

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой МСП  
\_\_\_\_\_ Б.Н. Гузанов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**ПРОЕКТ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ПО  
ИЗГОТОВЛЕНИЮ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ  
С ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 22600 ТОНН В ГОД**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
По направлению 22.03.02 Металлургия

Идентификационный код ВКР: 085

Исполнитель:

студент группы НТ-411сЛП

(подпись)

Е.М. Черезова

Руководитель:

старший преподаватель  
кафедры МСП

(подпись)

М.В. Ведерников

Нормоконтролер:

профессор кафедры МСП,  
канд. техн. наук, доцент

(подпись)

Ю.И. Категоренко

Екатеринбург  
2017

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 109 листов машинописного текста, 3 рисунков, 67 таблиц, 28 источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса производства отливок из углеродистых сталей для машиностроения с годовым выпуском 22600 тонн.

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

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, СЕБЕСТОИМОСТЬ, ОХРАНА ПРИРОДЫ, ОХРАНА ТРУДА, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.

					ДП 22.03.02.902 ПЗ			
изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата				
Разраб.		Черезова Е.М.				Литер	Лист	Листов
Пров.		Ведерников М.В.						
Н.контр.		Категоренко Ю.И						
Утв.		Гузанов Б.Н.						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ.....	5
1.ОБОСНОВАНИЕ И РАССЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ.....	7
2.РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЦЕХА.....	10
2.1. Режим работы цеха и фонды времени.....	10
2.2. Фонды времени работы цеха.....	10
2.3. Плавильное отделение.....	12
2.3.1.Выбор плавильного агрегата.....	13
2.3.2. Расчет шихты для выплавки стали 35Л.....	14
2.3.3. Технология выплавки стали в электродуговой печи.....	24
2.3.4. Расчет количества плавильных агрегатов.....	24
2.3.5. Выбор и расчет парка ковшей.....	26
2.4. Формовочное отделение.....	27
2.4.1. Выбор оборудования формовочного отделения.....	27
2.5.Стержневое отделение.....	31
2.5.1. Выбор и расчет стержневого оборудования.....	31
2.5.2.Процесс изготовления стержней.....	35
2.6. Смесеприготовительное отделение.....	36
2.7. Термообрубное отделение.....	40
2.7.1.Расчет количества оборудования термообрубного отделения.....	42
3.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ.....	46
3.1. Характеристика детали.....	46
3.2. Характеристика отливки и выбор сплава.....	46
3.3. Выбор припусков на механическую обработку.....	47
3.4. Выбор положения отливки в форме, определение количества отливок в форме, расчет размеров опок.....	48
3.5. Конструирование и расчет прибылей.....	50
3.6. Конструирование и расчет литниковой системы.....	52
4.ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	57
4.1. Расчет численного состава рабочих.....	57

4.2. Организация и планирование заработной платы.....	62
4.3. Отчисления в социальные фонды.....	65
4.4. Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений.....	66
4.5. Определение затрат и планирование себестоимости.....	69
4.6. Расчет плановых постоянных и переменных затрат.....	73
4.7. Ценообразование.....	74
4.8. Расчет коммерческой эффективности проекта.....	75
4.9. Показатели эффективности проекта.....	84
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	87
5.1. Безопасность труда.....	87
5.1.1. Характер трудового процесса.....	87
5.1.2. Условия труда.....	88
5.1.3. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.....	89
5.1.4. Производственное освещение.....	90
5.1.5. Производственный шум.....	91
5.1.6. Вентиляция.....	92
5.1.7. Электромагнитное излучение.....	93
5.1.8. Электробезопасность.....	93
5.1.9. Пожарная безопасность.....	95
5.1.10. Профилактика травматизма.....	96
5.1.11. Безопасность при ЧС.....	97
5.1.12. Возможные причины чрезвычайных ситуаций.....	97
5.1.13. Мероприятия по профилактике чрезвычайных ситуаций.....	98
5.2. Экологическая безопасность.....	101
5.2.1. Глобальные экологические проблемы современности.....	101
5.2.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.....	102
5.2.3. Основные характеристики технологического процесса.....	103
5.2.4. Основные требования экологизации проекта.....	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	108

## ВЕДЕНИЕ

Литейное производство – отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением фасонных деталей и заготовок путем заливки расплавленного металла в форму, полость которой имеет конфигурацию требуемой детали. Литье является наиболее распространенным способом производства заготовок для деталей и машин. Так 50% деталей к механизмам и машинам и 80% к станкам изготавливаются методом литья. Широкое распространение литейного производства объясняется большим преимуществом по сравнению с другими способами производства заготовок (ковкой, штамповкой). Литьем можно получить заготовки практически любой сложности с минимальными припусками на обработку. Это важное преимущество, так как сокращение затрат на обработку резаньем снижает себестоимость изделия и уменьшает расход металла. Кроме того, производство литых заготовок значительно дешевле, чем, например, производство поковок.

Литье является самым универсальным способом получения заготовок для деталей машин. Литьем можно получать отливки массой от нескольких граммов до 600 тонн и более. Методом литья получают отливки из черных сплавов (чугун и сталь), цветных сплавов.

В настоящее время известно более 100 различных способов литья. Наиболее широкое применение нашли такие способы производства отливок, как в разовые песчано-глинистые формы, кокильное литье, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, центробежное литье, электрошлаковое литье, литье под регулируемым давлением и т.д.

В последние годы основным направлением развития технологии изготовления литейных форм и стержней стали разработка и освоение смесей, затвердевающих без нагрева.

В разрабатываемом проекте отливки будут изготавливаться методом литья в опочные формы, затвердевающих без нагрева. Основное преимущество заключается в минимальной работе по уплотнению,

отверждению при температуре окружающей среды, а также высокой прочности формы, в широкой возможности по управлению технологическими свойствами применительно к различной серийности производства, возможности повышения качества ОТЛИВОК.

## 1. ОБОСНОВАНИЕ И РАССЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

Литейное, как и любое другое современное производство, в наше время представляет собой совокупность слаженно работающего оборудования и рабочего персонала. В литейном участке осуществляется технологический процесс изготовления отливок.

Проектировка любого литейного цеха начинается с составления производственной программы, которая является основой для решения ниже перечисленных вопросов.

В данном дипломном проекте освещаются следующие вопросы: взаимодействие участков, расчет фонда времени работы оборудования и его количество, обоснование технологического процесса изготовления отливки, расчет технико-экономических показателей, вопросы безопасности и жизнедеятельности, вопросы экологии.

Исходными данными служат заданный объем производства, номенклатура деталей, масса деталей и т.д. Производственная программа представлена в таблице 1 для разработки технологической части проекта.

