпус работает в условиях значительных динамических и статических нагрузок, а так же в условиях непрерывного истирания его металлом, испытывая постоянные сильные удары и большие динамические давления при больших скоростях скольжения по металлу. Поэтому отливка должна обладать высокой прочностью, необходимой для сохранения формы и высокой теплостойкостью, позволяющей сохранить твердость и прочностные свойства при длительном температурном воздействии.

Согласно приемосдаточным испытаниям качество отливок (внешний вид, размеры, расположение внутренних и наружных литейных дефектов) контролируется неразрушающим методом контроля по технической документации предприятия – заказчика в количестве 2% от партии, но не менее трех от каждой плавки.

Содержание химических элементов доходит от сотых долей до нескольких процентов. Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин. Класс точности отливки 10-0-0-10 по ГОСТ Р 53464-2009, [5]. Класс точности изготовленной отливки зависит от её сложности и применяемого способа литья. В зависимости от способа изготовления, конфигурации поверхностей, массы, максимального геометрического размера, толщины стенок, характеристики выступов, ребер, утолщений, отверстий, количества стержней, характера механической

обработки и шероховатости обработанных поверхностей, назначения и особых технических требований предусмотрено деление отливок на 5 групп сложности.

Группа сложности отливки определяется по наибольшему числу признаков. При этом число совпадающих признаков должно быть не менее пяти и четырех для шести и пяти групп сложности соответственно. При меньшем числе совпадающих признаков применяют способ группировки их путем последовательного отнесения начиная с более высоких групп сложности в сторону более низких и останавливаются на группе сложности, при которой достигается необходимое число условно совпадающих признаков. Если признаки для нескольких групп сложности совпадают, то этот признак принимают по более высокой группе. При равенстве числа признаков по двум группам сложности отливку относят к той группе, при определении которой использован признак «конфигурация поверхностей».

К группе 3 относятся отливки открытой коробчатой, сферической, полусферической, цилиндрической и других форм. Наружные поверхности — криволинейные и плоские с наличием нависающих частей, ребер, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями и углублениями сравнительно сложной конфигурации. Часть отливки выполняют с использованием стержней. Внутренние полости отдельных соединений геометрических фигур — большой протяженности или высокие с незначительными выступами или углублениями, расположенными в одном и двух ярусах со свободными широкими выходами полостей.

Определение характеристик точности отливки: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхности, класс точности массы, допуск смещения. Следует также учитывать группу сложности отливки и серийность производства. По примеру для отливки из стали, наибольший габаритный размер 124 мм, изготавливается в двух полуформах без применения песчаных стержней, номинальная масса 10 кг, приведенному выше: Точность отливки 10-0-0-10 ГОСТ Р 53464-2009, [1]. Обрабатываемая поверхность - 124 мм.

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

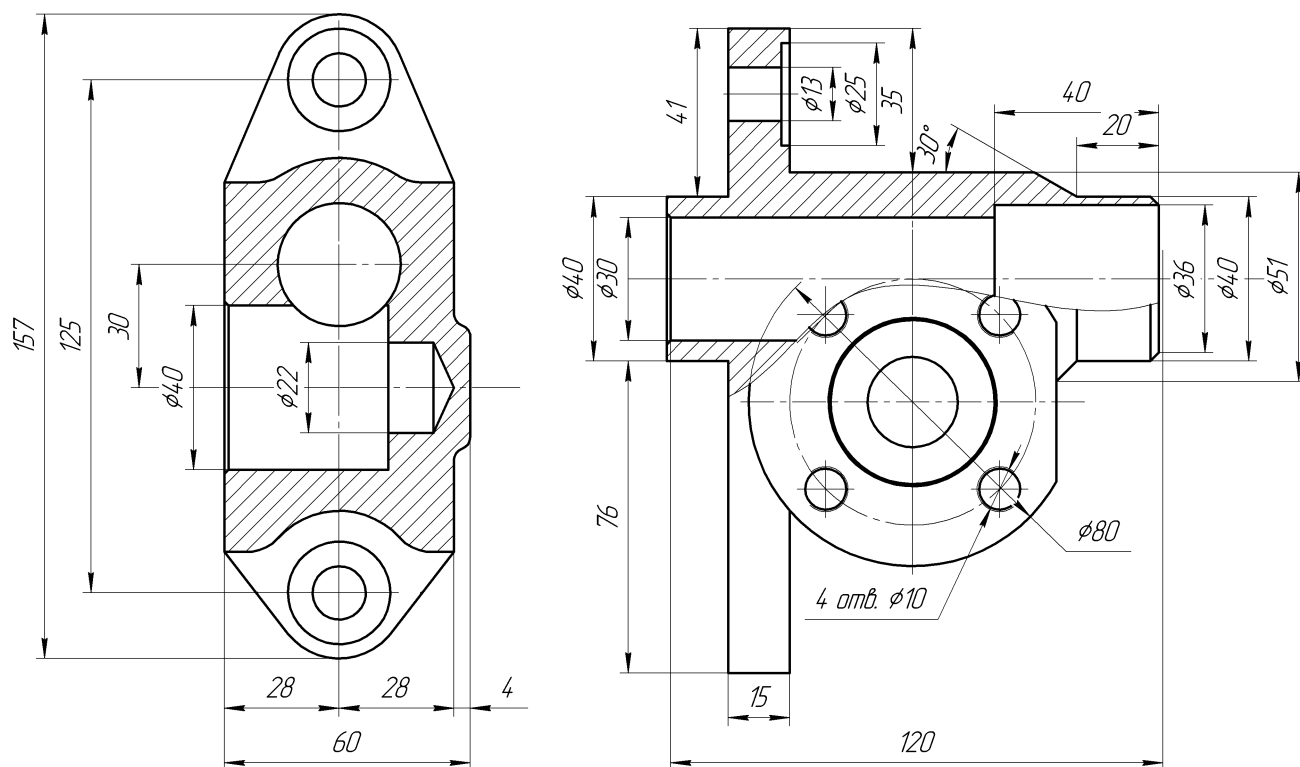


Рисунок 1 - Эскиз детали «Корпус»

Таблица 4 - Химический состав стали 35Л [1]

Содержание элементов, %				
С	Mn	Si	S	P
0,32 – 0,40	0,45 – 0,90	0,20 – 0,52	Не более	
			0,04	0,04

Таблица 5 - Механические свойства стали 35Л [1]

Свойства	Показатель
Предел текучести $\sigma_T$	275 МПа
Временное сопротивление $\sigma_B$	491 МПа
Относительное удлинение $\delta$	$\geq 15\%$
Относительное сужение $\psi$	25%
Ударная вязкость КСU(a)	343 кДж/см <sup>2</sup>

Материал, предусмотренный конструктором для изготовления данных отливок 35Л по [1], материал заменитель 40Л по [1] или других марок, согласованных в установленном порядке. Сталь 35Л – конструкционная углеродистая сталь.

Таблица 6 - Физические и технологические свойства стали 35Л [1]

Свойства	Показания
Удельный вес $\gamma$	7,82 - 7,85 г/см <sup>2</sup>
Температура начала затвердевания	1497 - 1508 <sup>0</sup> С
Электросопротивление $\rho$	11,1 - 13,2 ом/см <sup>2</sup>
Магнитная проницаемость	3000 - 4000 гс/э
Коэрционная сила	1 - 2 эрстед
Жидкотекучесть при 1600 <sup>0</sup> С	550 мм
1550 <sup>0</sup> С	300 мм
1500 <sup>0</sup> С	40 мм
Линейная усадка (свободная) $\epsilon$	2,2 - 2,3%
Флокеночувствительность	малочувствительна
Свариваемость	свариваемая
Обрабатываемость	75%
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{ур}$	1,1
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{уп}$	1,1
Коррозионная стойкость	коррозирует

## 2.2. Выбор способа 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.

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

Регенерация песков - это обработка использованной смеси с целью возврата песков в производство, повторное применение которых не должно снижать качества смеси. Процесс регенерации состоит из предварительной подготовки отработанной смеси, заключающейся в ее дроблении или

разминании комьев, магнитной сепарации и просеивании, и основной операции - отделения от зерен песка инертных пленок шамотизированной глины или других крепителей и обеспыливания песка.

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результаты предварительного анализа заказа и технологичности детали. При этом, как правило, определяющим фактором является серийность производства, реже – технические требования, предъявляемые к изделию, что влияет на стоимость формы и модельной оснастки. При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют специальные способы литья, а также литье в сырые песчаные формы, изготавливаемые на формовочных машинах или автоматических линий.

Наиболее экономически выгодным является способ литья в сырые песчаные формы. Данный способ литья обеспечивает самый короткий цикл изготовления отливок. Принимая во внимание вышеизложенные данные, принимаю для своей отливки «Корпус» способ литья в песчаные разовые формы с формовкой, заливкой, охлаждением и выбивкой на конвейере. Для производства отливки применяю автоматическую формовочную линию «Мультиматик 40,5» с габаритами опок 500×400×150 мм.

Выбирается этот способ, так как при этом достигается высокий уровень технологии, а также механизация и автоматизация изготовления отливок в песчаных формах, что позволяет получать отливки необходимой точности при высокой производительности с соблюдением необходимых санитарно-гигиенических условий.

### 2.3. Формовочные, стержневые смеси и покрытия

Исходные формовочные материалы, добавки, смеси, бывшие в употреблении, подвергают сушке, грубому дроблению, тонкому измельчению, просеиванию, магнитной сепарации, перемешиванию, разрыхлению.

На исходные формовочные материалы существует стандарт предприятия СТО-07518941-78-2008, [3]. Настоящий стандарт устанавливает ограниченную номенклатуру исходных формовочных материалов, используемых для приготовления формовочных, стержневых и жидких самотвердеющих смесей, противопопригарных и разделительных покрытий, керамических оболочек. Стандарт содержит перечень марок или видов материалов с указанием их основных химико-физических свойств и технологических требований.

Исходными формовочными материалами для смесей являются основные материалы: песок кварцевый марки 2К<sub>1</sub>О<sub>2</sub>035 (2К - песок кварцевый 2 группы, так как глинистой составляющей 0,2%, О<sub>2</sub> - вторая группа по однородности, до 80%, диаметр 35 - средний диаметр 35 мм), вода техническая и глина огнеупорная КС1Т1 (К – каолиновая глина, С - среднеколлоидальная, коллоидальность не менее 30%, Т1 - низкое содержание примесей, FeO < 1%).

Вспомогательными - связующие УСК, ЛСТ. Связующие УСК – универсальный крепитель, ЛСТ вводят в формовочные и стержневые смеси для придания им прочности во влажном и сухом состоянии. УСК – универсальный стержневой крепитель. ЛСТ – наиболее распространённое органическое связующее в литейном производстве. Физико-химические показатели лигносульфонатов технических (ЛСТ) должны соответствовать нормам, указанным в таблице 7.

Таблица 7 - Физико-химические показатели ЛСТ по [3]

Наименование показателя	Норма
Массовая доля сухих веществ, % не менее	50,0
Плотность, кг/м <sup>3</sup> не менее	1230
Концентрация ионов водорода раствора ЛСТ, ед. рН, не менее	5,0
Вязкость условная, с не менее	150

Физико-химические показатели УСК должны соответствовать нормам, указанным в таблице 8.

Таблица 8 - Физико-химические показатели УСК по [3]

Наименование показателя	Норма
Внешний вид при температуре 25±5°С	Темная однородная маслянистая жидкость
Массовая доля воды, % не более	0,3
Плотность при температуре 20°С, кг/см <sup>3</sup>	840 - 900
Кислотное число, мг	23 - 50
Условная вязкость при температуре 50°С, с	2,5 - 3,5

Формы для изготовления отливки «Корпус» изготавливаются из единой формовочной смеси. Смеси готовят в смесителях периодического действия с вертикально-вращающимися катками АМК-2000Н (объем замеса – 2,0 м<sup>3</sup>, производительность – 63 м<sup>3</sup>/ч).

Порядок приготовления единой формовочной смеси: в бегуны загрузить песок кварцевый, оборотную смесь, огнеупорную глину



перемешивать 2 мин. Добавить необходимое количество воды и перемешивать 3–8 мин. Далее проверить физико-механические свойства смеси, при необходимости откорректировать дозировку составляющих. Перемешивать 1,5–3 мин до получения необходимой прочности в сыром состоянии. Влажность смеси в летний период допустимо увеличивать на 0,5%.

Состав смесей представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Состав формовочных и стержневых смесей [3]

Наименование смеси	Составляющие смеси, кг на замес					
	Песок	Глина	Оборотная смесь	Вода	УСК	ЛСТ
Формовочная	0 - 50	0 - 50	950 - 1000	0 - 100	-	-
Стержневая	1000	-	-	-	40 - 80	40 - 80
Стержневая	1000	-	-	-	60 - 80	60 - 80

Физико-механические свойства смесей представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Физико-механические свойства смесей [3]

Наименование смеси	Физико-механические свойства		
	Влажность, %	Газопроницаемость, ед. не менее	Прочность, МПа
Формовочная	4,5 - 6,0	130	0,060 - 0,085
Стержневая	2,4 - 4,0	70	0,005 - 0,020
Стержневая	2,4 - 4,0	70	0,003 - 0,008

Для изготовления отливки «Корпус» применяют разделительные покрытия, наносимые на модели 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.

Противопригарное покрытие наносится кистью на поверхность стержневого ящика и опрыскивается из пульверизатора на модельные плиты.

Требования на противопопригарные, разделительные покрытия:

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

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

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

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

Таблица 11 - Состав разделительного покрытия

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

Порядок приготовления: в краскомешалку (объем замеса – 0,50 м<sup>3</sup>) залить воду и ЛСТ, включить рабочий режим. Перемешать до полного растворения ЛСТ, после чего ввести глину. Перемешать 15–20 мин, затем небольшими порциями засыпать концентрат дистен-силлиманита и перемешивать до однородной суспензии 30 мин, соблюдая удельную плотность 1,9-2,3 г/см<sup>3</sup>. Краску периодически перемешивают в целях предотвращения оседания огнеупорного наполнителя.

Таблица 12 – Состав антипригарной краски

Наименование составляющих	Процент по массе, %
Концентрат дистен-силлиманита	89
ЛСТ	5
Глина огнеупорная	6
Вода техническая	До плотности 1,75 - 1,95 г/см <sup>3</sup>

Формовочные и стержневые смеси после приготовления поступают в бункера, расположенные над формовочными и стержневыми машинами при помощи системы ленточных конвейеров. Для просеивания отработанной формовочной смеси, разрушения комьев, отделения от общей массы смеси кусков стержней, скрапа и других случайных предметов, попадающих в нее при выбивке форм, применяются сита барабанные.

В проекте использовано барабанное полигональное сито модели 178 М, отличающееся простотой конструкции, эффективностью просеивания, отсутствием динамических нагрузок.

#### 2.4. Модельно литейная оснастка

Для изготовления песчаных форм применяют различные модели, воспроизводящие геометрию отливки, а также модели прибылей,

литниковой системы, выпоров и т.д. Формовка осуществляется в специальных литых или сварных рамках, называемых опоками.

Стержни изготавливают в стержневых ящиках. Все это вместе называют модельно-стержневой оснасткой, т.е. средствами технологического оснащения, дополняющими литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливок. Опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевого сплавов.

Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования [4].

Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект в который входят: модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы, модельные плиты, шаблоны для изготовления форм и стержней.

По типу материала подразделяют на деревянные, металлические, неметаллические. Основным материалом для серийного производства является алюминий, чугун и сталь. Металлические модели и стержневые ящики в серийном производстве для отливок с высоким классом точности, низкой шероховатостью поверхностей, при большом количестве съёмов с одной модели.

В модельный комплект входит:

- монтаж моделей верха, материал АК7ч, ГОСТ 1583-93, [2];
- монтаж моделей низа, материал АК7ч, [2] ;
- стержневой ящик №1 материал АК7ч, [2];
- плита модельная сталь 35Л, [1].

## 2.5. Определение размеров опок. Выбор конструкции и материалов

Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. В зависимости от массы жидкого металла и толщины стенки отливки, выбирают соответствующую толщину песчаной формы от нижней, верхней и боковых стенок отливки, а также расстояния от прибыли, обеспечивающие соответствующую прочность формы.

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.