Таблица 1 -Производственная программа

Массовая группа, кг	Наименование отливки	Марка материала	Масса отливки без литников и прибылей, кг	Масса отливки с литниками и прибылями, кг	Количество отливок на годовую программу, шт	Масса отливки без литников и прибылей на годовую программу, т	Масса отливки с литниками и прибылями на годовую программу, т	Количество отливок в форме, шт	Количество форм на годовую программу, шт	Количество стержней на отливку, шт	Количество стержней на программу, шт
0-100	Маховик	35Л	17	30.9	88235	1500	2727.3	4	22059	1	88235
	Патрубок	35Л	19.8	37.2	60606	1200	2236.4	4	15152	1	60606
	Патрубок	35Л	23	42.6	57391	1320	2444.4	4	14348	1	57391
	Барабан	35Л	24.1	44.6	48133	1160	2148.1	4	12033	1	48133
	Кронштейн	35Л	27	50.0	31852	860	1592.6	4	7963	2	63704
	Рычаг	35Л	28.5	50.9	22456	640	1142.9	4	5614	1	22456
	Стакан	35Л	31	55.4	40323	1250	2232.1	2	20161	1	40323
	Фланец	35Л	33	58.9	33333	1100	1964.3	2	16667	0	0
	Втулка	35Л	36	64.3	16667	600	1071.4	2	8333	1	16667
	Крышка	35Л	37.3	66.6	9383	350	625.0	2	4692	3	28150
	Кронштейн	35Л	39.5	70.5	17722	700	1250.0	2	8861	3	53165
	Крышка корпуса	35Л	71	120.3	8169	580	983.1	1	8169	5	40845
	Корпус редуктора	35Л	82.4	139.7	2002	165	279.7	1	2002	3	6007
Балка	35Л	94	159.3	2202	207	350.8	1	2202	4	8809	
Итого по группе					438474	11632	21048.1		148256		534490
100-400	Балка наружная	35Л	180	290.3	8333	1500	2419.4	1	8333	4	33333
	Картер	35Л	210	338.7	5348	1123	1811.3	1	5348	2	10695
	Корпус	35Л	222	358.1	4302	955	1540.3	1	4302	0	0
	Крышка люка	35Л	243	391.9	5350	1300	2096.8	1	5350	0	0
	Сцепка	35Л	254	409.7	3543	900	1451.6	1	3543	6	21260
	Опора	35Л	274	441.9	2847	780	1258.1	1	2847	2	5693



Корпус	35Л	285	459.7	1965	560	903.2	1	1965	2	3930
Подвес	35Л	300	476.2	4467	1340	2127.0	1	4467	1	4467
Стойка	35Л	315	500.0	2794	880	1396.8	1	2794	3	8381
Опора	35Л	348	552.4	2716	945	1500.0	1	2716	0	0
Станина	35Л	387	614.3	1770	685	1087.3	1	1770		0
Итого по группе				43433	10968	17591.8		43433		87759
Итого по цеху				481908	22600	38639.9		191689		622249

## 2. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ЦЕХА

### 2.1. Режим работы цеха и фонды времени

Данный цех состоит из следующих отделений: плавильного отделения, формовочное отделение, смесеприготовительное отделение, стержневое отделение, отделение очистки, обрубки, термообработки и сдачи литья.

В литейных цехах применяют три вида режимов работы: параллельный, ступенчатый и комбинированный. При параллельном режиме отделения цеха, имеющие вредные выбросы, локализируют в отдельные помещения с определенной герметизацией. При ступенчатом режиме происходит разделение операций по времени, то есть все операции проходят в одном помещении, но в различное время. Комбинированный режим включает в себя особенности двух предыдущих режимов, отделения с вредными выбросами, могут быть также локализованы и возможно разделение по времени операций.

В нашем цехе будет применяться параллельный двухсменный режим работы, так как производство поточное.

### 2.2. Фонды времени работы цеха

При проектировании применяют три вида годовых фондов времени работы оборудования:

- 1) календарный  $T_K = 366 \cdot 24 = 8784$  ч;
- 2) номинальный  $T_H$ , являющийся временем (в часах), в течение которого может выполняться работа по принятому режиму, без учета неизбежных потерь;
- 3) действительный фонд времени  $T_D$ , определяемый путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

$T_k$  используют при расчетах складских помещений.

Фонды времени рассчитываются, исходя из существующих законоположений о рабочих и выходных днях и продолжительности рабочего дня и количества смен. В расчетах режимов работы используют номинальный и действительный фонды времени.

Номинальный фонд времени рассчитывается по формуле:

$$T_n = (D_k - B - Pr) \cdot T_c \cdot K_c,$$

где  $D_k$  – число календарных дней в году;

$B$  – число выходных дней в году;

$Pr$  – число праздничных дней в году;

$K_c$  – режим сменности.

$$T_n = (366 - 105 - 14) \cdot 8 \cdot 2 = 3952 \text{ ч.}$$

Для определения  $T_d$  работы оборудования из  $T_n$  условно исключают время пребывания оборудования в плановых ремонтах, установленное нормами системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Простои оборудования, вызванные недостатками в организации производства по внешним причинам, при определении  $T_d$  не учитывают.

Действительный фонд времени рабочих определяется по формуле:

$$T_d = (T_n - H) \cdot T_c \cdot K_c,$$

где  $H$  – плановые невыходы на работу ( $H = 34$ ).

$$T_d = (247 - 34) \cdot 8 \cdot 2 = 3408 \text{ ч.}$$

Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

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

Таблица 2- Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	$T_{\text{н}}$	$\alpha$	$T_{\text{д}}$
Смесеприготовительное	3952	6,5	3695.1
Стержневое		4,5	3778.1
Формовочное		5,5	3734.6
Плавильное		5	3754.4
Термообрубное		6	3714.9

### 2.3. Плавильное отделение

Расчет плавильного отделения заключается: в составлении баланса по выплавляемым маркам; выборе типа и определении числа плавильных агрегатов; расчета парка ковшей; расхода шихтовых материалов на годовой выпуск отливок

Подбор типа и конструкции плавильного агрегата зависит от объема производства, массы отливок, режима работы цеха, от рода металла.

Данные по годным отливкам заносим из производственной программы цеха.