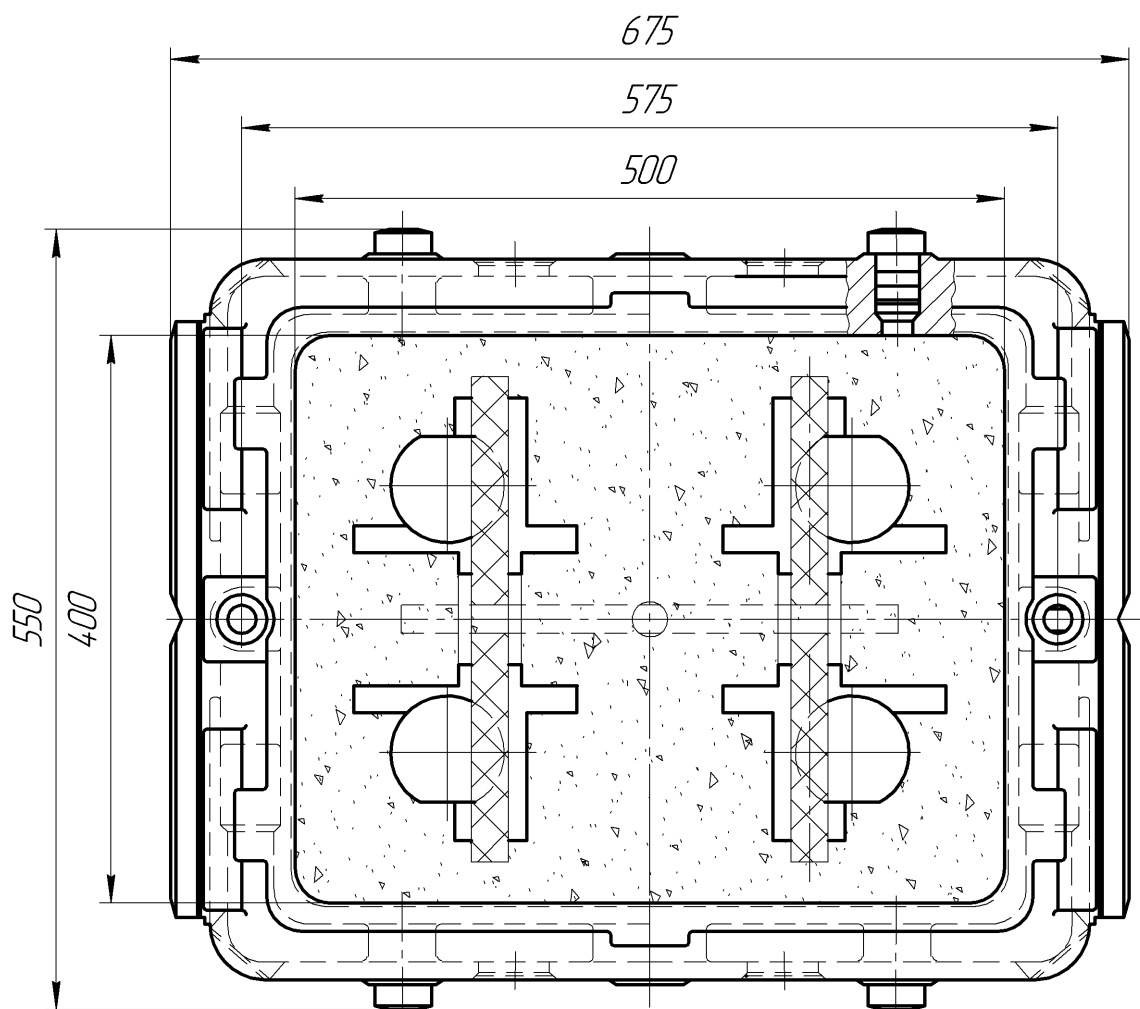


Рисунок 2 - Полуформа низа

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. Это определяется высотой отливки, выбором места разъема модели, наличием или отсутствием прибыли, наличием заливочной воронки или чаши и т. д [4].

На автоматической формовочной линии «Мультиматик 40,5» используются опоки с габаритами в свету  $500 \times 400 \times 150 \times 150$  мм.

## 2.6. Расчет коэффициентов

### 2.6.1. Расчет груза

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

$$P_{\text{ме}} = V \cdot \rho = F_{\text{осн}} \cdot h \cdot \rho \quad (5)$$

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

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

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

В нашем случае отливка - «Корпус» с основанием в виде  $120 \times 157$  мм из стали,  $\rho = 7,8 \text{ кг/дм}^3$ .

$$P_{\text{ме}} = 1,2 \cdot 1,57 \cdot 0,62 \cdot 7,8 = 9,11 \text{ кг}$$

Так как в форме находится 4 отливки, то  $P_{\text{ме}} = 36,44 \text{ кг}$ .

Полученное значение  $P_{\text{ме}}$  увеличиваем на 10-20% для предотвращения раскрытия формы от динамического воздействия расплава на форму и неравномерности распределения давления его по площади полуформы (необходимо учитывать гидравлический удар)

$$P_{\text{ме}} = 36,44 \cdot 1,15 = 41,09 \text{ кг}$$

Для предотвращения прорыва металла по разьему формы необходим груз массой не менее 42 кг.

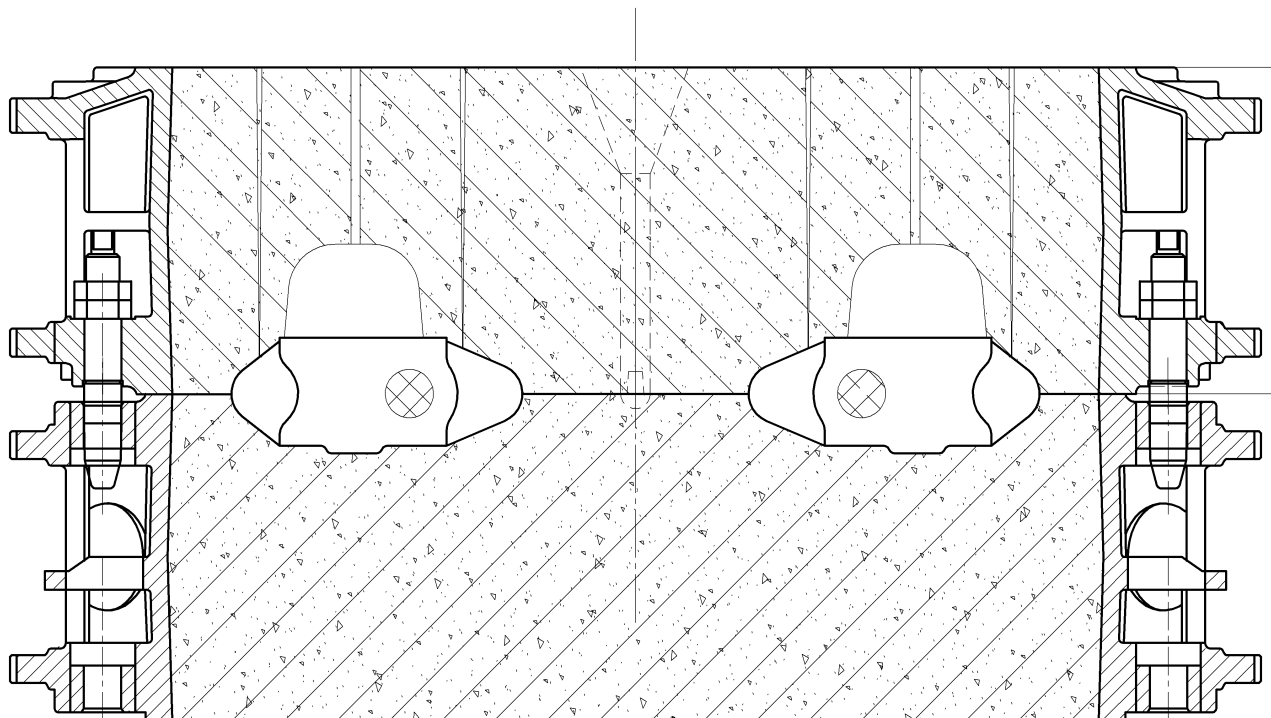


Рисунок 3 - Форма в разрезе

## 2.6.2. Расчет припусков на механическую обработку

Припуски на механическую обработку даются на всех обрабатываемых поверхностях отливки. Величина припуска зависит от положения поверхности при отливке, способа формовки и чистоты обработки поверхности, а также от величины отливки и самой обрабатываемой поверхности. Расчет припусков на механическую обработку и расчет веса литой заготовки. Припуски на механическую обработку назначаются согласно ГОСТ Р 53464-2009, [5]. Класс точности отливки 10-0-0-10 по [5].

Вес припусков на механическую обработку рассчитываем по формуле:

$$m = V \cdot \rho, \quad (6)$$

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

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

Вес припусков на механическую обработку составляет 1,5 кг. Чистый вес (вес детали) – 1,4 кг. Итого ориентировочно вес литой заготовки – 3,0 кг. Точный вес устанавливается на производстве после комиссионного взвешивания трех деталей с составлением акта взвешивания.

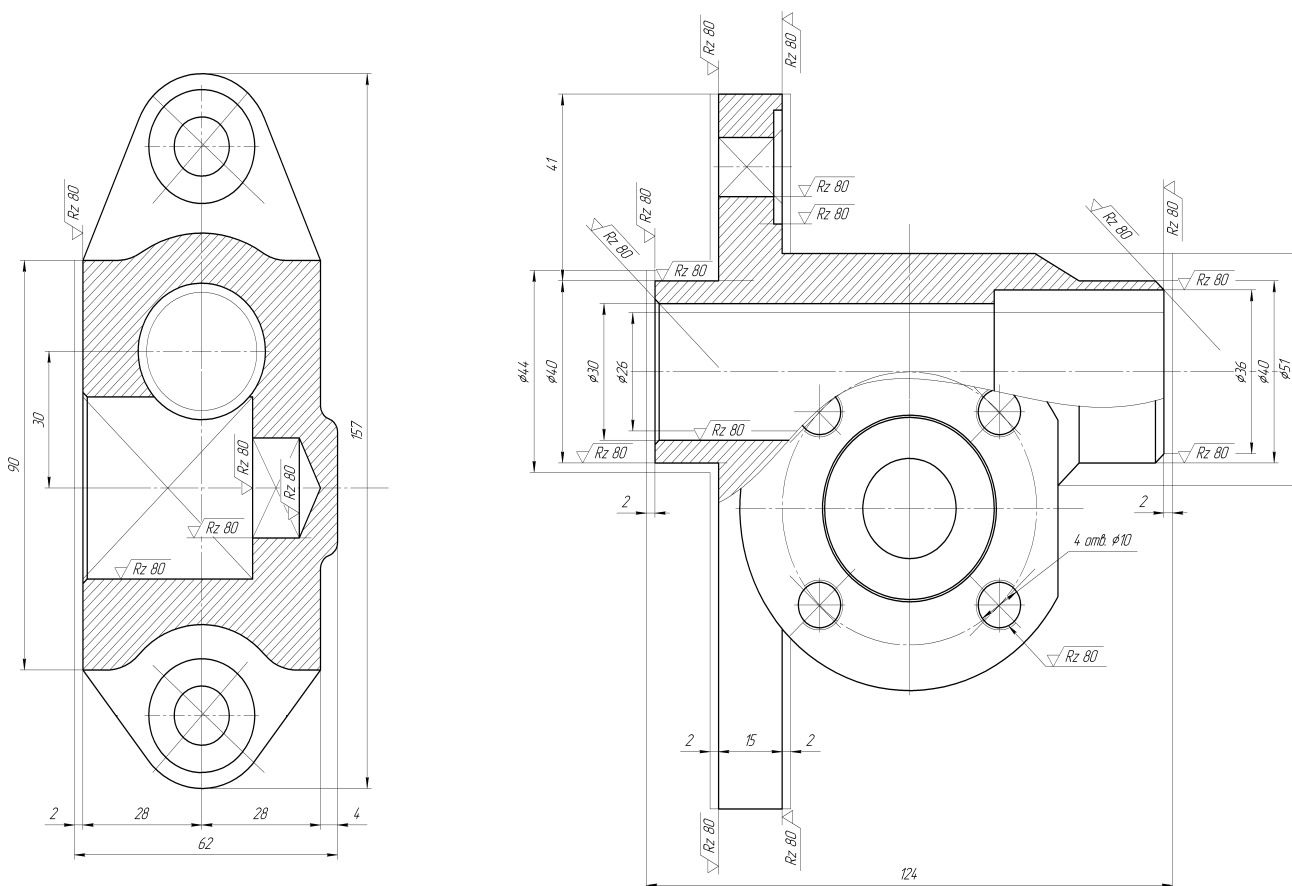


Рисунок 4 - Припуска под механическую обработку

### 2.6.3. Расчет прибылей

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

Кроме того, прибыль служит также выпором и резервуаром, в который могут всплывать продукты разложения литейной формы, шлаковые включения и продукты реакции, происходящие в жидком металле.

Прибыль располагают так, чтобы металл, сохраняющийся в прибыли в жидком состоянии, мог непосредственно поступать в затвердевающие части отливки для компенсации уменьшения их объема, вызванного усадкой сплава. Установка прибылей является наиболее эффективным способом предупреждения образования усадочных раковин и пор в отливках.

Прибыли могут использоваться практически для всех сплавов, они особенно эффективны для сплавов, обладающих большой объемной усадкой: стали, высокопрочные чугуны, латуни, бронзы и др.

Для расчета прибыли применим метод И. Пржибыла. Этот метод применим для многих литейных сплавов, но более надежные результаты он дает в случае образования концентрированных усадочных раковин характерных для стальных отливок.

Для расчета прибыли используем формулу:

$$V_n = \frac{V_{п.у.} \cdot \varepsilon_v}{\beta - \varepsilon_v}, \quad (7)$$

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

$V_{п.у.}$  – объем питаемого узла отливки ( $V_{п.у.} = 514 \text{ см}^3$ );

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

$$V_{п.у.} = \pi \cdot D_{п.у.}^2 / 4 \cdot h, \quad (8)$$

$$V_{п.у.} = 3,14 \cdot 10,5^2 : 4 \cdot 6,2 = 519 \text{ см}^3.$$

Величину объемной усадки рассчитаем по формуле:

$$\varepsilon_v = 0,025 + 0,0001 \cdot \Delta T, \quad (9)$$

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

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

$$V_i = \frac{519 \cdot 0,03}{0,1 - 0,03} = 222,4 \text{ см}^3.$$

Рассчитаем высоту прибыли по формуле:

$$H = \frac{4 \cdot Vn}{\pi \cdot Dn^2},$$

$$H = \frac{4 \cdot 888,0}{3,14 \cdot 15,0^2} = 5,03 \text{ см} \approx 50 \text{ мм.}$$

$$M_{\text{ПР}} = V \cdot \rho,$$

$$m_{\text{ПР}} = 222,4 \cdot 7,8 = 1734 \text{ гр.} = 1,74 \text{ кг.}$$

Для дальнейших расчетов массу прибыли примем 1,75 кг.

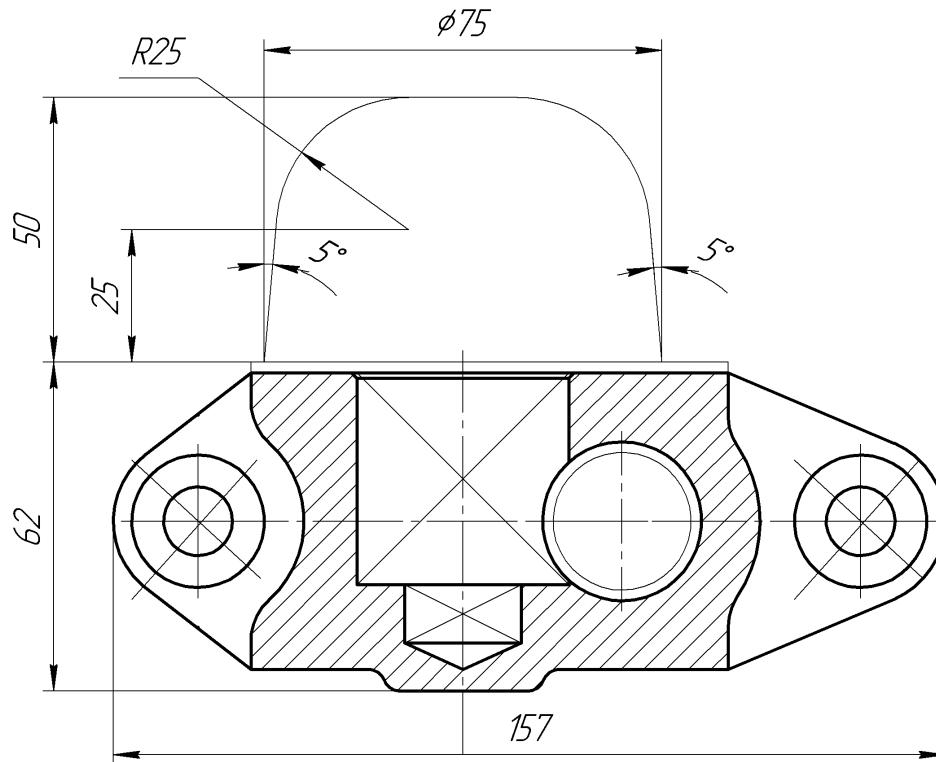


Рисунок 5 – Прибыль №1

#### 2.6.4. Коэффициент выхода годного

$$\text{КВГ} = Q_{\text{отл}} \cdot 100\% / (Q_{\text{отл}} + Q_{\text{приб}} + Q_{\text{л.с.}} + Q_{\text{пот}}), \quad (11)$$

где  $Q_{\text{отл}}$  – масса отливки, 3,0 кг;

$Q_{\text{приб}}$  – масса прибылей, 1,75 кг;

$Q_{\text{л.с.}}$  – масса литниковой системы, 0,25 кг;

$Q_{\text{пот}}$  – масса потерь, принимаем 2% от массы отливки 0,06 кг.

$$\text{КВГ} = 3,0 \cdot 100\% / (3,0 + 1,75 + 0,21 + 0,06) = 59,2\%.$$

Коэффициент использования металла – масса припуска:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{отл.}}}, \quad (12)$$

$$\text{КИМ} = \frac{1,4}{3,0} = 0,46.$$



Коэффициент использования жидкого металла:

$$\text{КИМЖ} = \frac{m_{дет}}{m}, \quad (13)$$

где  $m_{дет}$  – масса детали, кг;

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

$$\text{КИМЖ} = \frac{1,4}{5,0} = 0,28.$$

Коэффициент использования объема опок по формуле:

$$\text{КИО} = \frac{V_{дет}}{V_{оп}}, \quad (14)$$

где  $V_{дет}$  – объем деталей, м<sup>3</sup>;

$V_{оп}$  – объем опок, м<sup>3</sup>.

$$V_{дет} = (0,12 \cdot 0,157 \cdot 0,062) \cdot 4 = 0,00467 \text{ м}^3;$$

$$V_{оп} = (0,3 \cdot 0,4 \cdot 0,5) = 0,06 \text{ м}^3;$$

$$\text{КИО} = \frac{0,00467}{0,06} = 0,077.$$

Коэффициент использования полезной площади опок

$$\text{КИП} = \frac{S_{дет}}{S_{оп}}, \quad (15)$$

где  $S_{дет}$  – площадь деталей, м<sup>2</sup>;

$S_{оп}$  – площадь опок, м<sup>2</sup>.

$$\text{КИП} = \frac{0,0066}{0,8} = 0,0083.$$

## 2.7. Литейная форма и стержни

### 2.7.1. Технология изготовления полуформ

Формовкой называется процесс изготовления литейных форм и стержней с помощью модельно - опочной оснастки из формовочных и стержневых смесей. Этот процесс включает в себя следующие операции:

- подготовку оснастки и формовочной смеси;
- доставку смеси к рабочему месту;
- заполнение рабочей полости смесью;
- уплотнение смеси для придания ей технологических свойств;

- организация вентиляции формы для облегчения выхода из ее полости газов, образующихся при заливке;
- извлечение модели из формы;
- отделка формы;
- установка жеребеек, стержней, холодильников;
- сборка и скрепление формы;
- загрузку формы перед заливкой.

#### Изготовление форм

Изготовление форм производится на автоматической формовочной линии «Мультиматик 40,5», на двух – и однопозиционных формовочных автоматах для изготовления нижней и верхней полуформ. Порядок изготовления форм:

- проверить исправность модельной оснастки;
- проверить плотность прилегания модельных наборов к носителям путем простукивания. При ощущении вибрации вызвать модельщика;
- проверить правильность установки модельного набора;
- проверить давление сжатого воздуха  $P = 6 - 7 \text{ кг/см}^2$ . При давлении менее  $5,5 \text{ кг/см}^2$  включить компрессор;
- установить шифр бригады или условный номер плавки на модель;
- нанести разделительную смазку для металлических моделей;
- натереть алюминиевой пудрой или тальком модели из дерева;
- передать опоку низа и верха на протяжную рамку;
- опустить столы формовочных автоматов в исходное положение;
- проверить визуально наличие штырей и втулок в опоках. При их отсутствии пропускать;
- проверить параллельность носителя модельной плиты и протяжной рамки путем замера размера от носителя модельных плит до лада опоки в четырех углах. Разность размеров должна быть не более 0,5 мм. При превышении данного допуска отрегулировать положение протяжной рамки;
- проверить зазор между протяжной рамкой и направляющими опок верха и низа. Зазор должен быть не менее 3 мм. При отсутствии зазора или при зазоре менее 3 мм вызвать слесаря и отрегулировать положение рамки.
- установить опоку верха и низа на модельные плиты;
- повернуть рукоятку смазочного устройства не менее 20 раз;
- наполнить опоки формовочной смесью;
- уплотнить смесь встряхиванием. Время встряхивания 3-6 секунд.
- переместить прессбалку формовочной машины и уплотнить смесь прессованием. Время прессования 3-8 секунд.

- проверить уровень смеси в опоке после прессования. Уровень должен быть не выше 3 мм выше от уровня контрлада опоки низа и не ниже его, в опоке верха не выше уровня контрлада и не ниже буртика опоки. При нарушении вышеуказанных условий полуформу забраковать и произвести корректировку дозировки смеси на следующей форме;

- поднять опоки верха и низа;
- передать опоку низа на конвейер тележечный;
- проверить годность форм при каждом подъеме визуально;
- проверить плотность набивки полуформы верха и низа;
- проверить совпадение стояка и литниковой воронки в начале смены и при установке нового набора;

- проверить конфигурацию литниковой воронки на прессующей плите, при необходимости заменить.

- очистить стык между воронкой и стояком вручную;
- проверить годность полуформы верха путем осмотра верха модели после протяжки. В случае обнаружения остатков формовочной смеси на моделях – полуформу забраковать путем поломки литниковой чаши.

- установить холодильники в полуформу;
- набить условный номер плавки;
- установить стержни в полуформу низа;
- установить жеребейки;
- проверить правильность установки стержней шаблонами или визуально;

- обдуть полуформу низа;
- передать полуформу низа к спаривающему устройству;
- передать полуформу верха к спаривающему устройству и спарить полуформу низа с полуформой;

- проверить центровку опок в спаривающем устройстве. Штырь направляющий верхней опоки не должен ударяться об опоку низа при спаривании. При нарушении данного условия вызвать слесаря и отрегулировать центровку опок.

- передать собранные формы к приспособлению для установки и съема грузов;

- нагрузить собранные формы грузом;
- проверить правильность установки грузов визуально;
- передать спаренные и собранные формы на участок заливки;
- проверить зазор между верхней и нижней полуформой на всем фронте заливки. Формы с зазором более 1 мм браковать.

## 2.8. Сборка и заливка формы

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. Полуформы, поступающие на сборку, тщательно осматривают. К сборке не допускают полуформы, имеющие повреждения или дефекты.

Перед сборкой полость полуформы продувают сжатым воздухом, чтобы удалить из нее частицы смеси и инородные тела. 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.

Положение каждого стержня относительно формы и других стержней проверяют контрольными шаблонами. На автоматической формовочной линии «Мультиматик 40,5» сборка форм производится механизмами линии - сборщиками – устройствами для установки верхней полуформы на нижнюю.

Соединение полуформ производится по направляющим штырям.

На участке стального литья для заливки форм применяем 6-ти тонные чайниковые ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются диносовый кирпич ЭБ–2. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм. Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 часа.

## 2.9. Расчет литниковой системы

Для обеспечения нормального заполнения формы металлом при заливке необходимо произвести расчет литниковой системы (питатель, шлакоуловитель, стояк). Подвод металла в отливку будет произведен по разьему полуформфы.

### 2.9.1. Расчет оптимального времени заливки

Для расчета площади поперечных сечений элементов литниковой системы необходимо рассчитать оптимальное время заполнения формы, [5].

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (18)$$

где  $S$  - коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы, для стальных отливок принимается 1,3 [5];

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

$G$  – общая масса отливки, литников и прибылей, кг.

$$G_{\text{ж}} = n \cdot (G_{\text{отл}} + G_{\text{приб}}) + G_{\text{лс.}}, \quad (19)$$

$$G_{\text{ж}} = 4 \cdot (3,0 + 1,75 + 0,25) = 20,0 \text{ кг} = 20000 \text{ г};$$

$$\tau_{\text{отл}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{19 \cdot 20} = 9,5 \text{ с.}$$

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

$$v = \frac{H}{\tau}, \quad (20)$$

где  $H$  – высота отливки, мм;

$\tau$  - время заполнения, с.

$$\tau_{\text{отл}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{19 \cdot 20} = 9,5 \text{ с};$$

$$v = 62 / 9,5 = 9,5 \text{ мм/с.}$$

### 2.9.2. Расчет площади поперечного сечения питателя

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

$$Fn = \frac{G_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot \mu \cdot \tau_{\text{отл}} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (21)$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  - плотность жидкого сплава, г/см<sup>3</sup>;

$\mu$  - коэффициент расхода литниковой системы;

$H_{\text{ср}}$  – действующий напор, см;

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

### 2.9.3. Расчет металлостатического напора

При заливке по разьему  $H_{cp}$  – действующий напор, рассчитывается по формуле, [5]:

$$H_{cp} = H_{cm} - \frac{h\epsilon^2}{2h_o} = H_{cm} - \frac{h_\epsilon}{8}, \quad (22)$$

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

$h_\epsilon$  – высота части отливки от питателя до ее самой высокой точки, см;

$h_o$  – общая высота отливки, см.

$$H_{cp} = 35 - \frac{6,2}{8} = 34,225 \text{ см.}$$

$$\sum F_n = \frac{20000}{7,8 \cdot 0,32 \cdot 9,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 34,225}} = 3,26 \text{ см}^2.$$

Так как в форме 4 отливки, на отливку 2 питателя, то  $F_{пит} = 0,4 \text{ см}^2$ .

### 2.9.4. Определение площадей элементов литейной системы

Определение площадей остальных элементов литниковой системы осуществляется по эмпирическим соотношениям, зависящим от сплава и положения узкого места системы [5]. На основании практического опыта принимаем следующее соотношение:  $F_{пит} : F_{шл} : F_{ст} = 1,0 : 1,2 : 1,4$ .

Отсюда получаем:  $\sum F_{шл} = 3,9 \text{ см}^2$ ;  $F_{шл} = 1,95 \text{ см}^2$ .

$F_{ст} = 4,6 \text{ см}^2$ , отсюда диаметр стояка 24 мм;

$$D_{ст н} = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{4,6}{3,14}} = 2,4 \text{ см};$$

$D_{ст в} = D_{ст н} + 0,4 = 2,4 + 0,4 = 2,8 \text{ см};$

$D_{в} = (2,5 - 3) \cdot 2,8 = 8,4 \text{ см.}$

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

$$F_{пит} = 0,4 \text{ см}^2 = \frac{(a + \epsilon) \cdot h}{2} = \frac{(a + 0,8a) \cdot 1,3a}{2} = 1,17 a^2$$

$$a = \sqrt{0,4/1,17} = 0,58 \text{ см} = 5,8 \text{ мм.}$$

$$b = 0,8a = 0,48 \text{ см} = 4,8 \text{ мм.}$$

$$h = 1,3a = 0,75 \text{ см} = 7,5 \text{ мм.}$$

Аналогично рассчитываем размеры шлакоуловителя:

$$a = 1,3 \text{ см} = 13 \text{ мм.}$$

$$b = 0,8a = 1,0 \text{ см} = 10 \text{ мм.}$$

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

## 2.10. Выбивка, обрубка, очистка

Вывивка отливок осуществляется на автоматической формовочной линии путем выдавливания кома смеси. Порядок выбивки:

- переместить залитые опоки к механизму выбивки;
- переместить опоку в область выдавливающего пуансона;
- выдавить ком смеси с отливкой из опоки;
- вернуть опоки на тележку конвейера;
- поднять ком;
- переместить ком в тележку транспорта для охлаждения комов;
- транспортировать тележку с комами в охлаждающий конвейер – выполняется в автоматическом режиме;
- охладить отливки в коме смеси. Время охлаждения не менее 33 мин;
- охлажденный ком вытолкнуть на склиз и вибрационную решетку;
- очистить куст отливок от формовочной смеси;
- передать куст отливок к месту сортировки.

Обрубку осуществляют пневматическими рубильниками и молотками. Также для обрубки отливок применяют галтовочные барабаны. В них не только отливка очищается от смеси, но и обламываются элементы литниково-питающей системы. Остатки элементов литниковой системы срезают абразивными кругами, а также зачищают различные дефекты (заливы).

## 2.11. Термообработка

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

термообработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка [6].

Сталь 35Л подвергается нормализации, [1]. Отливки нагревают до температуры 880-860<sup>0</sup> С выдерживают 1,5-2 часа и охлаждают на воздухе. При нормализации происходят структурные изменения в отливке. Вследствии полной фазовой перекристаллизации формы и размеров зерна, увеличение дисперсности фаз и структурных составляющих и получение более однородной мелкозернистой структуры [6].

Нормализация проводится по режиму:

- нагрев до температуры 880–860<sup>0</sup>С;
- выдержка 1,5–2 ч;
- охлаждение на воздухе [1].

## 2.12. Контроль качества

Кроме промежуточного контроля, производимого на различных стадиях технологического процесса, отливки проходят окончательный контроль для определения соответствия их требованиям технологических условий.

Отливка «Корпус» относится к отливкам третьей группы, [1], поэтому она проходит контроль:

- по внешнему виду (размеры, дефекты);
- химическому составу;
- механическим свойствам (предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость).

При внешнем осмотре проверяют на соответствие размеров отливок размерам чертежа (с помощью скоб, кондукторов, шаблонов и других приспособлений), а также визуальный контроль на наличие на отливке литейных дефектов.

Для данной отливки допускаются раковины до 1/5 толщины стенки на необрабатываемых поверхностях.

При производстве отливок «Корпус» проводят следующие виды контроля:

- контроль химического состава; при этом отлитые образцы проверяют в цеховой лаборатории методом спектрального анализа, так как этот способ определения более быстрый, но при необходимости проводят химический анализ. Проверяется каждая партия отливок.



- контроль механических свойств; испытания ведут по специально отлитым образцам (пробам). При контроле данной отливки определяют предел прочности при растяжении и относительное удлинение.

- контроль размерной точности - отливки проверяют на соответствие их чертежу. Контроль выполняют на разметочной плите линейкой, штангенциркулем, циркулем, рейсмусом, шаблонами и другими измерительными инструментами.

- контроль микроструктуры - микроструктуру отливок проверяют по специальным образцам (пробам). На которых изготавливают шлифы.

- контроль качества поверхности отливок, проверяют на соответствие технологическим условиям.

### 2.13. Виды брака и методы предотвращения

Отливки, прошедшие промежуточный контроль на различных этапах технологического процесса, подвергают окончательному контролю для определения их соответствия требованиям стандартов.

Проверка идет по химическому составу, структуре сплава, геометрии отливок, соответствие физико-механическим свойствам и установлению отсутствия поверхностных и внутренних дефектов. В зависимости от назначения и ответственности отливок применяют либо сплошной, либо выборочный контроль.

Соответствие по геометрии устанавливают путем разметки отливок на специальных столах с помощью мерительного инструмента. Выявление идет таких дефектов, как коробление, перекося, подутлость и разностенность.

Механические свойства определяют испытаниями отдельно изготовленных или прилитых образцов на специальных стендах или машинах.

Внутренние дефекты устанавливают неразрушающими методами:

- радиографическая дефектоскопия (глубоко залегающие шлаковые, газовые, усадочные и песчаные раковины, рыхлоты и трещины);

- ультразвуковой контроль (поверхностно залегающие шлаковые, газовые, усадочные и песчаные раковины, рыхлоты и трещины);

- цветовая, люминесцентная и магнитная дефектоскопии – обнаружение дефектов расположенных на поверхности отливки.

Дефекты отливок исправляют, если это технически возможно и экономически выгодно. Различают бракованные отливки: незначительные

(снижается сортамент отливки), окончательный брак (отливка идет на возврат) и исправимый.

После исправления дефектов отливки вновь подвергаются контролю.

Несоответствие размеров отливки чертежу. Возникает в основном из-за плохой сборки формы (плохо досаженный стержень). Этот вид брака чаще всего возникает по невнимательности рабочих-сборщиков форм.

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

Усадочные раковины. Возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, нетехнологичной конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, заливки чрезмерно перегретым металлом.

Газовые раковины. Возникают в основном из-за плохой вентиляции формы (низкая газопроницаемость, отсутствие наколов-газоотводов). Газовые раковины имеют гладкую поверхность и представляют собой округлые поверхности (шарики).

Горячие трещины возникают в отливках при высокой температуре заливаемого металла, повышенной усадке отливки, неправильной конструкции литниковой системы и прибылей, при плохой податливости стержня и формы, неправильной конструкции отливок, неравномерном охлаждении, вызывающем внутренние напряжения в отливке, а также при отклонениях химического состава металла от заданного. Горячие трещины имеют темную окисленную поверхность, тогда как холодные трещины, образующиеся при более низких температурах металла, имеют светлую металлическую неокисленную поверхность.

### 3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

#### 3.1. Плавильное отделение

##### 3.1.1. Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока

Работами отечественных специалистов доказана целесообразность применения ДППТ любой (в том числе и малой) вместимости. Отработаны технологии, показана экономическая и техническая эффективность их применения для плавки сплавов на основе алюминия, меди, различных марок стали, чугуна, включая синтетический.

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

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

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

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

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

- высокая мобильность печи, возможность включения-отключения в любой момент времени, получение расплава на холодной печи через 10-30 мин после включения;

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

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

Основные предпосылки внедрения этих печей:

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

При выборе оборудования для реконструкции литейного производства следует обратить внимание на другие особенности ДППТ по сравнению с известными печами. Использование постоянного тока позволяет размещать источники электропитания вдали от печей, в том числе за пределами цеха.

Отсутствие водоохлаждаемых элементов и нагревателей под металлом и массивная футеровка подины увеличивают надежность и взрывобезопасность печей, особенно по сравнению с индукционными. ДППТ не боятся отключений электропитания в любой период плавки, могут работать с полным и частичным сливом расплава, допускают длительные простои между плавками. Отсутствие ограничений по уровню удельной вводимой мощности позволяет проектировать высокопроизводительные печи.

Для футеровки ДППТ можно использовать широкую гамму огнеупорных материалов, не предъявляя к ним повышенных требований. Переплав в ДППТ не требует специальной подготовки шихтовых материалов, а их предварительный нагрев позволяет дополнительно снизить расход электроэнергии. Подину печи изготавливают из нескольких слоев: первый, соприкасающийся с жидким металлом, - набивной из огнеупорного порошка, который может быть выполнен из кварцевого песка (кислый процесс) или магнезитового порошка (основной процесс), второй слой

выполняют из dinasового или шамотного кирпича, а последующие слои - из шамотного кирпича, диатомита и асбеста. Стены печи многослойны.

Футеровку для выплавки стали 35Л применяем кислую. Перед плавкой электродуговую печь футеруют. Свод выкладывают по шаблону dinasовым кирпичом, а затем футеруют смесью, состоящей из огнеупорной массы: 52% кварцевого песка, 26% огнеупорной глины, 22% воды. Под и откосы печи футеруют dinasовым кирпичом. При этом оставляют зазор между кожухом печи и футеровкой 50-60 мм, который засыпают порошком dinasового кирпича. Кладку печи производят в сухую перевязку.