Расчет массы металлозавалки  $M_{\text{м}}$  электродуговой печей в тоннах следует проводить по формуле:

$$M_{\text{м}} = \frac{M_{\text{г.о}} + M_{\text{л.с}}}{100 - Y - C_{\text{к}}} = \frac{22600 + 16039.9}{100 - 4 - 4} \cdot 100 = 42000 \text{ т}$$

Находим массу скрапа:

$$M_{\text{с}} = M_{\text{м}} \cdot C_{\text{к}} / 100 = 42000 \cdot 4 / 100 = 1680 \text{ т};$$

Определим массу, потерянную при угаре:

$$M_Y = M_M \cdot Y/100 = 42000 \cdot 4/100 = 1680 \text{ т};$$

Проценты масс годных отливок и литников с прибылями:

$$M_{г. о} \cdot 100\%/M_M = 22600 \cdot 100/42000 = 53,8\%;$$

$$M_{л. с} \cdot 100\%/M_M = 16039.9 \cdot 100/42000 = 38,2\%$$

Полученные данные вносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Баланс металла

Наименование статьи баланса	т	%
Годные отливки	22600	53.8
Литники и прибыли	16039.9	38.2
Скрап	1680	4
ИТОГО жидкого сплава	40319.9	96
Угар и безвозвратные потери	1680	4
Итого металлозавалка	42000	100

### 2.3.1.Выбор плавильного агрегата

В качестве плавильного агрегата, для плавки стали, выбрана электродуговая печь ДСП-4

Особенности выплавки стали в электродуговых печах является то что в плавильном пространстве можно получить нейтральную или восстановительную атмосферу и различное давление. Кроме того, в атмосфере печи отсутствует кислород, что позволяет вести окислительные процессы только за счет газообразного кислорода, вдуваемую в ванну. При этом значительно уменьшаются потери металла на угар и есть возможность увеличить температуру металла и перегрева, что облегчает процесс осуществление десульфурации.

Преимущество сталеплавильных электродуговых печей связаны с использованием для нагрева металла электрической энергии. Расход тепла и температуры металла довольно легко контролируются и регулируются. При переплавке высоколегированных отходов потери легированных элементов минимальны.

Эффективноуправлять химической активностью шлаков, что является необходимым для дефосфорации, раскисления расплава.

Недостатки: высокий местный перегрев под электродами, трудность перемешивания и усреднения химического состава, значительное количество продуктов горения и шума во время работы.

### 2.3.2. Расчет шихты для выплавки стали 35Л

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.

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 4.

Таблица 4- Химический состав стали 35Л [9]

Массовая доля, %				
C	Mn	Si	P	S
0,32-0,40	0,45-0,9	0,25-0,52	0,06	0,06
Расчетный химический состав				
0,35	0,6	0,4	0,04	0,04

Химический состав шихтовых материалов и раскислителей приведен в таблице 5.

Таблица 5- Химический состав шихтовых материалов и раскислителей

Наименование материала	Содержание в шихте, %	Химический состав, %				
		C	Mn	Si	S	P
Отходы собственного производства	38,2	0,35	0,6	0,4	0,04	0,045
Стружка стальная	7	0,35	0,6	0,25	0,04	0,04
Стальной лом 1А	51,8	0,35	0,5	0,37	0,03	0,035
Чугун передельный ПЛ1	3	3,00	2,0	1,0	0,03	0,150
Ферромарганец ФМН78		6,00	75,0	2,0	0,03	0,350
Ферросилиций ФС45		0,25	0,6	45,0	0,03	0,040

Алюминий: Al=98%; Fe-2%

#### 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.

Возврат собственного производства внесет, %:

$$C = 0,35 \cdot 0,382 = 0,134;$$

$$Mn = 0,6 \cdot 0,382 = 0,229$$

$$Si = 0,4 \cdot 0,382 = 0,153;$$

$$S = 0,04 \cdot 0,382 = 0,015;$$

$$P = 0,04 \cdot 0,382 = 0,015;$$

$$Fe = 37,654.$$

Количество железа определяется по формуле:

$$Q_{Fe} = a - \Sigma b,$$

где  $a$  - процентное содержание составляющей в шихте;

$\Sigma b$  - суммарное содержание элементов (без железа) в данной составляющей шихты, %.

Стальной лом вносит, %:

$$C = 0,25 \cdot 0,518 = 0,130;$$

$$Mn = 0,5 \cdot 0,518 = 0,259;$$

$$Si = 0,37 \cdot 0,518 = 0,192;$$

$$S = 0,03 \cdot 0,518 = 0,016;$$

$$P = 0,035 \cdot 0,518 = 0,018;$$

$$Fe = 51.185.$$

Стружка в брикетах вносит, %:

$$C = 0,35 \cdot 0,07 = 0,024;$$

$$Mn = 0,6 \cdot 0,07 = 0,042;$$

$$Si = 0,25 \cdot 0,07 = 0,018;$$

$$S = 0,04 \cdot 0,07 = 0,002;$$

$$P = 0,04 \cdot 0,07 = 0,002;$$

$$Fe = 6,912.$$

Чугун передельный вносит, %:

$$C = 3 \cdot 0,03 = 0,09;$$

$$Mn = 2 \cdot 0,03 = 0,06;$$

$$Si = 1 \cdot 0,03 = 0,03;$$

$$S = 0,03 \cdot 0,03 = 0,001;$$

$$P = 0,15 \cdot 0,03 = 0,004;$$

$$Fe = 2,815.$$

Средний химический состав шихты приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Средний химический состав шихты

Элемент	Вносят элементов, %				Средний химический состав, %
	Возврат	Стружка в брикетах	Стальной лом	Чугун передельный	
C	0.134	0.024	0.13	0.09	0.378
Mn	0.229	0.042	0.259	0.06	0.59
Si	0.153	0.018	0.192	0.03	0.393
S	0.015	0.002	0.016	0.001	0.034
P	0.015	0.002	0.018	0.004	0.039
Fe	37.654	6.912	51.185	2.815	98.566

Период плавления шихты

Во время плавления шихты окисляются кремний, марганец, углерод и железо.

Угар кремния составляет 70 %. Перейдёт в шлак  $0,7 \cdot 0,393 = 0,275$  кг; остаётся в металле  $0,393 - 0,275 = 0,118$  кг.

Угар марганца составляет 70 %. Перейдёт в шлак  $0,7 \cdot 0,59 = 0,413$  кг, останется в металле  $0,59 - 0,413 = 0,177$  кг.

Угар железа составляет 2 %. Перейдёт в шлак  $0,02 \cdot 98,566 = 1,971$  кг; останется в металле  $98,566 - 1,971 = 96,595$  кг.

Угар углерода шихты компенсируется переходом углерода в металл из графитовых электродов.

В таблице 7 приведён состав металла после расплавления шихты.



Таблица 7 – Состав металла после расплавления шихты

Элементы	Содержание элементов	
	кг	%
Углерод	0.378	0.388
Марганец	0.177	0.182
Кремний	0.118	0.121
Сера	0.034	0.035
Фосфор	0.039	0.040
Железо	96.595	99.234
ИТОГО	97.341	100

Шлак периода плавнения

Количество окисла, перешедшего в шлак, можно определить по формуле:

$$q_{MeO} = U \cdot M_o : M_z ,$$

где  $q_{MeO}$  - количество окисла соответствующего элемента, кг;

$U$  - угар элемента, кг;

$M_o, M_z$  - молекулярные веса окисла и элемента.

В таблице 8 приведён химический состав шлакообразующих материалов.

Таблица 8 – Химический состав шлакообразующих материалов

Наименование материала	Содержание окислов, %				
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
Известь свежеобожженная	92,0	3,0	1,0	1,0	3,0
Динас	1,34	96,58	0,58	1,4	-
Руда железная	0,7	6,0	3,0	90,0	0,3
Песок	-	96,0	2,0	2,0	-
Зола электродов	11,8	56,5	31,7	-	-

Рассчитаем количество окислов, поступивших в шлак из металла:

$$SiO_2 = 0,275 \cdot 60 : 28 = 0,589 \text{ кг};$$

$$MnO = 0,413 \cdot 71 : 55 = 0,533 \text{ кг}.$$

Примем, что из всего количества железа, которое угорает (1,971 кг) до FeO окисляется 25%, до Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5% ,а 70% его улетучивается в зоне электрических дуг. Тогда,

$$FeO = 1,971 \cdot 0,25 \cdot 72 : 56 = 0,634 \text{ кг};$$

$$Fe_2O_3 = 1,971 \cdot 0,05 \cdot 160 : 112 = 0,141 \text{ кг}.$$

$$\text{Улетучивается железа } 1,971 \cdot 0,7 = 1,38 \text{ кг}.$$

Примем количество пригара в виде песка на отходах собственного производства 1% от массы отходов, то есть  $\delta_{пр} = 31,5 \cdot 0,01 = 0,315 \text{ кг}$ .

Количество окислов, вносимых этим песком можно определить из соотношения:

$$q_{MeO} = \delta_{пр} \cdot K : 100,$$

где  $q_{MeO}$  - количество окисла, переходящего в шлак, кг;

$\delta_{np}$  - масса песка, кг;

$K$  - процентное содержание данного окисла в песке, %.

Песок шихты внесёт:

$SiO_2=0,315 \cdot 96:100=0,302$  кг;

$Al_2O_3=0,315 \cdot 2:100=0,006$  кг;

$Fe_2O_3=0,315 \cdot 2:100=0,006$  кг.

На наварку подины и откосов используется кварцевый песок, расход которого составляет на 100 кг шихты 1-2,5 кг. Примем, что из подины и откосов печи переходит в шлак 2,4 кг набивной массы. В период плавления шихты в шлак перейдёт 50% количества всей массы, то есть  $2,4 \cdot 50:100=1,2$  кг. Песок набивной массы внесёт в шлак следующее количество окислов:

$SiO_2=1,2 \cdot 96:100=1,151$  кг;

$Al_2O_3=1,2 \cdot 2:100=0,024$  кг;

$Fe_2O_3=1,2 \cdot 2:100=0,024$  кг.

Общий расход динасового кирпича на ремонт свода равен 1 кг на 100 кг садки. В период плавления переходит в шлак 60% этой массы, то есть 0,6 кг. Динас внесёт следующее количество окислов:

$SiO_2=0,6 \cdot 96,58:100=0,58$  кг;

$Al_2O_3=0,6 \cdot 0,58:100=0,003$  кг;

$Fe_2O_3=0,6 \cdot 1,4:100=0,008$  кг;

$CaO=0,6 \cdot 1,34:100=0,008$  кг.

Расход графитовых электродов зависит от ёмкости печи и составляет 0,4-0,6 кг на 100 кг садки. Примем в расчётах расход электродов 0,6 кг. В период плавления расходуется 60% или 0,36 кг электродов. При сгорании электродов образуется зола в количестве 0,2-1,3%. Примем, что электроды вносят в шлак 1% золы,  $0,36 \cdot 1:100=0,0036$  кг.

Зола внесёт в шлак:

$CaO=0,0036 \cdot 11,8:100=0,0005$  кг;

$SiO_2=0,0036 \cdot 56,5:100=0,0022$  кг;

$Al_2O_3=0,0036 \cdot 31,7:100=0,0012$  кг.

Таким образом, шлак периода плавления состоит из окислов, представленных в таблице 9.

Таблица 9 – Химический состав шлака периода плавления

Источники	Внесено окислов, кг							
	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$FeO$	$Fe_2O_3$	$MnO$	$CaO$	Всего	
Из шихты	0.589	0	0.634	0.141	0.533	0	1.897	
Из песка шихты	0.302	0.006	0	0.006	0	0	0.314	
Из подины и откосов	1.151	0.024	0	0.024	0	0	1.199	
Из стенок и свода	0.58	0.003	0	0.008	0	0.008	0.599	
Из золы электродов	0.0022	0.0012	0	0	0	0.0005	0.0039	
ИТОГО	кг	2.6242	0.0342	0.634	0.179	0.533	0.0085	4.0129
	%	65.39	0.85	15.80	4.46	13.28	0.21	100

## Окислительный период

Во время окислительного периода содержание углерода необходимо снизить на 0,05% ниже нижнего предела заданного химического состава стали, то есть до 0,27%.

После присадки железной руды марганец окисляется до 0,08%, а кремний до 0,03%. Будем считать, что угар железа во время окислительного периода будет компенсироваться железом, восстановленным из окислов железа.

Считая, что масса металла составляет 97,341 кг, то к концу окислительного периода углерода в нём должно быть:  $C=97,341 \cdot 0,27:100=0,263$  кг.

Выгорит углерода  $0,378-0,263=0,115$  кг.

К концу окислительного периода в металле останется 0,08% марганца или  $97,341 \cdot 0,08:100=0,078$  кг. Окисляется марганца  $0,177-0,078=0,099$  кг, что в пересчёте на MnO составит  $0,099 \cdot 71:55=0,128$  кг.

Кремния к концу окислительного периода останется 0,03% или  $97,341 \cdot 0,03:100=0,029$  кг, а окисляется кремния  $0,118-0,029=0,089$  кг, что в пересчёте на SiO<sub>2</sub> составит  $0,089 \cdot 60:28=0,191$  кг. Принимаем, что окисление элементов в жидком металле происходит за счёт кислорода, вносимого железной рудой.

## Расчёт потребности руды

Источником кислорода для окисления примесей является FeO, получаемый из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe по реакции:  $Fe_2O_3+Fe=3FeO$ .

В таблице 10 приведено количество FeO, необходимое для окисления элементов.