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

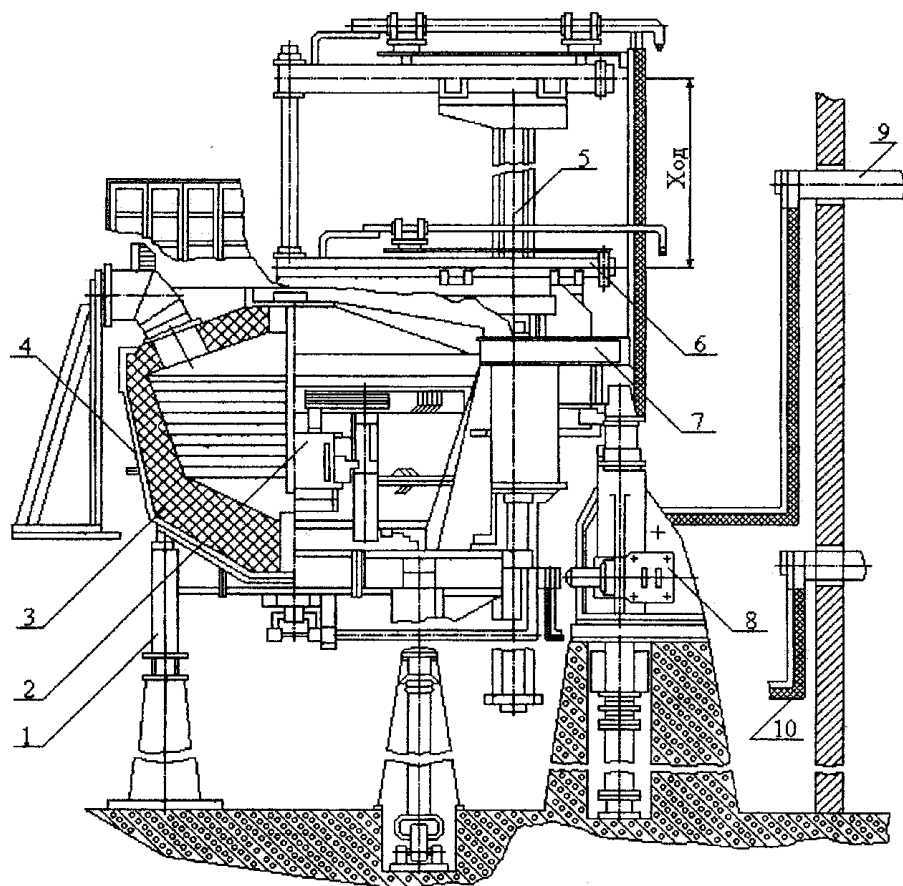


Рисунок 6 - Печь ДПТ в разрезе

1 - механизм наклона; 2 - рабочее окно; 3 - футеровка ванны и свода; 4 - кожух ванны; 5 - стойка; 6 - электрододержатель; 7 - траверса; 8 - механизм подъема и поворота свода; 9 - токопровод; 10 - кабельная гирлянда.

### 3.1.2. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи

Процесс плавки разделён на три периода, которые проводят при постоянной мощности дуги.

Период 1 - подготовительный, его проводят на высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав. Длинная дуга обеспечивает стабильный электрический режим, интенсивный нагрев печных газов, плавный нагрев всего объёма шихты. Локальный перегрев металла не возникает, так как капли металла, нагреваясь, преодолевают силы поверхностного натяжения и немедленно стекают вниз.

В периоде 1 отгоняются органические загрязнения шихты, пары которых выходят из отверстия в своде и догорают до завершённых оксидов. Во всех периодах плавки колебания активной мощности по сравнению со средним значением не превышают  $\pm 10\%$ . Колебания давления в печи за счет стабилизации электрического режима подавлены, и подсос воздуха в печь не наблюдается. В течение периода 1 в шихте образуется расширяющаяся вверх воронка, которая в периоде 2 исключает обрушивание шихты на сводовый электрод и замораживание металла на подине.

Период 2 - энергетический. Обеспечивается стабильный электрический режим при колебании мощности не более  $\pm 5\%$ . Этот режим способствует быстрому расплавлению шихты и не приводит к заметному локальному перегреву металла. Ток дуги удваивают, а напряжение в 2 раза снижают. В начале периода 2 анодное пятно дуги располагается на расплаве. Основная мощность дуги излучением и конвекцией печных газов передаётся на шихту, которая продолжает плавиться, и около 20% мощности дуги передаётся через анодное пятно в расплав.

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

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

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

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

Период 3 - технологический. Третий режим по сравнению с первым проводится при короткой дуге с напряжением, сниженным в четыре раза, и силе тока, в четыре раза увеличенной. При этом происходит доплавление шихты, нагрев расплава, рафинирование и перемешивание расплава и шлака. В процессе рафинирования нагрев металла ведётся на полной мощности при коротких включениях дуги.

Доля энергии, передаваемой в этот период непосредственно от дуги к расплаву, превышает 80% подведенной. Интенсивная теплопередача от дуги к расплаву реализуется под воздействием поля электромагнитных сил в расплаве. Этому способствует специальная схема размещения подовых электродов и токоподводов к ним.

Соответствующие режимы регулирования силы тока дуги обеспечивают устойчивое управляемое перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения расплава из-под дуги вглубь ванны. Это предотвращает локальный перегрев, так как нагреваемый под дугой металл быстро замещается набегающим «холодным» расплавом. Перемешивание также препятствует возникновению локальных вихрей над подовыми электродами, предотвращая их разрушение. Скорость теплопередачи от дуги к расплаву увеличивается пропорционально росту силы тока. Это позволяет поддерживать указанный механизм плавления в широком интервале подводимой удельной мощности (от 0,3 до 8,0 кВт/кг шихты) в печах малой, средней и большой (до 100 т) вместимости, обеспечивая их высокую производительность.

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

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

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

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

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

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

#### Футеровка дуговых печей постоянного тока

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

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

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

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

#### Конструктивные особенности дуговых печей постоянного тока

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

ДППТ состоит из частей и механизмов, однотипных с ДСП и одинаковой ёмкости ванны. Она имеет стальной футерованный кожух, свод, который может быть водоохлаждаемым, стены ванны (могут быть из



водоохлаждаемых панелей), механизм наклона печи для слива металла и удаления шлака, механизм перемещения графитированного электрода, механизм подъёма и поворота свода или выката ванны для завалки печи шихтой, рабочее окно с дверцей в кожухе.

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

Таблица 13 - Характеристики ДППТ

Типы печей	Номинальная вместимость, т	Мощность источника питания, МВА	Ориентировочное время расплавления под током, мин.		Угар шихтовых материалов, %	Угар графитированных электродов, кг/т	Диаметр графитированных электродов, мм
			Сталь, чугун	Сплавы на основе Al, Cu			
ДППТ-6	6,0	4,73/4,3	40-45/55-60	25-30/35-40	0,2-1,5	До 1,5	300
ДППТ-12	12,0	10,79	40-45	25-30	0,2-1,5	До 1,5	400, 450
ДППТ-25	25,0	2×10,79/10,79	45-50/85-90	-	0,2-1,5	До 1,5	450, 500

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

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

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

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

Это обеспечило, в частности, возможность выплавки в ДППТ высококачественных стальных расплавов.

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

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

### 3.1.3. Расчет количества печей

На основании таблицы 13 по характеристикам выбираем печь ДППТ-6.

$$n = \frac{Q \cdot a}{F_0 \cdot q}, \quad (23)$$

где  $Q$  - плановая потребность в жидком металле, т;

$a$  - плановый коэффициент неравномерности потребления металла для расчета принимаем 1,25;

$q_n$  - производительность плавильного агрегата т/ч.

$$q = \frac{Q \cdot a}{F_0 \cdot n}, \quad (24)$$

где  $n$  – количество одновременно работающих агрегатов.

$$q = \frac{21024,792 \cdot 1,25}{5722,8 \cdot 2,5} = 1,84.$$

Для выполнения производственной программы на 14000 тонн годного литья принимаем 3 печи. Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{1,83}{3} \cdot 100\% = 61,3\%.$$

### 3.1.4. Расчет количества ковшей

На участке стального литья для заливки форм применяем 500 кг поворотные ковши. Разливка стали из печи производится в 6,0 т раздаточные ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются динасовый кирпич ЭБ–2. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм. Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 ч.

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

$$n_k = T_p + T_b + T_\phi + T_c / T_p + n_3, \quad (25)$$

где  $T_p$  - время работы ковша, ч;

$T_b$  - время остывания и выбивки ковша, ч;

$T_\phi$  - время на футеровку и ремонт ковша, ч;

$T_c$  - время сушки ковша, ч;

$n_3$  - количество запасных ковшей, шт.

Количество ковшей необходимое для обеспечения работы цеха:

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

Для обеспечения работы участка необходимо 3 ковша емкостью 6 т на одну печь, так как печи в цехе 3 – то необходимо 9 ковшей в смену, в сутки 27 ковшей.

Таблица 14 - Расчет шихты

Марка стали				Сталь марки 35Л	
Плавильное оборудование				ДППТ-6	
Объем производства (тонн)				14 000	
№	Статья баланса, наименование материала	ГОСТ, ТУ	Марка материала	Норма	
				%	кг
I Баланс металла (в % к металлозавалке)					
1	Выход годного металла			59,48	594,8
2	ВСП			29,75	297,5
	в т ч брак литья			8,52	85,2
3	Угар и безвозвратные потери			2,25	22,5
	ИТОГО:			100,0	1000
II Шихтовые материалы					
1	Чугун передельный	805-95	ПЛ1-2; П1-2	33,0	330
2	Лом стальной углеродистый	2787-75	2А;2Б;3А; 3Б;4А; 4Б; 7А;7Б;13А	31,5	315
3	Стружка дробленая углерод		6А;15А, 15Б-8	4,6	46
4	Возвраты собств. произ-ва			18,7	187
5	Ферросплавы:				
	Ферромарганец углеродистый	4755-91 3547-97	ФМн70	0,9	9,0
	Ферросилиций	1415-93	ФС45	0,8	8,0
	Ферросиликомарганец	4756 3548-97	МнС12; МнС17	1,4	14,0
	ИТОГО металлозавалки			100,0	1000,0
III Раскислители и модификаторы					
1	Алюминий вторичный	295-98	АВ91		1,25

Основной особенностью производства стали для фасонных отливок в отличие от ее выплавки для слитков является необходимость получения

стали не только заданного состава, но и заданных литейных свойств.

Наибольшее количество стали для фасонных отливок выплавляют, в электродуговых печах. В литейных цехах применяют чаще кислый процесс электроплавки.

При кислом процессе отмечается большая стойкость футеровки, более низкая ее стоимость, меньший удельный расход электроэнергии и продолжительность плавки, хорошая раскисленность стали, [6].

В качестве шихтовых материалов для плавки используют чугун предельный, стальной лом, ферросплавы для раскисления и доведения химического состава стали до заданного состава, отходы собственного производства (литники, прибыли, стружка после механической обработки отливок).

Все шихтовые материалы должны содержать минимальное количество серы фосфора, так как при кислом процессе выплавки стали, нет периодов десульфурации и дефосфорации, и это является основным недостатком кислого процесса. Расчет шихты ведется для электродуговой выплавки стали марки 35Л на 100 кг металлозавалки. Химический состав стали 35Л приведен в таблице 15.

Таблица 15 - Химический состав стали 20ГЛ

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
0,32 – 0,40	0,20 – 0,52	0,45 – 0,90	до 0,04	до 0,04

Химический состав шихтовых материалов и раскислителей приведен в таблице 14. Расчет среднего химического состава шихты.

Содержание элементов в каждой из составляющих шихты определяется произведением содержания в шихте этой составляющей на содержание в ней элемента. Рассчитаем количество элементов, вносимых отдельными составляющими шихты.

Отходы собственного производства вносят, %:

$$C = 0,30 \cdot 0,35 = 0,105;$$

$$Mn = 0,30 \cdot 0,6 = 0,18;$$

$$Si = 0,30 \cdot 0,25 = 0,075;$$

$$S = 0,30 \cdot 0,04 = 0,012;$$

$$P = 0,30 \cdot 0,045 = 0,0135;$$

$$Fe = 29,615$$

Материальный баланс плавки составляется с целью проверки правильности расчета шихты. Невязка в расчетах не должна превышать 0,5-0,6%.

Материальный баланс плавки приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Материальный баланс плавки

Израсходовано	кг	Получено	кг		
Отходов собственного производства	30	Металла	98,261		
		Шлака	6,748		
Стального лома	60	Газа	0,250		
Стружки	7	Улетучилось железа	1,382		
Чугуна	3				
Ферромарганца	1,03	Невязка	0,451		
Ферросилиция	0,62				
Алюминия	0,10				
Электродов	0,60				
Извести	0,30				
Песка	2,40				
Железной руды	1,042				
Динаса	1,00				
Итого:	107,092				107,092

### 3.2. Смесеприготовительное отделение

В цехе мелкого стального литья смесеприготовительное отделение для всех формовочных и стержневых смесей, что позволяет удобно маневрировать мощностями смесеприготовительных агрегатов и получать различные смеси в различных количествах.

#### 3.2.1. Подготовка исходных формовочных материалов

Предварительная обработка свежих формовочных материалов, добавок и формовочной смеси, бывшей в употреблении, включает операции сушки песка и глины, грубого дробления и тонкого измельчения глин и каменного угля, просеивания песков и наполнительной смеси, магнитной сепарации наполнительной смеси, перемешивания материалов, разрыхления приготовленных смесей и др.

Сушка формовочного песка осуществляется в 2-х барабанных сушилах модели БН2-12НУ-03, производительностью 10 т/ч, температура сушки 180-200<sup>0</sup>С. Охлаждение песка естественное, которое происходит в накопительном бункере. Сухой охлажденный песок после просеивания на

инерционной решетке, с помощью системы ленточных конвейеров подается в бункера над смесителями.

Сырая огнеупорная глина подвергается размолу в двухвалковой дробилке и сушке в 2-х барабанных сушила модели БН2-12НУ-03, производительностью 5 т/ч. Помол сухой глины осуществляется в двух шаровых мельницах, которые представляют собой металлический барабан, футерованный стальными плитками с зазорами между ними.

Глина загружается в барабан через воронку и измельчается стальными шарами, находящимися внутри барабана. При вращении барабана шары размалывают глину. Размолотый материал проваливается через зазоры между плитками и просеивается через сито.

Готовый материал высыпают из барабана. После помола пылевидная фракция глины оседает в батарейном циклоне ЦН-15 и с помощью камерного насоса и системы пневмотранспорта подается в осадительные бункера над бегунами для приготовления облицовочных, стержневых и наполнительных смесей.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяются пески Кичигинского месторождения марки  $2K_1O_2035$  по[8], песок кварцевый 1 класса, категории А и Б. В зависимости от вида смесей пески используют как влажные, так и сухие. Влажные (сырые) пески с содержанием влаги не более 7% используют для приготовления наполнительных и облицовочных смесей. Сухие пески с содержанием влаги не более 0,5% используют для приготовления стержневых смесей и жидкостекольной облицовочной смеси.

В качестве формовочной глины используется глина огнеупорная Нижнеуvelьского месторождения марки НУ-1, НУ-2. Глина используется молотая сухая с влажностью не более 2,5%. Формовочная смесь, бывшая в употреблении (выбитая из опок), перед повторным использованием должна быть предварительно переработана. В механизированном производстве отработанная смесь подается из-под выбивной решетки ленточным транспортером в смесеприготовительное отделение.

Регенерация (восстановление) заключается в извлечении песка из отработанных смесей и приведении его свойств в соответствие с установленными техническими требованиями на формовочные пески. В зависимости от условий работы цеха восстановление отработанной смеси может производиться различными способами: мокрым, электронным и специальным для смесей, приготовленных на жидком стекле [7].

В цехе используют в основном магнитную сепарацию и просеивание песков. Магнитная сепарация предназначена для удаления из смеси металлических включений (брызг металлов, каркасов стержней). Работа

магнитного сепаратора заключается в следующем: в ведущем шкиве ленточного конвейера, подающим отработанную смесь от выбивной решетки, находится многополюсный электромагнит.

Металлические частицы, притягиваясь к магниту, прижимаются к ленте конвейера и падают только тогда, когда лента сходит со шкива. Немагнитный материал отработанная смесь ссыпается с ленты отдельным потоком раньше металлических частиц. Металлические частицы собираются в емкости, а отработанная смесь передается ленточным конвейером на последующую переработку. После магнитной сепарации отработанная смесь просеивается через сита. В цехе применяют барабанные полигональные сита. Сито – это устройство для разделения по фракциям измельченного сыпучего материала, проходящего через отверстия жесткой плоскости.

По конструкции сита разделяют на плоские, барабанные и вибрационные. Плоские механические сита могут быть горизонтальные и наклонные. Барабанные сита - цилиндрические, конические, пирамидальные, причем все они могут быть как горизонтальные так и наклонные [6].

Смесеприготовительный участок предназначен для изготовления стержневых, облицовочных и наполнительных смесей. Участок оснащен смесителями непрерывного действия модели 115М и АМК2000-Н. Каждый смеситель имеет весовые и объемные дозаторы для дозировки формовочного песка, горелой смеси, глины, воды и крепителей [9].

На исходные формовочные материалы существует стандарт предприятия [2]. Настоящий стандарт устанавливает ограниченную номенклатуру исходных формовочных материалов, используемых для приготовления формовочных, стержневых и жидких самотвердеющих смесей, противопопригарных и разделительных покрытий, керамических оболочек. Стандарт содержит перечень марок или видов материалов с указанием их основных химико-физических свойств и технологических требований.

### 3.2.2. Противопопригарные, разделительные покрытия

Требования на противопопригарные, разделительные покрытия:

- исходные материалы, применяемые для приготовления противопопригарных красок, разделительных смазок, клеевых составов, должны соответствовать требованиям [2];

- для приготовления красок использовать чистые ёмкости, перемешивание остатков краски с вновь приготовленной недопустимо;
- плотность каждой приготовленной партии краски контролировать [2];
- противопопригарные краски должны иметь хорошую кроющую способность, обеспечивать высокую прочность сцепления с поверхностью формы или стержня;
- краску наносить на поверхность формы или стержня пульверизатором или мягкой кистью;
- стенки перед сушкой красить водными красками.