Таблица 10 – Количество FeO, необходимое для окисления

Элемент	Окисляется элемента, кг	Химическая реакция окисления	Расход на единицу элемента	Образуется FeO, кг
C	0,115	$FeO+C=Fe+CO$	$72:12=6$	$0,115 \cdot 6=0,690$
Si	0,089	$2FeO+Si=2Fe+SiO_2$	$144:28=5,1$	$0,089 \cdot 5,1=0,454$
Mn	0,099	$FeO+Mn=Fe+MnO$	$72:55=1,3$	$0,099 \cdot 1,3=0,129$
ИТОГО	-	-	-	1,273

Для образования 1,273 кг FeO требуется Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe:

$Fe_2O_3 = 160 \cdot 1,273:216=0,943$  кг;

$Fe = 1,273-0,943=0,33$  кг.

Принимаем, что 10% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> переходит в шлак, а 90% восстанавливается до FeO. Отсюда потребность в железной руде составит:  $0,943 \cdot 100:(90 \cdot 0,9)=1,164$  кг.

При этом образуется окиси углерода  $CO=0,115 \cdot 28:12=0,268$  кг.

В конце окислительного периода производится присадка извести В печь В количестве 0,3 кг на 100 кг садки.

Шлак окислительного периода.

Рассчитаем состав и массу шлака окислительного периода и сведём в таблицу.

Железная руда внесёт в шлак:

$$\text{CaO} = 1,164 \cdot 0,7 / 100 = 0,008 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 1,164 \cdot 6 / 100 = 0,070 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,164 \cdot 3 / 100 = 0,035 \text{ кг};$$

$$\text{MgO} = 1,164 \cdot 0,3 / 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}) = 1,164 \cdot 0,1 \cdot 90 / 100 = 0,105 \text{ кг}.$$

Поступило в шлак из извести:

$$\text{CaO} = 0,3 \cdot 92 / 100 = 0,276 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 0,3 \cdot 3 / 100 = 0,009 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,3 \cdot 1 / 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$\text{MgO} = 0,3 \cdot 3 / 100 = 0,009 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3 \cdot 1 / 100 = 0,003 \text{ кг}.$$

В окислительный период в шлак переходит 20% динасового кирпича, расходуемого на ремонт кладки, что составит  $1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ кг}$ .

Составляющие футеровки внесут в шлак:

$$\text{SiO}_2 = 0,2 \cdot 96,58 / 100 = 0,193 \text{ кг};$$

$$\text{CaO} = 0,2 \cdot 1,34 / 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2 \cdot 0,58 / 100 = 0,001 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2 \cdot 1,4 / 100 = 0,003 \text{ кг}.$$

Из подины и откосов в шлак поступает 25% набивной массы, что составляет  $2,4 \cdot 25 / 100 = 0,6 \text{ кг}$ .

Составляющие набивной массы внесут в шлак следующее количество окислов:

$$\text{SiO}_2 = 0,6 \cdot 96 / 100 = 0,576 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 2 / 100 = 0,012 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 2 / 100 = 0,012 \text{ кг}.$$

В окислительный период расходуется 20% электродов, что составляет  $0,6 \cdot 20 / 100 = 0,12 \text{ кг}$ . Электроды вносят 1% золы.  $1 \cdot 0,12 / 100 = 0,0012 \text{ кг}$ .

Составляющие золы внесут в шлак:

$$\text{CaO} = 0,0012 \cdot 11,8 / 100 = 0,0002 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 0,0012 \cdot 56,5 / 100 = 0,0007 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0012 \cdot 31,7 / 100 = 0,0004 \text{ кг}.$$

В таблице 11 приведен состав шлака окислительного периода.

Таблица 11 – Состав шлака окислительного периода

Источник поступления шлака	Содержание окислов, кг								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Всего	
Шлак плавки периода	2.6242	0.0342	0.634	0.179	0.533	0.0085	0	4.0129	
Металл	0.191	0	0	0	0.128	0	0	0.319	
Известь	0.009	0.003	0	0.003	0	0.276	0.009	0.3	
Железная руда	0.07	0.035	0	0.105	0	0.008	0.003	0.221	
Свод и стены	0.193	0.001	0	0.003	0	0.003	0	0.2	
Подина и откосы	0.576	0.012	0	0.012	0	0	0	0.6	
Зола электродов	0.0007	0.0004	0	0	0	0.0002	0	0.0013	
ИТОГО	кг	3.6639	0.0856	0.634	0.302	0.661	0.2957	0.012	5.6542
	%	64.80	1.51	11.21	5.34	11.69	5.23	0.21	100

В конце окислительного периода производится доводка металла до заданного состава и его раскисление.

В таблице 12 приведён состав металла к концу окислительного периода.

Таблица 12 – Состав металла к концу окислительного периода

Элементы	Поступило элементов, кг	Перешло в шлак, кг	Потери с газом, кг	Расход на образование FeO, кг	Содержание в металле, кг
C	0.378	0	-0.115	0	0.263
Mn	0.177	-0.089	0	0	0.088
Si	0.118	-0.099	0	0	0.019
S	0.034	0	0	0	0.034
P	0.039	0	0	0	0.039
Fe	96.595	0	0	-0.33	96.265
ИТОГО	97.341	-0.188	-0.115	-0.33	96.708

### Расчёт количества раскислителей

Для раскисления и доводки металла по марганцу вводится ферромарганец из расчёта получения его в металле 0,6 %. Учитывая, что к концу окислительного периода в металле уже есть 0,08% марганца, потребность в нём составляет  $0,6 - 0,08 = 0,52\%$ .

Принимая, угар марганца 20% получим необходимое количество ферромарганца:

$$0,52 \cdot 100 / (0,75 \cdot 80) = 0,87 \text{ кг.}$$

Ферромарганец внесёт следующее количество элементов:

$$C = 0,87 \cdot 6 / 100 = 0,052 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,87 \cdot 2 / 100 = 0,017 \text{ кг;}$$

$$Mn = 0,87 \cdot 75 / 100 = 0,653 \text{ кг;}$$

$$P = 0,87 \cdot 0,35 / 100 = 0,003 \text{ кг;}$$

$$S = 0,87 \cdot 0,03 / 100 = 0,0002 \text{ кг;}$$

$$Fe = 0,87 \cdot 16,62 / 100 = 0,145 \text{ кг.}$$

На раскисление металла расходуется марганца  $0,87 \cdot 0,8 = 0,696$  кг.