Порядок приготовления: в краскомешалку залить воду и ЛСТ, включить рабочий режим. Перемешать до полного растворения ЛСТ, после чего ввести глину. Перемешать 15-20 мин, затем небольшими порциями засыпать хромомагнетит и перемешивать до получения однородной суспензии 30 мин. Соблюдая удельную плотность 1,60-1,80 г/см<sup>3</sup> при нанесении с помощью пульверизатора и 1,9-2,3 г/см<sup>3</sup> при покрытии кистью. Краску периодически перемешивают в целях предотвращения оседания огнеупорного наполнителя.

Водная противопопригарная краска на основе дистенсилиманита. Состав противопопригарной краски на основе дистенсилиманита должен соответствовать [3]. Порядок приготовления: в специальную емкость загрузить воду, ЛСТ и перемешивать до однородного раствора, плотностью 1,10-1,15 г/см<sup>3</sup>. Пену, образующуюся при перемешивании, периодически удалять.

### 3.2.3. Расчет оборудования смесеприготовительного отделения

В качестве установки для приготовления формовочной смеси выбираем смеситель каткового типа модели АМК-2000Н [9]. Данная установка наиболее хорошо вписывается в данный тип производства, так как имеет высокую производительность, соответствующую производительности цеха.

Таблица 17 - Расчет формовочных и стержневых смесей

Единая	Стержневая	Расчет смеси
4,86 т / 2,86 м <sup>3</sup>	0,9435т / 0,555 м <sup>3</sup>	На тонну годного
68042,3 / 46024,9 м <sup>3</sup>	13209,45 т / 7770,7 м <sup>3</sup>	На производственную программу 14000 т



Важным фактором при выборе установки данной модели было то, что она малогабаритна, а соответственно занимает небольшие производственные площади, кроме того она удобна и экономична в эксплуатации. Преимуществом данной установки является и то, что она надежна в работе и компактна по сравнению со смесителями других типов.

Основные технические данные смесителя модели 115М представлены в таблице 18, а АМК2000-Н - таблице 19.

Таблица 18 - Техническая характеристика смесителя модели 115М

Параметры	Показатели
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	5,0 - 6,5
Габаритные размеры, мм	5315×5000×6560
Объем замеса, м <sup>3</sup>	2,0
Частота вращения вала, об/мин	29
Количество катков, шт	2

Таблица 19 - Техническая характеристика смесителя модели АМК2000-Н

Параметры	Показатели
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1,0 – 1,5
Диаметр чаши, мм	2540
Объем замеса, м <sup>3</sup>	2,0
Частота вращения вала, об/мин	32,8

Рассчитываем производительность бегунов [7]. Количество бегунов находим по формуле:

$$n = \frac{N \cdot K_{\Pi}}{F_{\text{д}} \cdot q} \quad (29)$$

где N – расход смеси на производственную программу, м<sup>3</sup>;

K<sub>Π</sub> – коэффициент, учитывающий потери на программу;

F<sub>д</sub> – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q – производительность смесеприготовительного агрегата, м<sup>3</sup>/ч.

Производительность смесителей для формовочной и стержневой смесей соответственно равны:

$$Q_{\text{фор}} = 5 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad Q_{\text{ст}} = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Годовая производительность бегунов:

$$n = \frac{46024,9 \cdot 1,1}{5632,5 \cdot 5,0} = 1,8 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,8}{3} \cdot 100\% = 60\% .$$

$$n = \frac{7770,7 \cdot 1,1}{5632,5 \cdot 1,0} = 1,52 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,52}{2} \cdot 100\% = 76\% .$$

Для выполнения производственной программы цеха мелкого стального литья с годовой программа 14000 тонн годного принимаем 3 перемешивающих бегуна для формовочной смеси и 2 для стержневой смеси.

### 3.3. Стержневое отделение

На площади стержневого отделения происходит изготовление, сушка, зачистка и сборка стержней, а также производство каркасов и склад готовых стержней. Стержни устанавливаются в форму при ее сборке в определенной последовательности. Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается их знаками, но в некоторых случаях используют специальные металлические подставки – жеробейки. Основное назначение знаков – обеспечить надежность и точность фиксирования стержня в форме.

Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают 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. 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 определяются контуры стержней,

необходимых для выполнения всех полостей отливки и элементов наружной ее поверхности, требующих для своего оформления применение стержней.

Таблица 20 - Производственная программа изготовления стержней

Наименование отливки	Размеры стержня, мм	Вес стержня, кг	Кол-во гнезд в ящике, шт	Кол-во стержней на программу, шт	Вес на программу, т	Кол-во съёмов на программу, шт
Корпус	Ø52×308	1,1	3	43200	52,272	21600
Башмак	84×69×173	1,2	4	43200	57,024	10800
	380×110×82	6,2	2	43200	294,624	21600
Державка	Ø372×55	6,5	2	43200	308,88	21600
Замкодержатель	56×40×55	2,1	4	43200	99,792	10800
Корпус	70×46×57	1,4	4	43200	66,528	10800
	70×46×57	1,3	4	43200	61,776	10800
Упор	240×95×250	7,9	2	32400	281,556	16200
	440×260×100	12,7	1	32400	452,628	32400
	440×260×100	12,7	1	32400	452,628	32400
Скользун	360×185×80	6,2	2	32400	220,968	16200
Распорка	120×100×60	5,5	3	32400	196,02	10800
Триангель	250×152×86	6,3	4	32400	224,532	8100
Люлька	240×190×60	4,6	2	32400	163,944	16200
	410×220×120	10,3	1	32400	367,092	32400
	320×220×70	8	1	32400	285,12	32400
Фитинг	200×150×96	8,1	4	21600	192,456	5400
Замок	230×170×35	11,4	2	21600	270,864	10800
Клин	220×210×45	12,2	2	21600	289,872	10800
	210×140×120	6,8	2	21600	161,568	10800
Упор	Ø210×407	16,8	1	21600	399,168	21600
	90×130×178	12,2	2	21600	289,872	10800
Венец	780×800×140	38,4	1	21600	912,384	21600
Крышка	210×140×105	5,5	2	10800	65,34	5400
Корпус	342×220×28	5,6	3	10800	66,528	3600
	350×190×60	6,9	3	10800	81,972	3600
Ролик	Ø410×50	18,3	3	10800	217,404	3600
	R80×110	12,4	2	10800	147,312	5400
Звездочка	280×260×210	22,6	1	10800	268,488	10800
	280×260×210	22,6	1	10800	268,488	10800
	390×60×40	16,4	2	10800	194,832	5400
	120×100×60	11,4	3	10800	135,432	3600
Стойка	212×168×80	9,4	2	10800	111,672	5400
	212×168×80	9,4	2	10800	111,672	5400
ИТОГО:					7770,708	459900

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.

Подача смесей к рабочим местам и стержневым машинам производится с помощью ленточных конвейеров. Сушка стержней осуществляется в конвейерных сушилах при температуре 180-250<sup>0</sup>С, 1-2 часа. На формовку готовые стержни транспортируются конвейерами, по монорельсовому пути электроталями, управляемыми из кабин, и частично на электротележках.

Для изготовления стержней применяю следующие стержневые машины: модели 23225А1, модели 32-100. Для изготовления стержней из смесей ПГС отливки «Корпус» применяют стержневую машину 32-100. Для остальных отливок по производственной программе применяют так же стержневую машину модели 23225А1. Стержневая машина модели 32-100 наиболее хорошо вписывается в данный тип производства, так как имеет высокую производительность, соответствующую производительности цеха.

Немаловажным фактором при выборе установки данной модели было и то, что она малогабаритна, а соответственно занимает небольшие производственные площади, кроме того она проста и удобна в эксплуатации.

В цехе мелкого стального литья для сушки стержней применяют горизонтальное четырёхходовое камерное сушило производительностью 2,3 тонны в час.

### 3.3.1. Расчет стержневых машин

Количество стержневых машин определяем по формуле:

Найдём необходимое количество стержневых машин

$$n_{cm} = \frac{N_{cm}}{(\Phi_o - t) \cdot q}, \quad (30)$$

где  $N_{cm}$  – количество съёмов, шт;

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

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

$q$  – производительность машины, шт/ч.

$$n_{cm} = \frac{459900}{(5752,9 - 102,9) \cdot 20} = 4,1 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{4,11}{6} \cdot 100\% = 68,5\% .$$

Рассчитаем необходимое количество камерных сушил для сушки стержней после покраски водной краской для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (31)$$

где  $Q$  – вес стержней на годовую программу, т;

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

$q$  – производительность камерного сушила, т/ч.

$$N = \frac{7770,7}{5752,9 \cdot 2,0} = 0,67 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{0,67}{1} \cdot 100\% = 67\% .$$

Принимаем для выполнения производственной программы 3 шт модели 32-100 и 3 шт модели 23225A1, 1 шт камерное сушило.

### 3.4. Формовочно-заливочное отделение

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

Этот процесс включает в себя следующие операции:

- подготовку оснастки и формовочной смеси;
- доставку смеси к рабочему месту;
- заполнение рабочей полости смесью;
- уплотнение смеси для придания ей необходимых технологических свойств;
- организация вентиляции формы для облегчения выхода из ее полости газов, - образующихся при заливке;
- извлечение модели из формы;
- отделка формы;
- установка жеребеек, стержней, холодильников;
- сборка и скрепление формы;
- загрузку формы перед заливкой.

В формовочном отделении установлены автоматические формовочные линии «Мультиматик 40.5», включающие в себя:

- формовочные автоматы для изготовления полуформ;
- распаровщик с толкателем;
- спариватель с центрирующим устройством;
- устройство для съёма и установки грузов;
- устройство выдавливания;
- виброрешётки;
- заливочная машина.

При формовке в опоках отливки получаются более точными, так как опоки центрируются с помощью штырей. Основное назначение этой формовки состоит в том, чтобы при заданной конструкции отливки и серийности ее изготовления обеспечить необходимое качество при минимальных затратах. В цехе мелкого стального литья все технологические операции (формовка, сборка, заливка, выбивка) выполняются одновременно. Литейная форма переходит с одной операции на другую с помощью различных транспортных устройств: конвейеров, кантователей.

Для изготовления форм применяют автоматическую формовочную линию «Мультиматик-40,5» с формовкой, заливкой, охлаждением и выбивкой на конвейере. Данная формовочная линия хорошо вписывается в данный тип производства, так как имеет высокую производительность.

Изготовление отливок осуществляется методом литья в разовые песчаные формы. На автоматической формовочной линии «Мультиматик 40.5» используются опоки с габаритами в свету 500×400×150×150 мм.

#### 3.4.1. Организация потока в формовочном отделении

Производительность труда, качество отливок во многом зависят от организации производства в литейном цехе. При параллельном режиме работы цеха основные технологические процессы выполняют одновременно в течение смены, но на различных площадях, при этом по мере изготовления формы их передают на сборку, затем на заливку и в конце на выбивку. Всё это осуществляется с помощью транспортного оборудования: конвейеров или рольгангов.

Вдоль транспортных средств расположены формовочные машины, участки сборки, заливки и соответственно рабочие места формовщиков, заливщиков и т.д. Таким образом, создается непрерывный поток литейных форм, организуется поточное производство отливок. При параллельном режиме работы в литейных цехах массового и серийного производства

работу отделений объединяют в единый производственный поток, осуществляемый на литейном конвейере.

### 3.4.2. Порядок изготовления форм

Процесс изготовления полуформ:

- процесс формовки выполняется в формовочных секциях по изготовлению верхних и нижних опок на соответствующих формовочных автоматах;

- установка пустых опок верха и низа на ходовые рольганги формовочных секций осуществляется разъединительным и подъемным устройством соответственно. Продвижение опок по рольгангам производится потактно толкателями (после достижения формовочным автоматом исходного положения);

- установка моделей на формовочный автомат производится с помощью передвижного транспортного устройства, в котором находятся два носителя модельных плит. В процессе формовки один носитель постоянно находится вне формовочного автомата.

После установки модельных плит носитель передается на формовочный автомат (с помощью гидропривода). Для приведения формовочного автомата в исходное положение стол формовочной машины поднимается, выводит носитель модельных плит из зацепления с транспортным устройством, закрепляя его с собой при помощи автоматических замков;

- после продвижения опоки носитель модельной плиты поднимается из исходного положения (в соответствующем формовочном автомате) к поверхности разъема опоки, поднимает опоку в положение «встряхивание»;

- при достижении опокой положения «встряхивания» происходит заполнение ее формовочной смесью. Прессовая плита отводится, вводится наполнительная рамка, имеющая регулируемый по высоте скребок для удаления излишков смеси;

- заполненная смесью опока встряхивается формовочным автоматом в течение времени, установленного режимом формовки;

- после завершения встряхивания вводится прессовая плита, наполнительная рамка выводится, сбрасывая при этом излишки формовочной смеси, опока поднимается в положение «прессование»;

- при достижении опокой положения «прессования» включается прессование под высоким давлением. Давление прессования формовочного

автомата регулируется бесступенчато в диапазоне от 0,8 до 1,4 МПа. После достижения установленного значения давления происходит выдержка под давлением в течении времени, установленного реле времени.

- после окончания прессования происходит проверка степени запрессованности опоки. По результатам этой проверки производится корректировка уровня формовочной смеси в дозаторе формовочной машины;

- запрессованная опока, при нормальном уплотнении, отделяется от модели путем опускания носителя модельных плит до исходного положения;

- после окончания процесса формовки (достижения формовочным автоматом исходного положения) происходит проталкивание опок по ходовым рольгангам; установленные ножи срезают излишки формовочной смеси;

- на опоке верха, с которой удалены излишки смеси производится фрезерование литниковой воронки;

- подготовленные опоки поступают в кантователи. Опока верха поворачивается для производства визуального контроля качества отпечатка, затем возвращается в положение транспортировки (ладом вниз);

- опока низа проходит через устройство очистки втулок, в котором очищаются от остатков смеси и на них наносится пылевидный графит (для снижения износа втулок и предотвращения налипания металла);

- опоки устанавливаются на площадку литейного конвейера. В спаривателе опока низа центрируется в продольном и поперечном направлении относительно оси конвейера. Контроль точности спаривания осуществляется электронным устройством;

- опоки низа транспортируются литейным конвейером по участку простановки стержней, где производится, при необходимости, установка стержней в форму.

Для облегчения съема моделей, не нарушая при этом качества отпечатка, температура модельного комплекта должна быть в пределах 35-45°С. В формовочном отделении выполняются следующие операции:

- формовка;

- сборка форм;

- заливка форм жидким металлом;

- охлаждение форм после заливки до выбивки из них отливок;

- выбивка отливок из форм.

Наиболее ответственные этапы изготовления отливок – получение форм, стержней и сборка формы. В серийном и массовом производстве главным образом применяют машинную формовку. Машинная формовка осуществляется, как правило, в двух опоках верхних и нижних полуформ. Во



всех случаях формовка на машинах производится по моделям, смонтированных на металлических плитах, что повышает точность отливок, а механизация основных трудоемких операций, уплотнения формы и извлечения модели полностью освобождает формовщиков от трудоемких ручных операций.

Таблица 21 - Техническая характеристика АФЛ «Мультوماتик 40,5»

Параметры	Показатели
Производительность в час, форм/ч	30
Размер опок в свету, мм	500×400×150×150
Максимальная металлоемкость формы, кг	150
Способ прессования	встряхивание

### 3.4.3. Расчет формовочных линий

Таблица 22 – Расчет количества форм на производственную программу

Наименование отливки	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС, кг	Кол-во отливок в форме, шт	Кол-во форм на программу, шт	Размер опоки в свету, мм
Корпус	1,4	3,01	5,06	4	11340	500×400×450
Башмак	3,3	4,9	9,2	2	22680	500×400×450
Державка	4,5	5,7	9,6	4	11340	500×400×450
Замкодержатель	5,5	6,8	10,1	3	15120	500×400×450
Корпус	9,6	10,8	16,6	4	11340	500×400×450
Упор	15,88	25,8	37,6	2	17010	500×400×450
Скользун	17	21,3	32,3	3	11340	500×400×450
Распорка	18,8	22,9	38,3	2	17010	500×400×450
Триангель	23,7	30,1	46,9	3	11340	500×400×450
Люлька	25,9	28,1	39,4	3	11340	500×400×450
Фитинг	28,8	32,9	51,5	2	11340	500×400×450
Замок	32,6	36,6	55,6	3	7560	500×400×450
Клин	45,5	45,8	68,2	3	7560	500×400×450
Упор	46,3	49,2	70,1	2	11340	500×400×450
Венец	49,6	53,8	78,8	2	11340	500×400×450
Крышка	55,3	55,4	79,1	2	5670	500×400×450
Корпус	59,1	63,5	92,3	2	5670	500×400×450
Ролик	60,3	78,6	113,2	1	11340	500×400×450
Звездочка	62,2	71,2	111,1	1	11340	500×400×450
Стойка	73,6	81,6	116,9	2	5670	500×400×450
					228690	

Изготовление литейных форм на машинах складывается из ряда операций:

- уплотнение формовочной смеси в опоке и извлечение модели из формы определяют качество будущей отливки: наличие в ней засоров, газовых раковин, трещин, правильность геометрии, чистоту поверхности;

- установка опоки на машину, обдувка модельной плиты и ее опрыскивание разделительным составом, засыпка формовочной смеси и транспортирование готовых форм выполняются вспомогательными и транспортными механизмами машины.

В условиях конвейерного производства выбивка опок производится на полуавтоматических и автоматических установках, оборудованных эксцентриковыми и инерционными решетками. Также производится очистка и исправление дефектов литья. Мелкие отливки очищают от формовочной смеси в галтовочном барабане.

При выбивке образуется большое количество отработанной смеси, часть которой просеивается и передается ленточным конвейером на смесеприготовительное отделение для дальнейшего использования.

Найдём необходимое количество формовочных линий

$$n_m = \frac{N}{(F_0 - t) \cdot q}, \quad (32)$$

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

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

$F_0$  – действительный фонд времени, ч/год;

$q$  – производительность машины, ф/ч.

$$n_m = \frac{228690}{(5692,7 - 102,7) \cdot 30} = 1,36 \text{ шт.}$$

Принимаю две формовочные линии «Мультиматик 40,5» для выполнения производственной программы. Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{1,36}{2} \cdot 100\% = 68\% .$$

### 3.5. Выбивное отделение

Для выбивки отливок применяют выбивную решетку модели 31242. Особенность ее конструкции является применение оригинального рабочего полотна и вибровозбудителя. Рабочее полотно выполнено цельносварным и связано с корпусом решетки через упругие связи, что повышает стойкость

сварных соединений в условиях виброударных нагрузок. Решетка снабжена тиристорным электроприводом типа ЭКТ-63/380У4, позволяющим плавно регулировать скорость вращения валов.

Перед выбивным устройством формовочный ящик центрируется. В выбивном устройстве (выталкивателе) производится перевод отливки формы с конвейера в область выталкивателя. Он выдавливает ком смеси вниз. Ком смеси поддерживается при этом плитой противодействия в то время как выбитая пара опок осаживается на конвейер.

Ком смеси, находящийся на плите противодействия, поднимается на вводный уровень охлаждающего транспортера. На следующем этапе одновременно с переводом формовочного ящика с конвейера, ком смеси со связанным с ним вводным устройством, позиционно подается в охлаждающий транспортер с тележками корытного типа. Одна тележка принимает три кома смеси.

Найдём необходимое количество выбивных решеток для выполнения производственной программы

$$N = \frac{N_{\phi}}{\Phi_{д} \cdot q}, \quad (33)$$

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

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

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

$$N = \frac{228690}{5783,1 \cdot 30} = 1,32 \text{ шт.}$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{1,32}{2} \cdot 100\% = 66\% .$$

Для выполнения производственной программы вполне достаточно двух выбивных решеток.

### 3.6. Отделение обрубки и очистки литья

Барaban для разделки литья модели БРЗ-1200М представляет собой проходной галтовочный барабан непрерывного действия предназначен для разламывания кустов стальных отливок, отделения литников и прибылей и предварительной очистки литья.

Максимальная производительность	6 т/час
Расчетная производительность	3 т/час
Максимальная масса отливки	100 кг

Максимальная температура литья подаваемого в барабан	50°С
Максимальные размеры куста отливок	1000×800×700
Время нахождения отливок внутри барабана	2-3 мин

Кусты отливок попадают во вращающийся барабан, установленный под углом 1-3° к горизонту, подхватываются порогами и поднимаются на некоторую высоту. При падении с порогов кусты отливок многократно ударяются о поверхность барабана, в результате чего кусты разламываются литники и прибыли отламываются от отливок, кроме того, из отливок выбиваются остатки стержней и формовочной смеси. Благодаря наклонной установке барабана литье медленно перемещается от загрузочной зоны к выходу из него. Время нахождения отливок в барабане составляет 2-3 мин.

Галтовочный барабан обеспечивает высокое качество поверхности отливок. Очистка отливок в галтовочном барабане происходит вследствие взаимных соударений и трения отливок о стенки барабана и специально отливаемые звездочки из белого чугуна, которые загружаются в барабан для повышения интенсификации процесса.

Одновременно с очисткой поверхности отливок в галтовочном барабане происходит выбивка стержней и отбивка литников. Принцип работы заключается в том, что барабан установлен под небольшим углом к горизонту, благодаря чему отливки вместе со звездочками при вращении барабана движутся вдоль его оси.

Угол наклона, а можно регулировать, изменяя время пребывания отливок в барабане. Подлежащие очистке отливки непрерывно загружаются в барабан пластинчатым конвейером по наклонному лотку, а очищенные отливки непрерывно выходят из барабана с другого его конца.

Звездочки вместе с очищенной от отливок смесью на выходном конце барабана проваливаются через отверстия во внутренней его стенке и попадают в кольцевое пространство между внутренней и наружной стенками барабана. Здесь имеются винтовые лопасти, транспортирующие звездочки при вращении барабана назад к его загрузочному концу.

Смесь по пути просеивается через мелкие отверстия в наружной стенке барабана и собирается в бункере. Звездочки, дойдя до загрузочного конца барабана, поднимаются лопатками и подаются на лоток, по которому вместе с загружаемыми отливками вновь попадают в рабочее пространство барабана.

Для очистки отливок применяют дробеметную камеру периодического действия модели М42815.

Термообработку отливки проходят в термообрубном цехе. Для этого отливки загружают в специальную тару и автотранспортом перевозят в термообрубной цех.

Таблица 23 - Техническая характеристика дробеметной камеры М42815

Параметры	Показатели
Производительность, т\ч	2,0
Количество отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	22000
Масса, кг	43000

Рассчитаем необходимое количество дробемётных камер для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (34)$$

где  $Q$  – вес отливок на годовую программу, т;  
 $\Phi_0$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;  
 $q$  – производительность дробемётной камеры, т/ч.

$$N = \frac{14000,462}{5783,1 \cdot 2,0} = 1,22 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{1,22}{2} \cdot 100\% = 61\% .$$

Для выполнения производственной программы вполне достаточно двух дробемётных камер. Рассчитаем необходимое количество галтовочных барабанов для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q}{\Phi_0 \cdot q}, \quad (35)$$

где  $Q$  – вес отливок с литниками на годовую программу, т;  
 $\Phi_0$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;  
 $q$  – производительность галтовочного барабана, т/ч.

$$N = \frac{21024,792}{5783,1 \cdot 5,0} = 0,72 \text{ шт.}$$

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

### 3.7. Сводная ведомость оборудования

Таблица 24 - Оборудование литейного цеха и его загрузка

Наименование отделения	Наименование оборудования	Марка оборудования	Производст- венная программа	Производи- тельность оборудования	Потребность в машинах, шт		КЗ, %
					Расч	Прин	
Плавильное	Дуговая печь	ДПТТ-6	21024,792	2,5 т/ч	1,83	3	61,3
Смесепригото- вительное	Смеситель	115М	84516,5 т/ 46024,9 м <sup>3</sup>	5 м <sup>3</sup> /ч	1,8	3	60
	Смеситель	АМК2000-Н	13209,45 т/ 7770,7 м <sup>3</sup>	1,5 м <sup>3</sup> /ч	1,2	2	60
Стержневое	Стержневая машина	23225А1	459900 шт	20 ст./ч	4,1	6	85
	Стержневая машина	32-100					
Формовочное	Формовочная линия	Мультوماتик 40,5	228690 форм	30 ф/ч	1,38	2	68
Термообрубное	Выбивная решетка	31242	228690 форм	30 ф/ч	1,32	2	66
	Дробеметная камера	42815	14000,462 т	2,0 т/ч	1,22	2	66
	Галтовочный барабан	БРЗ-1200М	21024,792 т	5 т/ч	0,72	1	72

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 4.1. Безопасность труда

С развитием новых технологий большое значение уделяется охране труда, тяжелые и вредные этапы труда автоматизируются и механизуются. На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых – обязанность администрации. На стадии проектирования необходимо учитывать все требования по устранению и ослаблению вредных воздействий на трудящихся, предупреждению несчастных случаев и содержанию мест работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии.

В настоящем проекте обеспечиваются основные требования охраны труда с учетом внедрения передовой технологии и улучшения технологического процесса.

#### 4.1.1. Характер труда

Основной путь коренного улучшения условий труда в литейном производстве – применение прогрессивных технологий, автоматизация и механизация всех технологических операций.

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. Объем производственных помещений на каждого работающего должен быть не менее 5×3 м, а площадь – не менее 3,2 м и определены «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий».

Высота пешеходных галерей, эстакад, переходов при регулярном проходе работающих 2 м, ширина – 1,5 м. Все площадки на высоте 0,5 м от пола, лестницы, переходные мостики, люки ограждаются перилами высотой не менее 1,2 м со сплошной облицовкой по низу на высоте 0,2 м. Лестницы должны иметь уклон не более 75°. На рабочих местах при легкой работе и

работе, не требующей постоянного передвижения, полы устраивают теплыми, [17].

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

Проектируемый цех включает в себя следующие отделения:

Сталеплавильное, формовочное, заливочное, выбивное отделение. Изготовление форм сопровождается шумом и выделением пыли. При заливке форм выделяется пыль, содержащая диоксид кремния, оксид углерода, нагревающий микроклимат и инфракрасное излучение. Выбивка сопровождается выделением пыли, вибрация и шум. Стержневое отделение. Все операции в этом отделении сопровождается выделением продуктов испарения связующих. Выделением пыли. Смесеприготовительное отделение. При изготовлении смесей в бегунах выделяется пыль и имеется шум.

#### 4.1.2. Условия труда

Воздух рабочей зоны ГОСТ 12.1.005–88\*, [16].

Санитарные требования зависят от характеристики производственных помещений, характера выполняемой работы, времени года. В реконструируемом цехе все помещения разбиваются на 2 типа:

- характеризуются незначительным выделением тепла (смесеприготовительное отделение, формовочное отделение, стержневое отделение, обрубной участок);

- характеризуются значительным выделением тепла (плавильное отделение, заливочный участок, участок остывания форм, у выбивных решеток, участок термообработки).

Величины микроклимата нормируются «Санитарными правилами и нормами» СанПиН 2.2.4.5.548-96, [17]. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам: температура воздуха должна составлять 17-19<sup>0</sup>С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с. В теплый период года температура не должна превышать наружную температуру более



чем на  $3^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 55-80%, скорость движения воздуха 0,5-1,0 м/с.

В помещениях первого типа в холодный период года на постоянных рабочих местах параметры микроклимата практически соответствуют вышеуказанным. В теплый период года температура воздуха составляет  $19-21^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с, [15].

В помещениях второго типа в холодный период года на постоянных рабочих местах температура воздуха составляет  $22,0^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха 15-75%, скорость движения воздуха 0,2-0,4 м/с. В теплый период года температура воздуха составляет  $27,0^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха не более 60%, скорость движения воздуха 0,2-0,5 м/с.

Интенсивность теплового потока в помещениях второго типа достигает высоких значений. Известно, что интенсивность менее  $0,7 \text{ кВт/м}^2$  не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше  $3,5 \text{ кВт/м}^2$  уже через 2 с вызывает жжение, [21]. В целях защиты от возможного перегрева принимаются меры по снижению воздействия горячей атмосферы на трудящихся.

Нормальные условия труда обеспечиваются применением технологических процессов, ведущих к снижению выделения вредных и токсичных веществ. Применяя современные автоматические линии, мы имеем возможность:

- предлагается охлаждать отливки под вытяжным кожухом, то есть локализовать все вредные вещества, выделяемые в процессе охлаждения залитых форм;

- особенно интенсивным должен быть отсос от выбивных решеток в виду большого количества пыли, выделяющейся при выбивке форм; поэтому предлагается использовать двусторонний боковой отсос;

- пылевыводящие места выбивного барабана и на зачистном оборудовании предлагается снабдить отсасывающими зонтами шатрового типа.

Исключая обдув форм и подмодельных плит сжатым воздухом, уборку полов производственных помещений, в данном проекте предусматриваем использование стационарных и передвижных пылеотсасывающих установок.

В смесеприготовительном отделении для приготовления формовочных и стержневых смесей применяем смесители закрытого типа с системой отсоса пыли.

В плавильном отделении принимаются следующие меры:

- заслонки печи имеют воздушную прослойку;
- воздушные завесы у печи;
- устройство вентиляции непосредственно для отсоса горячего воздуха.

Конвейерное сушило, расположенное в стержневом отделении, имеет конструкцию, предотвращающую переток атмосферы сушила в цех – входная и выходная части выполнены с наклоном к горизонту.

Куртки и брюки изготовлены из сукна, для защиты головы от перегрева применяются шляпы с широкими полями из сукна. Для защиты рук применяют брезентовые рукавицы. Для защиты глаз применяют очки.

В ГОСТ 12.005-88\*, [16] предусматривают широкий комплекс санитарно-технических мероприятий, учитывающих особенности технологических процессов и их взаимосвязь со строительными конструкциями, здесь также указаны максимальные разовые предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, где находятся места постоянного или временного пребывания рабочих. В таблице 25 приведены значения ПДК основных вредных веществ, выделяющихся в литейном производстве.

Таблица 25 - ПДК основных вредных веществ

Наименование вредного вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Реальное содержание, мг/м <sup>3</sup>
Оксиды железа	4	4	2,8
Оксиды алюминия	1	2	1,90
Оксиды углерода	4	20	19,005
Оксиды азота	4	5	4,3
Оксиды марганца	1	0,3	0,25
Кремнийсодержащая пыль	3	1	0,75

Основными источниками, выделяющими вредные загрязняющие вещества (пыль, газы) является технологический процесс, а также оборудование, на котором выполняются технологические операции:

- охладительный конвейер;
- выбивные решетки;
- выбивной и очистной барабаны;
- зачистные машины.

Для предотвращения пылевыведения на пылящем оборудовании предусматривают различные по конструкции укрытия, из-под которых

производят отсос воздуха. Такие вентиляционные системы называют аспирационными. Отсасываемый воздух перед выбросами в атмосферу должен подвергаться очистке. В этом воздухе, как правило, большое количество кремнийсодержащей пыли, а также частицы глинозема, доломита, известняка, угля и других веществ как в твердом, так и в газообразном состоянии.

### Освещенность

Важным элементом создания благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих мест, при которых повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость.

При проектировании освещения производственных помещений литейных цехов надлежит руководствоваться требованиями строительных норм и правил (СНиП 23–05– 95\*),[19]. Для работающих в помещениях с недостаточным естественным освещением и без естественного освещения надлежит использовать установки искусственного ультрафиолетового излучения.

В цехе в помещениях с постоянным пребыванием людей применяется комбинированное естественное освещение. Так же применяется искусственное освещение следующих типов рабочее, аварийное, эвакуационное, аварийное, охранное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения. Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для освещения помещений, предусмотрены газоразрядные лампы.

Аварийное освещение необходимо, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: пожар, длительное нарушение технологического процесса и т.д.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий предусмотрено: в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек.

Цех имеет самостоятельные отделения и участки, характеризующиеся различной точностью зрительных работ и значениям освещенности (таблица

4.2). Их искусственное освещение осуществляется на основе СНиП 23–05–95\*, [19]. Принимаем систему общего освещения по цеху, местного - для участков формовки, стержневого отделения, отдела контроля годных отливок, электро-пультовых и щитовых. Для общего освещения принимаем лампы с большой мощностью типа ДРЛ. Для местного – кроме разрядных источников света используют лампы накаливания.

Таблица 26 - Точность зрительных работ и норм освещенности

Подразделения цеха	Разряд зрительных работ	Норма освещенности, ЛК
Смесеприготовительное	6	150
Формовочное и стержневое	3б	300
Плавильное	7	200
Выбивное	6	150
Обрубное	5а	200
Очистка, термообработка	6	150

Рассчитаем освещённость на формовочном участке, площадь которого составляет 4332 м<sup>2</sup>.

Потребный световой поток определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_H \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot \eta}, \quad (36)$$

где  $E_H$  – нормированная минимальная освещённость, Лк;

$K$  – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (для литейных цехов  $K_3 = 1,7$ );

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения (для люминисцентных ламп  $Z = 1,1$ );

$N$  – число светильников в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент  $\eta$  определяется по справочным таблицам в зависимости от вида источника света и индекса помещения  $i$ , определяемого по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H \cdot (A + B)}, \quad (37)$$

где  $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения, м;

$H$  – расчётная величина подвеса светильников, м.

$$i = \frac{38 \cdot 114}{7 \cdot (38 + 114)} = 4,0 \text{ м.}$$

При индексе помещения 4 коэффициент использования светового потока равен 59%.

$$\Phi = \frac{100 \cdot 200 \cdot 4332 \cdot 1,1 \cdot 1,7}{500 \cdot 59} = 5490 \text{ Лк.}$$

Подсчитав световой поток по справочным таблицам подбираем стандартную лампу, обеспечивающую нормированную величину Ен. В качестве источника света в цехе применяю люминесцентные лампы типа ЛБ-80.

### Шум

Шум – беспорядочное сочетание звуков различной силы и частоты, отрицательно действует на организм человека, мешает полноценной работе. В соответствии с ГОСТ 12.1.003–83\*, [23] в проектируемом цехе предусматриваются меры по снижению шума. Применена шумобезопасная технология формовки – прессово-вибрационные автоматы при уплотнении формы. Уровень звукового давления 70–75 дБ выдерживается в плавильном, смесеприготовительном, стержневом, формовочном, частично в термообрубном отделениях литейного цеха, [20].

В районе обломочных и дробеметных барабанов уровень звукового давления составляет 85–95 дБ, [20], что требует применение средств индивидуальной защиты (вкладышей, наушников) и ограниченного по времени пребывания в этих зонах. В соответствии с ГОСТ 12.4.026, [26] эти зоны обеспечиваются специальными знаками.

В обрубном отделении при выполнении некоторых операций (зачистка на наждаке, заварка, отрезка) уровень звукового давления составляет 80–85 дБ, рабочие должны применять индивидуальные средства защиты.

### Вибрация

Вибрация – в литейных цехах источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания в следствии ударного действия выбивных решеток, пневматических формовочных, центробежных и других машин, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и др. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012–90\*, [22].