При этом образуются закиси марганца:  $0,87 \cdot 0,2 = 0,174$  кг или  $0,174 \cdot 71/55 = 0,225$  кг. Остальные элементы из ферромарганца полностью переходят в металл. После присадки ферромарганца металл будет иметь следующий состав:

$$C = 0,263 + 0,052 = 0,315 \text{ кг};$$

$$Si = 0,019 + 0,017 = 0,036 \text{ кг};$$

$$Mn = 0,088 + 0,653 = 0,741 \text{ кг};$$

$$P = 0,039 + 0,003 = 0,042 \text{ кг};$$

$$S = 0,034 + 0,0002 = 0,0342 \text{ кг};$$

$$Fe = 96,265 + 0,145 = 96,41 \text{ кг}.$$

Для доведения металла до заданного состава по кремнию в конце окислительного периода вводится 45% ферросилиций. В металле должно быть 0,4% кремния, поэтому потребность в нём составляет:  $0,4 - 0,036 = 0,364$  кг. Необходимое количество ферросилиция с учётом 10% угара составит:

$$0,364 \cdot 100 / (0,45 \cdot 90) = 0,9 \text{ кг}.$$

Ферросилиций внесёт следующее количество элементов:

$$C = 0,9 \cdot 0,25 / 100 = 0,002 \text{ кг};$$

$$Si = 0,9 \cdot 45 / 100 = 0,405 \text{ кг};$$

$$Mn = 0,9 \cdot 0,6 / 100 = 0,005 \text{ кг};$$

$$P = 0,9 \cdot 0,04 / 100 = 0,0004 \text{ кг};$$

$$S = 0,9 \cdot 0,03 / 100 = 0,0003 \text{ кг};$$

$$Fe = 0,9 \cdot 54,08 / 100 = 0,487 \text{ кг}.$$

На раскисление металла расходуется кремния  $0,405 \cdot 10 / 100 = 0,041$  кг.

При этом образуется кремнезёма  $0,041 \cdot 60 / 28 = 0,088$  кг, а в металл переходит  $0,405 - 0,041 = 0,364$  кг кремния.

После присадки ферросилиция металл будет иметь следующий состав:

$$C = 0,315 + 0,002 = 0,317 \text{ кг};$$

$$Si = 0,036 + 0,364 = 0,4 \text{ кг};$$

$$Mn = 0,741 + 0,005 = 0,746 \text{ кг};$$

$$P = 0,042 + 0,0004 = 0,0424 \text{ кг};$$

$$S = 0,0342 + 0,0003 = 0,0347 \text{ кг};$$

$$Fe = 96,41 + 0,487 = 96,897 \text{ кг}.$$

Для окончательного раскисления в металл вводится алюминий, в количестве 0,1 кг на 100 кг стали.

Алюминий внесёт:

$$Al = 0,1 \cdot 98 / 100 = 0,098 \text{ кг};$$

$$Fe = 0,1 \cdot 2 / 100 = 0,002 \text{ кг}.$$

Алюминий полностью окислится за счёт содержания кислорода металла и перейдёт в шлак, образуя  $Al_2O_3$  в количестве  $0,098 \cdot 102 / 54 = 0,185$  кг.

В таблице 13 приведён состав металла после раскисления.

Таблица 13 – Состав металла после раскисления

Элементы	Состав металла до раскисления, кг	Ферромарганец вносит, кг	Ферросилиций вносит, кг	Окисляется, кг	Всего, кг
C	0.263	0.052	0.002	0	0.317
Si	0.088	0.017	0.405	-0.041	0.469
Mn	0.019	0.653	0.005	-0.174	0.503
P	0.034	0.003	0.0004	0	0.0374
S	0.039	0.0002	0.0003	0	0.0395
Fe	96.265	0.145	0.487	0	96.897
ИТОГО	96.708	0.8702	0.8997	-0.215	98.2629

В период раскисления стали, расходуется такое же количество кладки свода, набивной массы и угольных электродов, что и в окислительный период.

Состав и количество шлака к концу раскисления стали, приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Состав и количество шлака к концу раскисления стали

Источники поступления шлака	Содержание окислов, кг								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Всего	
Шлак окислительного периода	3.6639	0.0856	0.634	0.302	0.661	0.2957	0.012	5.6542	
Свод и стены	0.193	0.001	0	0.003	0	0.003	0	0.2	
Подина и откосы	0.576	0.012	0	0.012	0	0	0	0.6	
Зола электродов	0.0007	0.0004	0	0	0	0.0002	0	0.0013	
Ферромарганец	0	0	0	0	0.225	0	0	0.225	
Ферросилиций	0.088	0	0	0	0	0	0	0.088	
Алюминий	0	0.185	0	0	0	0	0	0.185	
ИТОГО	кг	4.5216	0.284	0.634	0.317	0.886	0.2989	0.012	6.9535
	%	65.03	4.08	9.12	4.56	12.74	4.30	0.17	100

Материальный баланс плавки составляется с целью проверки правильности расчёта шихты. Невязка в расчётах не должна превышать 0,5-1%.

Материальный баланс плавки приведён в таблице 15.

Таблица 15 – Материальный баланс плавки

Израсходовано	кг	Получено	кг
Отходы собственного производства	38.2	Металла	98.2629
Стальной лом	51.8	Шлака	6.9535
Стружка	7	Газа	0.268
Чугун	3	Улетучилось железа	1.38
Ферромарганец	0.87	Невязка	0.4696
Ферросилиций	0.9		
Алюминий	0.1		
Электроды	0.6		
Известь	0.3		
Песок	2.4		
Железная руда	1.164		
Динас	1		
ИТОГО	107.334	ИТОГО	107.334

### 2.3.3. Технология выплавки стали в электродуговой печи

Плавка стали в дуговой электропечи состоит из двух периодов – окислительного и восстановительного.

Задачи окислительного периода – расплавление, удаление из расплава фосфора и газов, поглощенных при расплавлении шихты, а также снижении в расплаве содержания углерода, кремния марганца. При рафинировании частично или полностью удаляется сера. В конце плавки для удаления закиси железа сталь раскисляют вводом необходимых добавок, а затем сливают в разливочный ковш.

### 2.3.4. Расчет количества плавильных агрегатов

Технические характеристики электродуговой печи ДСП-4 приведены в таблице 16.