### Электрическая безопасность

«Правила устройства электроустановок, ПУЭ», [25], «Правила эксплуатации электроустановок потребителей, ПЭЭП», а также

«Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ–016–2001» охватывают большой круг профилактических мероприятий по предупреждению электротравматизма при эксплуатации различных электроустановок. В соответствии с правилами устройства электроустановок помещение проектируемого цеха относится ко 2 группе по степени опасности поражения электрическим током то есть помещение – с особой опасностью.

Так как в цехе имеются токопроводящие полы (металлические, железобетонные), высокие температуры, возможны одновременные прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Широкое использование электроэнергии в проектируемом цехе диктует строгое соблюдение правил безопасной эксплуатации электроустановок и оборудования. Несоблюдение этих правил может привести к травмам, разрушениям и пожарам.

Меры по защите от поражения электрическим током:

- инструктаж персонала;
- все электрооборудование (электротермические установки для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней и др.) должно иметь кожухи и ограждения, во избежание случаев ошибочного прикосновения к токоведущим частям, при отсутствии кожухов оборудование располагается в защитных местах на недоступной высоте или в машинных залах;
- все токоведущие части электрооборудования, которые при неисправной изоляции могут оказаться под напряжением, имеют защитное заземление;
- оборудование должно быть защищено от влажности, запыленности, взрыво- и пожаробезопасности окружающей среды;
- применение предупреждающих плакатов на опасных местах;
- применение индивидуальных средств защиты при работе с электрооборудованием.

По степени опасности поражения людей электрическим током производственные помещения литейного цеха являются помещениями повышенной опасности.

Распределительные шкафы оснащены специальной защитой от перегрузок и коротких замыканий, имеющие номинальный ток 400А, в них, на отходящих к потребителям проводах, установлены предохранители.

### Пожарная безопасность

Проектируемый литейный цех мелкого стального литья отнесен к пожароопасной категории Г, как производство, связанное с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и в котором газообразные вещества используются в виде топлива. Степень огнестойкости зданий и сооружений I–II, [31].

Основной причиной возгорания в литейном цехе является неисправное оборудование, случайные возгорания от открытых источников огня, вследствие невнимательного и халатного отношения работников, практически исключены. В цехе нет мест, где утечка газа могла бы привести к взрыву, так как система вентиляции не позволяет скопиться взрывоопасной смеси. В целях предотвращения пожаров в цехе необходимо применить комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и ограничения материального ущерба. Комплекс организационных мероприятий (согласно ГОСТ 12.1.004-91), [27], обеспечивающий пожарную безопасность:

- применением конструкций объектов с регламентируемыми пределами огнестойкости;
- наличием плана эвакуации людей;
- наличием средств индивидуальной и коллективной защиты людей;
- системой противопожарной защиты и пожарной сигнализации;
- применением средств пожаротушения;
- организацией пожарной охраны объекта.

В проектируемом цехе планируется применение средств пожаротушения, регламентированных ГОСТ 12.4.009-83, [28], среди которых:

- пожарные гидранты, к которым при пожаре присоединяются гибкие рукава, которые питаются из хозяйственного, производственного водопровода;
- огнетушитель ручной пенный ОХП-10, предназначенный для тушения оборудования без электропроводки;

- огнетушитель ручной углекислый, для тушения электрооборудования, твердых и жидких веществ;
- покрывала из асбеста;
- песок.

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



## 5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

### 5.1. Глобальные экологические проблемы

Современные масштабы воздействия человека на природу вызваны научно-техническим прогрессом. Человек воздействует на окружающую среду в процессе получения энергии, добычи полезных ископаемых, выплавки металла, обработки материалов и т.д. При осуществлении всех этих видов деятельности человек загрязняет атмосферу, гидросферу, почву, истощает возобновляемые и невозобновляемые ресурсы. Если не будут предприняты меры по предотвращению загрязнения окружающей среды, то существующий экологический кризис может перейти в экологическую катастрофу.

Современное металлургическое предприятие это сложный производственный комплекс, включающий множество разнообразных цехов, а иногда и отдельных заводов, которые могут в значительной мере загрязнить водный и воздушный бассейн окружающего района. Вследствие чего появляются кислотные дожди, парниковый эффект и т.д.

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

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

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

Большинство технологических процессов в литейном цехе сопровождается выделением в производственные помещения пыли и газов. Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу могут повлечь за собой самые серьезные последствия.

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

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

## 5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Технология производства отливок из стали для вагоностроения сопровождается использованием исходного сырья, получением готовой продукции и образованием различных отходов.

Схема технологического процесса приведена на рисунке 7.

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

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия, пар.

В ходе технологического процесса образуются следующие виды отходов:

материальные отходы - жидкие (сточные воды), твердые (скрап, недоливы, шлак ванадиевый и сталелитейный, угар, потери, пыль) и газообразные (оксид углерода, диоксид азота);

энергетические – шум, вибрация, тепловые выбросы, электромагнитное излучение.

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



Рисунок 7 - Схема технологического процесса получения отливок

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

При выплавке металлов формируются шлаки, основу которых составляют оксиды.

Это наиболее массовый вид отходов. Работа металлургических агрегатов сопровождается выносом пыли с отходящими газами.

При мокрой газоочистке эта пыль в отстойниках превращается в кашеобразную массу (шлам).

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

Источником электромагнитного излучения и шума является работающее оборудование.

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

Тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разливки металла.

Анализ технологического процесса свидетельствует о его незамкнутом характере, поскольку существуют связи с внешней средой при

использовании исходного сырья, энергии, выходе готовой продукции и получении различных видов отходов.

В таблице 27 представлены основные характеристики технологического процесса

Таблица 27 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

№	Показатели	Количество	Ед. изм.
1.	Сырье:		
	Лом и отходы	22	тыс. т/год
	Ферросплавы	0,3	тыс. т/год
	Железо из окалины	2	тыс. т/год
	Сжатый воздух	0,1,6	млн м <sup>3</sup> /год
	Вода оборотная	0,9	тыс. м <sup>3</sup> /год
2.	Энергия:		
	Электрическая	10	млн. кВт*ч
	Природный газ	45	тыс. м <sup>3</sup> /год
	Пар	32	тыс. кДж/год
3.	Продукция:		
	Отливки	27	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	1,2	тыс. т/год
	Сточные воды:	0,2	тыс. т/год
Взвешенные вещества	12	тыс. т/год	
5.	Отходы энергетические:		
	Шум	85-130	дБ
	Тепло отходящих газов	1,5	млн кДж/год
	Напряженность электрического поля	25	Вт/м
	Напряженность магнитного поля	5	А/м
	Вибрация	50	дБ

### 5.3. Основные требования экологизации проекта

Литейное производство является экологически не безопасным, поэтому необходимо соблюдение санитарно-гигиенических норм, приведенных в таблице 28.

Таблица 28 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ выбрасываемых цехом и предельно допустимые уровни воздействия

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	дБ	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 снижения количества выбросов пыли в воздух рабочей зоны, предусматривается установка устройств местной вентиляции, зонтов, фильтров, циклонов.

Для удаления газообразных выбросов предусматривается установка скрубберов, циклонов, газоочистных фильтров.

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

Отработанная формовочная и стержневая смесь подвергается регенерации и последующему использованию в технологическом процессе.

Шлак, формовочные и стержневые смеси, не подлежащие регенерации, направляются на нужды народного хозяйства для изготовления кирпича, на строительства дорог и на компост. Неиспользованный шлак направляется в действующий шлакоотвал.

Уменьшение выброса тепловой энергии в воздух рабочей зоны обеспечивается применением котлов-утилизаторов. В дальнейшем, тепло отходящих газов используется для подогрева воздуха приточной вентиляции.

Снижение уровня шума и вибрации обеспечивается установкой оборудования на виброизолирующие и шумопоглощающие фундаменты, установкой кожуха выбивной решетки снабженного внутренней облицовкой из звукопоглощающих материалов, звукоизоляция стенок дробеметно-дробеструйного оборудования.

Уменьшение влияния электромагнитного излучения достигается за счёт установки специальных экранов.

Для снижения общего вредного воздействия технологического процесса на окружающую среду, предусматривается замена ДСП-6 на ДППТ-6, что позволит снизить количество выбросов загрязняющих веществ в среднем в 3 раза.

Сравнительные характеристики печей представлены в таблице 29.

Таблица 29 - Сравнительные характеристики печей

Показатели	ДСП-6	ДППТ-6
Пыль, мг/м <sup>3</sup>	27,2	9,9
Шум, дБ (общий уровень)	98	84
Расход электроэнергии на 1 т жидкой стали общий/по расплавлению, кВтчас	880/535	740/450
Угар металла общий, %	7-7,5	3,5-5
Расход элементов кг/т жидкого металла:		
Графитированных электродов	14,0	2,12
FeSi	12,5	11,2
SiMn	13,0	11,8
FeMn	11,5	10,6
FeCr	11,2	9,6
FeV	7	4,7
FeMo	2,1	2,1
Извести	48,0	20,7
Шамота (для наведения шлака)	12,1	2,7
Раскислительной смеси (известь, FeSi45, кокс)	272, 78, 22	192, 46, 18
Магнезитовый кирпич на кладку	22	12
Количество шлака на плавку, т	1,31	0,46

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс более экологичным, ресурсо- и энергосберегающим, поскольку влияние загрязняемых веществ будет сведено к минимальному, за счёт 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 плавильное оборудование ДПШТ-6, мы стремимся к интенсификации производственного процесса, а так же к более рациональному использованию сырья и материалов, снижению убытков от брака, повышению размерной точности и качества отливок, увеличению их долговечности и надежности. 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 14000 тонн годного литья (таблица 2).

### 6.1. Расчет численного состава рабочих

Численность производственных рабочих определяются отдельно по категориям: рабочие, руководители, специалисты, служащие. Различают списочную и явочную численность рабочих. При расчете используем метод расчета по нормам оборудования агрегатов. Количество производственных рабочих определяется по количеству рабочих мест на основе норм обслуживания одним рабочим количества единиц оборудования.

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

Расчет явочной численности рабочих выполняется по формуле:

$$N_{яв} = N_i \cdot A_i \cdot C_i, \quad (38)$$

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

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot K_{сп}, \quad (39)$$

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

$$K_{cn} = \frac{F_{ном}}{F_{\partial}}, \quad (40)$$

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

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

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

Календарный фонд времени работы персонала  $F_k$ :

$$F_k = D_k \cdot T_{см}, \quad (41)$$

где  $D_k$  - число дней в году;

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

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

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

$$F_{ном} = T_{см} \cdot (D_k - D_{вых}), \quad (42)$$

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

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

Действительный фонд времени  $F_{\partial}$ :

$$F_{\partial} = F_{ном} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (43)$$

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

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

Баланс рабочего времени одного работника представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Баланс рабочего времени одного рабочего на год

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

При определении численности основных и вспомогательных рабочих необходимо определить квалификационный состав работающих по цеху (по разрядам). Квалификация рабочего зависит от сложности выполняемых работ и вида обслуживаемого оборудования. Для этого при проектировании литейного цеха используются тарифно-квалификационные справочники.

Расчеты численности основных, вспомогательных рабочих, ИТР, служащих и МОП указаны в таблицах 31, 32, 33.



Таблица 31 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуж обор. чел.	Кол-во агрегатов, шт	Кол-во рабочих		
					Явочное		Списочное
					В сутки	В смену	
<b>Плавленное отделение</b>							
Сталевар	5	3	2	3	24	8	26
Подручный сталевара	5	3	2	3	24	8	26
Выбивщик	4	3	1	3	12	4	14
Шихтовщик	3	3	2	3	24	8	26
Огнеупорщик	3	3	2	3	24	8	26
Итого:	-	-	-	-	108	36	118
<b>Формовочное отделение</b>							
Сборщик форм	3	3	4	2	24	8	26
Формовщик	4	3	4	2	24	8	26
Формовщик	5	3	4	2	24	8	26
Итого:	-	-	-	-	72	24	78
<b>Стержневое отделение</b>							
Стерженщик	5	3	3	3	27	9	29
Стерженщик	4	3	4	3	36	12	38
Итого:	-	-	-	-	63	21	67
<b>Смесеприготовительное отделение</b>							
Земледел	4	3	2	3	18	6	20
Земледел	3	3	2	2	12	4	14
Итого:	-	-	-	-	30	10	34
<b>Термообрубное отделение</b>							
Выбивщик	3	3	2	2	12	4	14
Газорезчик	4	3	2	1	6	2	8
Обрубщик	3	3	2	3	18	6	20
Итого:	-	-	-	-	36	12	42
Всего:	-	-	-	-	309	103	339

Таблица 32 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Количество рабочих		
			Явочное		Списочное
			В сутки	В смену	
Крановщик	3	3	15	5	17
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	9	3	11
Электрик по ремонту оборудования	4	3	9	3	11
Кладовщик	2	3	3	1	5
Лаборант экспресс- лаборатории	4	3	12	4	14
Водитель транспорта	2	3	12	4	14
Слесарь- сантехник	3	3	9	3	11
Контролер ОТК	5	3	18	6	20
Сварщик	4	3	18	6	20
Итого:	-	-	105	35	123

Таблица 33 – Штатное расписание ИТР, служащих, МОП

Должность, профессия	Количество работающих, чел	Должностной оклад, руб./месяц	Сумма окладов с учетом районного коэффициента, руб.	
			В месяц	В год
<b>ИТР</b>				
Начальник цеха	1	42000	48300	579600
Зам.начальника	3	37000	42550	1531800
Зам нач по кадрам	1	35000	40250	483000
Зам нач по сбыту продукции	1	35000	40250	483000
Начальник техбюро	1	26000	29900	358800
Технолог	4	16000	18400	883200
Старший мастер	6	18000	20700	1490400
Экономист	3	11000	12650	455400
Механик	1	22000	25300	303600
Энергетик	1	22000	25300	303600
Итого:	22	-	303600	6872400
<b>Служащие</b>				
Нормировщик	2	8900	10235	245640
Бухгалтер	2	10400	8510	204240
Табельщик	3	8100	4485	161460
Секретарь	1	7500	4715	56580
Итого:	8	-	27945	667920
<b>МОП</b>				
Уборщица	6	4800	5520	397440
Сатураторщик	4	3800	4370	209760
Итого:	10	-	9890	607200
Итого по цеху:	40	-	273010	6459780

Таблица 34 – Структура трудящихся цеха

Категория персонала	Количество, чел.	Количество работающих от общей численности,
Рабочих основных	339	67,5
Рабочих вспомогательных	123	24,5
Рабочих всего	462	92,0
ИТР	22	4,4
Служащие	8	1,6
МОП	10	2,0
Итого	502	100

Таблица 35 – Штатное расписание рабочих

Профессия	Кол-во рабочих	В том числе по разрядам				
		1	2	3	4	5
Сталевар	26					26
Подручный сталевара	26					26
Выбивщик	14				14	
Шихтовщик	26			26		
Огнеупорщик	26			26		
Сборщик форм	26			26		
Формовщик линии изготовления форм	52				26	26
Оператор -стерженщик	67				38	29
Земледел	34			14	20	
Чистильщик	14			14		
Газорезчик	8				8	
Обрубщик	20			20		
Крановщик	17			17		
Слесарь по ремонту оборудования	11			11		
Электрик по ремонту оборудования	11				11	
Кладовщик	5		5			
Лаборант экспресс- лаборатории	14				14	
Водитель внутрицехового транспорта	14		14			
Слесарь - сантехник	11			11		
Контролер ОТК	20					20
Сварщик	20				20	
ИТОГО	462	0	19	165	151	127

## 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.

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n T_{cti} \cdot N_i / N_{яв}, \quad (44)$$

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

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

Таблица 36 – Часовые тарифные ставки

Условия труда	Разряд			
	2	3	4	5
Тяжелые и вредные	20,1	21,6	22,7	22,9
Среднемесячная тарифная ставка, руб.	3417	3672	3859	3893
Особо тяжелые и вредные	22,9	23,1	23,6	24,1
Среднемесячная тарифная ставка, руб.	3893	3927	4012	4097

Средняя тарифная ставка основных рабочих по отделениям:

Плавильное отделение:

$$T_{cp} = (24,1 \cdot 52 + 23,6 \cdot 14 + 23,1 \cdot 52) / 118 = 23,6 \text{ руб.}$$

Формовочное отделение:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 26 + 22,7 \cdot 26 + 21,6 \cdot 26) / 78 = 22,4 \text{ руб.}$$

Стержневое отделение:

$$T_{cp} = (22,9 \cdot 29 + 22,7 \cdot 38) / 67 = 22,3 \text{ руб.}$$

Смесеприготовительное отделение:

$$T_{cp} = (22,7 \cdot 20 + 21,6 \cdot 14) / 34 = 22,8 \text{ руб.}$$

Термообрубное отделение:

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

Средняя тарифная ставка вспомогательных рабочих

$$T_{cp} = (20,1 \cdot 19 + 21,6 \cdot 39 + 22,7 \cdot 45 + 22,9 \cdot 20) / 123 = 18,6 \text{ руб.}$$

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитаем по формуле:

$$Z_{тф} = T_{cp} \cdot N_{ч}, \quad (45)$$

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

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

$$N_{ч} = N_{сп} \cdot F_{\rho}, \quad (46)$$

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

Фонд основной заработной платы рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тф}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{ком}} + K_{\text{оп}}) \cdot K_{\text{рн}}, \quad (47)$$

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 50% от тарифа; для вспомогательных рабочих – 25%;

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

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

Фонд основной заработной платы:

Плавильное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 23,6 \cdot 118 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 26\,460\,891,12 \text{ руб.}$$

Формовочное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 22,4 \cdot 78 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 16\,601\,719,68 \text{ руб.}$$

Стержневое отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 22,3 \cdot 67 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 14\,506\,550,73 \text{ руб.}$$

Смесеприготовительное отделение

$$Z_{\text{осн}} = 22,8 \cdot 34 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 7\,187\,237,16 \text{ руб.}$$

Термообрубное отделение:

$$Z_{\text{осн}} = 23,2 \cdot 42 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,15 = 9\,256\,750,98 \text{ руб.}$$

Вспомогательные рабочие:

$$Z_{\text{осн}} = 18,6 \cdot 123 \cdot 5001 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15 = 17\,771\,978,69 \text{ руб.}$$

Таблица 37 – Годовой ФЗП основных и вспомогательных рабочих

Категории работающих	Сумма, руб.
Плавильное отделение	26460891,12
Формовочное отделение	16601719,68
Смесеподготовительное отделение	7187237,16
Стержневое отделение	14506550,73
Термообрубное отделение	9256750,98
Вспомогательные рабочие	17771978,69
Итого:	91785128,36

Дополнительная заработная плата составляет 11% от заработной платы основных рабочих и используется на оплату очередных, дополнительных и учебных отпусков, выполнение государственных обязанностей и т.д.

Годовой фонд зарплаты основных и вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$\text{ФЗП} = \text{З}_{\text{осн}} + \text{З}_{\text{доп}}, \quad (48)$$

Расчет годового фонда заработной платы приведен в таблице 38.

Таблица 38 – Годовой фонд заработной платы по цеху

Категории работающих	Сумма, руб.
Основные рабочие	82 154 596,13
Вспомогательные рабочие	19 726 896,34
ИТР	7 628 364,00
Служащие	741 391,20
МОП	827 172,00
Итого:	111 078 419,67

### 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.

ФМП составляет 10% от фонда заработной платы.

$$\text{ФМП} = \text{З}_{\text{год}} \cdot 0,1 = 111\,078\,419,67 \cdot 0,1 = 11\,107\,841,97 \text{ руб.}$$

ФМП<sub>ИТР</sub> = 20% от годового фонда зарплаты ИТР

$$\text{ФМП}_{\text{ИТР}} = 7\,628\,364,00 \cdot 0,2 = 1\,525\,672,80 \text{ руб.}$$

ФМП<sub>сл</sub> = 20% от годового фонда зарплаты служащих:

$$\text{ФМП}_{\text{сл}} = 741\,391,20 \cdot 0,2 = 148\,278,24 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФМП}_{\text{раб и МОП}} = 11\,107\,841,97 - 1\,525\,672,80 - 148\,278,24 = 9\,433\,890,93 \text{ руб.}$$

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

$$82\,154\,596,13 / 111\,078\,419,67 = 0,739 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{осн}} = 82\,154\,596,13 \cdot 0,739 = 60\,762\,276,65 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{всп}} = 19\,726\,896,34 \cdot 0,739 = 14\,590\,189,58 \text{ руб.}$$

$$\text{ФМП}_{\text{МОП}} = 827\,172,00 \cdot 0,739 = 611\,783,83 \text{ руб.}$$

Среднемесячная зарплата с премиями из ФМП составит:

$$ЗП_{\text{ср/м}} = (З_{\text{год}} + \text{ФМП}) / 12 \cdot N_{\text{сп}}, \quad (49)$$

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

$$ЗП_{\text{ср/м осн}} = (82\,154\,596,13 + 60\,762\,276,65) / 12 \cdot 339 = 35131,97 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м всп}} = (19\,726\,896,34 + 14\,590\,189,58) / 12 \cdot 123 = 23250,06 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м ИТР}} = (7\,628\,364,00 + 1\,525\,672,80) / 12 \cdot 22 = 34674,38 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м сл}} = (741\,391,20 + 148\,278,24) / 12 \cdot 8 = 9267,39 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ср/м МОП}} = (827172,0 \cdot ((1 + 0,25 + 0,1 + 0,2) \cdot 1,15) + 611783,83) / 12 \cdot 40 = 15782,50 \text{ руб.}$$

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

Таблица 39 – Сводный план по труду и заработной плате

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Объем производства	т	14000
Численность: основных рабочих	чел.	339
вспомогательных рабочих	чел.	123
служащих	чел.	8
ИТР	чел.	22
МОП	чел.	10
Выработка продукции на одного работающего	т/чел.	41,29
Фонд заработной платы:		
основные рабочие	руб.	142 916 872,8
вспомогательные рабочие	руб.	34 317 085,93
ИТР	руб.	9 154 036,8
служащие	руб.	889 669,44
МОП	руб.	2 183 410,635
Среднемесячная зарплата с учетом премий ФМП:		
основные рабочие	руб.	35131,97
вспомогательные рабочие	руб.	23250,06
ИТР	руб.	34674,38
Служащие	руб.	9267,39
МОП	руб.	15782,50

#### 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).

Таблица 40 – Отчисления по ЕСН по фонду оплаты труда

Категория работающих	ФЗП, руб.	Отчисления, руб.				Отчисления ЕСН, руб.
		ПФ	Фонд соцстраха	ОМС	Травматизм	
Основные рабочие	142916872,8	31441712	4144589,3	7288760,51	285833,75	43160895,58
Вспомогательные рабочие	34317085,93	7549758,9	995195,49	1750171,38	68634,172	10363759,95
ИТР	9154036,8	2013888,1	265467,07	466855,877	18308,074	2764519,114
Служащие	889669,44	195727,277	25800,414	45373,1414	1779,3389	268680,1709
МОП	2183410,635	480350,34	63318,908	111353,942	4366,8213	659390,0118
Итого	189461075,58	41681436,6	5494371,19	9662514,855	378922,152	57217244,83

### 6.5. Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений

Стоимость основных фондов включают:

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

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

Затраты на бытовые помещения вычисляются по формуле:

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot C_{зд/м}, \quad (50)$$

$$C_{бп} = V_{бп} \cdot C_{бп/м}, \quad (51)$$

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

Расчеты капитальных затрат и амортизационных отчислений представлены в таблице 51.

Затраты на приобретение и монтаж подъемно – транспортного оборудования закладываем в размере 60% от стоимости технологического оборудования. Затраты на прочее вспомогательное оборудование принимаем в размере 25% от стоимости технологического оборудования. Стоимость инструментов принимаем из расчета 170 руб на одного работника.

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

- здания и сооружения – 2 %;
- плавильные печи – 7 %;
- подъемно – транспортное оборудование – 10 %;



- инструмент и оснастка – 50 %;

- прочее оборудование – 10 %.

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

Таблица 41 – Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Наименование	Марка оборуд.	Кол-во, шт	Стоимость единицы оборудования				Общая стоим. тыс. руб.	Амортизационные отчисления	
			Цена, тыс.руб.	Монтаж		Всего, руб.		Норма, %	Руб.
				%	Σ, руб.				
Сооружения	20000 м <sup>3</sup>	-	2,5	-	-	50000	50000	2	1000
Сталеплавильная печь	ДППТ-6	3	30000	10	3000	33000	99000	7	6930
Формовочная линия	Мультима тик 40,5	2	20000	10	2000	22000	44000	10	4400
Смеситель	115М	3	7000		0	7000	21000		0
	АМК2000	2	6000	10	600	6600	13200	10	1320
Стержневая машина	32-100	5	6000	10	600	6600	19800	10	1980
	23225А1	3	5000	10	500	5500	16500	10	1650
Выбивная решетка	31242	2	6000	10	600	6600	13200	10	1320
Галтовочный барабан	БРЗ-1200М	1	10000	10	1000	11000	11000	10	1100
Дробеметная камера	М42185	2	15000	10	1500	16500	33000	10	3300
Итого:	-	-	-	-	-	-	320700	-	23000
Подъемно – тр. оборудование	-	-	-	-	-	-	192420	10	19242
Оснастка	-	-	-	-	-	-	85,34	50	42,67
Прочее оборудование	-	-	-	-	-	-	80175	10	8017,5
Итого	-	-	-	-	-	-	272680,3	-	27302,17
Всего	-	-	-	-	-	-	593380,3	-	50302,17

Таблица 42 – Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, тыс. руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	3 207,00	1 % от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	16 035,00	5 % от стоимости оборудования
Внутрицеховое перемещение грузов	644,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Износ оборудования	644,00	46 руб. за одну тонну годного литья
Прочие расходы	59 338,03	10 % от общей суммы расходов
Итого:	79 868,03	-

## 6.6. Определение затрат и расчет себестоимости продукции

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

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

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

В таблице 43 представлена смета цеховых расходов.

Таблица 43 – Смета цеховых расходов

Статьи затрат	Затраты 1 т литья, руб.	Сумма затрат на всю программу, руб.
1. Затраты на оплату труда	13532,934	189 461 075,58
2. Отчисления ЕСН	4086,94606	57217244,83
3. Амортизация здания, инвентаря	3593,01214	50302170
4. Затраты на научную работу, рационализаторство, (8 % от п.1)	1082,63472	15156886,05
5. Расходы на охрану труда (10% от п.1)	1353,2934	18946107,56
6. Стоимость вспомогательных материалов	511,767857	7164750
Итого:	24160,5881	338 248 234,01
Прочие расходы (10% от общих расходов)	2416,05881	33824823,4
Цеховые расходы:	26576,647	372 073 057,41

## 6.7. Технико-экономические показатели

Фондоотдачу  $\Phi O$  находим по формуле

$$\Phi O = \frac{N}{\Phi o \Phi}, \quad (52)$$

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

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

$$\Phi o = \frac{1092511351}{593380300} = 1,84 \text{ руб} / \text{руб.}$$

Таблица 44 – Калькуляция себестоимости 1 тонны годного литья проектируемого цеха

Статьи затрат	На 1 т литья			На программу
	Кол-во, т	Цена, руб.	Сумма, руб.	Сумма, руб.
Основные материалы	1,689	3700	6250	87500000
ВСП	0,589	1670	983,945946	13775243,2
Угар	0,1	-	-	-
Итого: за вычетом угара	1,000	-	3451	48314000
Оплата труда основных рабочих	-	-	13532,934	189461076
ЕСН	-	-	4086,94606	57217244,8
Электроэнергия, кВт·ч	12,5	2,6	32,5	455000
Природный газ, м <sup>3</sup>	62	3,25	201,5	2821000
Вода, м <sup>3</sup>	40,1	2,9	116,29	1628060
Сжатый воздух, м <sup>3</sup>	13	1,5	19,5	273000
Расходы на подготовку производства	-	-	4045,7	56639800
Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования	-	-	176,8	2 475 200,00
Отчисления на амортизацию оборудования	-	-	3593,01214	50302170
Основная себестоимость	-	-	36490,1281	510861794
Цеховые расходы	-	-	26576,647	372073057
Цеховая себестоимость	-	-	63066,7751	882934851
Общезаводские расходы	-	-	1507,2	21100800
Производственная себестоимость	-	-	13195,1	184731400
Непроизводственные расходы	-	-	267,45	3744300
Полная себестоимость	-	-	78036,5251	1092511351

Фондоемкость находим по формуле

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi O}, \quad (53)$$

$$\Phi O = \frac{1}{1,84} = 0,54 \text{ руб} / \text{руб}.$$

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 тонну литья по формуле при учете доходов 30%:

$$Ц = 1,3 \cdot C, \quad (54)$$

$$\bar{O} = 1,3 \cdot 78036,52 = 101447,48 \text{ руб}.$$

Примем цену за 1 тонну годного литья 105 000 руб. При объеме производства 14 000 тонн литья в год доход от продаж составит 1 470 000 000 руб. Прибыль найдем по формуле:

$$\Pi = Д - С, \quad (55)$$

где Д – доход, руб.

$$\Pi = 1\,470\,000\,000 - 1\,092\,511\,351 = 377\,488\,648,9 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат определяем по формуле

$$T_{ок} = \frac{Кз}{Эф}, \quad (56)$$

$$T_{ок} = \frac{593380300}{377488468} = 1,57 \text{ г.}$$

Определим рентабельность проекта:

$$P = \frac{\Pi}{С} \cdot 100\%, \quad (57)$$

$$P = \frac{377488468}{1092511351} \cdot 100\% = 34,55\% .$$

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Технико-экономические показатели работы цеха

Показатели	Величина показателя
Годовой выпуск продукции, т	14 000
Численность работающих всего, чел	502
в том числе: основных	339
вспомогательных	123
ИТР	22
служащих	8
МОП	10
Фонд основной заработной платы, тыс. руб.	189 461,075
Капитальные вложения, тыс. руб.	593 380,0
Себестоимость, руб.	78 036,52
Рентабельность, %	34,55
Прибыль, тыс. руб.	377 488,648
Срок окупаемости, год	1,57

**Вывод:**

Вложенные в проектирование и строительство цеха мелкого и среднего стального литья с производительностью 14 000 тонн капитальные средства в размере 593 380 тыс. руб. окупятся за короткий срок в течении 1,57 года и позволят получать прибыль от реализации продукции в размере 377 488,648 тыс. руб.

## 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 формовочной автоматической линии 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 14000 тонн отливок в год отвечает предъявленным к нему требованиям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 977-88. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 01.07.1988. –М.: Изд-во стандартов 1990. 63с.
2. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Введ. 01.01.1997. – М.: Изд-во стандартов 1993. 45с.
3. СТО-07518941-78-2008.. Исходные формовочные материалы. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2008.76 с.
4. Могилев В. К., Лев О. И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
5. 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.
6. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. Урал. гос. проф. – пед. Ун-т . 2000. 662с.
7. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
8. ГОСТ 2138-91. Пески формовочные Общие технические условия. Введ. 01.01.1993. – Изд-во стандартов 2005. 7с.
9. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. - М.: Машиностроение, 1985. 320с.
10. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
11. В.М. Чураев, Ю.А. Ермаков, М.П. Зувев, Л.Б. Нечиперович. Создание и промышленное освоение серии универсальных автоматических формовочных линий, журнал «Литейное производство», 2000, №9.
12. Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. Теория и технология литейного производства. Минск: изд. Дизайн ПРО, 2000. 416 с.
13. А.М. Михайлов, Б.В. Бауман, Б.Н. Благов. Литейное производство. М.: Машиностроение, 1987. 480с.
14. П.П. Берг. Формовочные материалы. М.: Машгиз, 1983. 408с.
15. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.
16. ГОСТ 12.1.005–88\* Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 01.01.1988. –М.: Изд-во стандартов 1989. 49с.

17. ПБ 11-493-02 Общие правила безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств. М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России» 2002. 103с.
18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997 г. 7с.
19. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение. Москва 1995. 69с. (СП 52.13330.2011).
20. Отчет отдела охраны труда ОАО НПК Уралвагонзавод 2009 г. 113с.
21. Ссылка <http://turboreferat.ru/life-safety/organizaciya-rabochego-mesta/19056-98255-page4.html>.
22. ГОСТ 12.1.012 – 90 Вибрационная безопасность. Общие требования. Введ. 01.07.1991. –М.: Изд-во стандартов 1990. 29с.
23. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум общие требования безопасности». Введ. 01.07.1984. –М.: ИПК Изд-во стандартов 2001. 11с.
24. СН 2.2.4 / 21.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. 1996. 120с.
25. ПОТ РМ-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ». Введ. 01.07.2001. М.: Министерство энергетики Российской Федерации 2000. 611с.
26. ГОСТ Р 12.4.026-2001 Цвета сигнальные и знаки безопасности. Введ. 19.09.2001. –М.: Изд-во стандартов 2001. 72с.
27. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. 01.07.1992. М.: Изд-во стандартов 1992. 66с.
28. ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. Введ. 01.01.1985. –М.: Изд-во стандартов 1983. 21с.
29. Шаприцкий В.М. Защита атмосферы в металлургии. М.: Металлургия, 1984. 216 с.
30. Шицкова А.П. Охрана окружающей среды от загрязнений предприятиями черной металлургии. М.: Металлургия, 1982. 245 с.
31. Юдашкин М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии. изд. 2-е перераб. и доп. М.: Металлургия, 1984. 386 с.
32. Ядыганов Я.Я. Экономика природопользования. Екатеринбург: Урал. Гос. Эконом. Универ., 1997, 438 с.
33. Ссылка [http://othod-v-dohod.ru/ekologija\\_sverdlovskaja\\_oblast](http://othod-v-dohod.ru/ekologija_sverdlovskaja_oblast)
34. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. - пед. ун-та, 1999.-91с.
35. Единый тарифно-квалификационный справочник. - М.: Экономика, 1989. 526с.

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

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



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Спецификация к чертежу «План расположения оборудования цеха»

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Перв. примен.			1	Сталеплавильная печь	ДППТ-6	3				
			2	Стенд сушки ковшей						
			3	Передаточная тележка		3				
			4	Формовочный автомат	Мультиوماتик 40.5	2				
			5	Кран мостовой	Q=10т	10				
Справ. №			6	Заливочный ковш	Q=5т	3				
			7	Формовочная линия	Мультиوماتик 40.5	2				
			8	Заливочный конвейер	Мультиوماتик 40.5	4				
			9	Выбивная решетка	31242	2				
			10	Смеситель	115М	2				
			11	Виброконвейер		6				
			12	Стержневая машина	23225А1	3				
			13	Смеситель	АМК2000-Н	1				
			14	Стержневая машина	32-100	3				
			15	Сушило		1				
Подп. и дата			16	Дробеметная камера	42815	2				
			17	Галтовочный барабан	БРЗ-1200М	1				
			18	Погрузчик		2				
			19	Термическая печь		1				
Взам. инв. №										
Инв. № подл.										
ДП.22.03.02.728										
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	План размещения оборудования цеха			Лист	Лист	Листов	
Разраб.	Шаль									
Пров.	Бекетова									
Н.контр.	Категоренко									
Утв.	Гузанов							ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО, кафедра МСП Группа НТ-41с/ЛП Формат А4		

Копировал