Таблица 16 – Техническая характеристика электродуговой печи ДСП-4

Наименование параметров и характеристик	Значения
Объем (тонн)	4
Мощность (кВА)	3000
Производительность (тонн/час)	2,7
Удельный расход электроэнергии (кВт ч/т)	650
Время расплавления (мин)	46
Максимальная температура расплава, °С	1650
Напряжение силовых цепей, В	380
Напряжение цепей управления, В	220
Число фаз силовых цепей и цепей управления	3
Частота тока силовых цепей и цепей управления, Гц	50
Род тока	Переменный
Установленная мощность печного трансформатора, МВА	2
Номинальное первичное напряжение трансформатора, кВ	6
Давление охлаждающей воды, МПа	0,4
Давление сжатого воздуха	0,6

Рассчитаем количество печей по следующей формуле:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_o \cdot Pr}$$

где  $Q$  – количество металла, необходимое для выполнения годовой программы, т;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования( для плавильных печей  $K_n = 1,1 \dots 1,2$ );

$T_o$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$Pr$  – производительность печи, т/ч.

$$N = \frac{42000 \cdot 1.1}{3754.4 \cdot 2.7} = 4,6 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы необходимо 5 печей ДСП-4.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_3 = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $N$  – расчетное количество оборудования, шт;

$N_{np}$  – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{4,6}{5} \cdot 100\% = 92\%.$$

### 2.3.5. Выбор и расчет парка ковшей

Для приема металла из печи емкость 4 тонны, транспортировки его к месту расположения форм и заливке стали в формы используются чайниковые ковши емкостью 4 тонны.

Определим количество одновременно работающих ковшей:

$$N = \frac{q \cdot n \cdot t}{60 \cdot m},$$

где  $q$ - производительность плавильной печи, т/ч;

$t$ - время оборота ковша, мин;

$n$  - число одновременно работающих печей, шт;

$m$ - емкость ковша, т.

$$N = \frac{2,7 \cdot 5 \cdot 130}{60 \cdot 4} = 7,3 \text{ шт.}$$

Следовательно требуется 8 одновременно работающих ковшей.

Таблица 17 - Количество ковшей

Емкость ковша, т	Число одновременно работающих ковшей, шт	Число ковшей на ремонте, шт	Запас ковшей 20%, шт	Общее количество ковшей, шт
4	8	16	5	29

## 2.4. Формовочное отделение

В формовочном отделении выполняются операции формовки, сборки, заливки, охлаждения и выбивки отливок, трудоемкость которых составляет до 60% от общей трудоемкости изготовления отливок. Технико-экономические показатели формовочного отделения, организация работы и выбор оборудования, организация работы и выбор оборудования в первую очередь зависят от способа изготовления форм. Основными факторами, обеспечивающими выбор метода формовки, является характер производства, масса, габариты и класс точности отливок, род металла, вид производственной программы и мощность проектируемого цеха.

### 2.4.1. Выбор оборудования формовочного отделения

Для осуществления всего перечня операций на данном переделе нами выбрано следующее оборудование:

- Линию формовки в опоках ИФЛ70;
- Линию формовки в опоки Л653.

Комплексная автоматическая линия типа ИФЛ70 предназначена для изготовления отливок в сырых разовых песчано-глинистых формах. Линия создана на базе одной многопозиционной формовочной установки с роликowymi конвейерами.

Линия рассчитана на четыре самостоятельных участка: формовки выбивки, транспортировки на заливку и охлаждении, формовочной установки

Дистанционное управление линией осуществляется с центрального пульта и вспомогательных пультов, расположенных на участках.

Технические характеристики линии приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Технические параметры и характеристики формовочной линии ИФЛ70

Наименование параметров и характеристик	Значения
Размер опок, мм в свету высота	1000×800 350
Скорость перемешивания форм по роликовым конвейерам, м/мин	8,4
Производительность цикловая. форм/ч	45
Число рабочих обслуживающих линию в одну смену	5
Расход формовочной смеси, м <sup>3</sup> /ч	140
Установочная мощность, кВт	400
Грузоподъемность вибростола, кг	1500
Габаритные размеры линии, м	44×14,1
Масса линии, т	417

Количество данного оборудования рассчитаем по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_d - t) \cdot Pr},$$

где  $Q$  – количество форм на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования ( для формовочного оборудования  $K_n = 1,0$ );

$T_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

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

$Pr$  – производительность оборудования, форм/ч.

$$N = \frac{148256 \cdot 1,1 \cdot 1}{(3734,6 - 60) \cdot 45} = 0,98 \text{ шт.}$$

Принимаем одну формовочную линию ИФЛ70.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $N$  – расчетное количество оборудования, шт;

$N_{пр}$  – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{0,98}{1} \cdot 100\% = 98\%.$$

Комплексная автоматическая линия Л653 предназначенная для изготовления стальных отливок в песчано - глинистых формах в условиях серийного производства.

Линия рассчитана на четыре самостоятельных участка: формовки выбивки, транспортировки на заливку и охлаждении, формовочной установки

Дистанционное управление линией осуществляется с центрального пульта и вспомогательных пультов, расположенных на участках. Технические характеристики линии приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Основные параметры и характеристики формовочной линии Л653

Наименование параметров и характеристик	Значения
Размер опок, мм в свету высота	1600×1200 500
Производительность цикловая, форм/ч	25
Давление прессования, МПа	1,6
Установленная мощность, кВт	858
Рабочее давление в гидросистеме	
Габаритные размеры, м	116×25
Масса линии, т	1100

Количество данного оборудования рассчитаем по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_d - t) \cdot P_p},$$

где  $Q$  – количество форм на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования ( для формовочного оборудования  $K_n = 1,0$ );

$T_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

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

$Pr$  – производительность оборудования, форм/ч.

$$N = \frac{43433 \cdot 1,1 \cdot 1}{(3734,6 - 120) \cdot 25} = 0,53 \text{ шт.}$$

Принимаем одну формовочную линию Л653.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_3 = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $N$  – расчетное количество оборудования, шт;

$N_{np}$  – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{0,53}{1} \cdot 100\% = 53\%.$$

Типовое оборудование системы:

#### 1. Смена модели

Участок смены модели обеспечивает свободный доступ к оснастке для операций очистки и обслуживания.

#### 2. Формовка.

Для заполнения формы применяем смесители непрерывного действия.

#### 3. Удаление излишков смеси

На позиции заполнения формы смесь уплотняется с использованием вибрационного стола. Для удаления остатков смеси применяется автоматический нож.

#### 4. Отверждение формы

Формовочный участок включает позиционное отверждение формы. Отверждение происходит различными способами, в зависимости от использования технологического процесса и производительности линии. Полуформы поочередно передаются независимо друг от друга с использованием специального транспортного устройства.

#### 5. Кантовка формы и протяжка модели

Участок извлечения модели полностью автоматизирован, операции производятся при помощи кантующего устройства. После этого форма передается на покраску.

#### 6. Окраска формы

Операция окраски упрощена применением станций, на которых форма перемещается манипулятором в положение удобное для покраски.

#### 7. Сушка формы

Сушка производится в горизонтальном сушиле, в которое подаётся горячий воздух.

#### 8. Простановка стержней

Конвейер простановки стержней обеспечивает свободный доступ к полуформам для простановки стержней.

#### 9. Сборка форм

Для линий высокой производительностью сборка форм производится автоматически.

### 2.5. Стержневое отделение

Для изготовления стержней в серийном производстве прогрессивным является метод получения стержней изхолоднотвердеющей смеси, в качестве связующего материала синтетические смолы, которые отверждаются при комнатной температуре за счет продувки отвердителем. Эти стержни отличаются точностью, прочностью и легко удаляются из отливок при выбивке форм.

#### 2.5.1. Выбор и расчет стержневого оборудования

Для изготовления стержней в данном цехе применяем стержневые линии Л9128Б5 и Л9128Б7. Технические характеристики линий приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Техническая характеристика стержневых линий Л9128Б5 и Л9128Б7

Наименования	Л9128Б5	Л9128Б7
Масса стержня (макс.), кг	16	40
Размеры стержневого ящика (предпочтительные), мм	630×500	800×630
Производительность цикловая, съёмов /ч	150	50
Расход стержневой смеси, м <sup>3</sup> /ч	2,1	4,1
Масса комплекта, т	18,7	21
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	120	270
Установленная мощность, кВт	31	31
Габаритные размеры линии, мм		
Длина	5100	6050
Ширина	8100	13380

Для расчета стержневых линий составим производственную программу стержневого отделения ( таблица 21).

Количество стержневых машин определяем по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_o - t) \cdot Pr},$$

где  $Q$  – количество стержней на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования( для стержневого оборудования  $K_n = 1,05 \dots 1,1$ );

$T_o$  – действительный фонд времент работы оборудования, ч;

$t$ – время, необходимое для смены оснастки и наладкув год, ч;

$Pr$  – производительность оборудования, стержней/ч.

Количество машин Л9128Б5 равно:

$$N = \frac{534490 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{(3778,1 - 50) \cdot 150} = 1,2 \text{ шт.}$$

Количество машин Л9128Б7 равно:

$$N = \frac{87759 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{(3778,1 - 200) \cdot 50} = 0,59 \text{ шт.}$$

Установим две машины Л9128Б5 и одну машину Л9128Б7



Таблица 21 – Программа стержневого отделения

Массовая группа, кг	Наименование отливки	Масса отливки без литников и прибылей, кг	Масса отливки с литниками и прибылями, кг	Количество отливок на годовую программу, шт	Масса отливки без литников и прибылей на годовую программу, т	Масса отливки с литниками и прибылями на годовую программу, т	Количество отливок в форме, шт	Количество форм на годовую программу, шт	Количество стержней на отливку, шт	Количество стержней на программу, шт	Расход стержневой смеси на одну отливку, м <sup>3</sup>	Расход стержневой смеси на программу, м <sup>3</sup>
0-100	Маховик	17	30.9	88235	1500	2727.3	4	22059	1	88235	0.001768	156
	Патрубок	19.8	36.9	60606	1200	2236.4	4	15152	1	60606	0.002059	124.8
	Патрубок	23	42.6	57391	1320	2444.4	4	14348	1	57391	0.004163	238.92
	Барабан	24.1	44.6	48133	1160	2148.1	4	12033	1	48133	0.004362	209.96
	Кронштейн	27	50.0	31852	860	1592.6	4	7963	2	63704	0.004887	155.66
	Рычаг	28.5	50.9	22456	640	1142.9	4	5614	1	22456	0.005159	115.84
	Стакан	31	55.4	40323	1250	2232.1	2	20161	1	40323	0.005611	226.25
	Фланец	33	58.9	33333	1100	1964.3	2	16667	0	0	0	0
	Втулка	36	64.3	16667	600	1071.4	2	8333	1	16667	0.006516	108.6
	Крышка	37.3	66.6	9383	350	625.0	2	4692	3	28150	0.006751	63.35
	Кронштейн	39.5	70.5	17722	700	1250.0	2	8861	3	53165	0.00715	126.7
	Крышка корпуса	71	120.3	8169	580	983.1	1	8169	5	40845	0.012851	104.98
	Корпус редуктора	82.4	139.7	2002	165	279.7	1	2002	3	6007	0.014914	29.865
Балка	94	159.3	2202	207	350.8	1	2202	4	8809	0.017014	37.467	
Итого по группе				438474	11632	21048.1		148256		534490		1698.392
100-400	Балка наружная	180	290.3	8333	1500	2419.4	1	8333	4	33333	0.05418	451.5
	Картер	210	338.7	5348	1123	1811.3	1	5348	2	10695	0.06321	338.023
	Корпус	222	358.1	4302	955	1540.3	1	4302	0	0	0	0

	Крышка люка	243	391.9	5350	1300	2096.8	1	5350	0	0	0	0
	Сцепка	254	409.7	3543	900	1451.6	1	3543	6	21260	0.076454	270.9
	Опора	274	441.9	2847	780	1258.1	1	2847	2	5693	0.082474	234.78
	Корпус	285	459.7	1965	560	903.2	1	1965	2	3930	0.085785	168.56
	Подвес	300	476.2	4467	1340	2127.0	1	4467	1	4467	0.0903	403.34
	Стойка	315	500.0	2794	880	1396.8	1	2794	3	8381	0.094815	264.88
	Опора	348	552.4	2716	945	1500.0	1	2716	0	0	0	0
	Станина	387	614.3	1770	685	1087.3	1	1770	0	0	0	0
	Итого по группе			43433	10968	17591.8		43433		87759		2131.983
	Итого по цеху			481908	22600	38639.9		191689		622249		3830.375

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $N$  – расчетное количество оборудования, шт;

$N_{np}$  – принятое количество оборудования, шт.

Для машины Л9128Б5:

$$K_z = \frac{1,2}{2} \cdot 100\% = 60\%.$$

Для машины Л9128Б7:

$$K_z = \frac{0,59}{1} \cdot 100\% = 59\%.$$

### 2.5.2. Процесс изготовления стержней

После уплотнения смеси в ящике пескодувным или пескометным способом стержень продувается смесью паров низкокипящей жидкости – третичного амина с воздухом, и стержень приобретает начальную прочность, которая составляет 60% ее конечного значения. Время продувки 2...5 с, далее 10...20с стержень продувает воздухом для его очистки от паров амина. Расход катализатора менее 1,5 г на 1 кг стержневой смеси. В результате взаимодействия компонентов связующего в присутствии катализатора образуется твердый полимер- полиуретан, который и обеспечивает высокую прочность стержня. Для подготовки, дозирования и подачи амина применяют специальные газогенераторы, которые испаряют амин, смешивают его с воздухом и падают в стержневой ящик. Степень очистки воздуха в этой системе близка к 100%. Таким образом, весь тракт подачи амина полностью герметизирован, что обеспечивает безопасность процесса. При необходимости готовые стержни окрашивают противопожарной краской.

Для предотвращения пригара стержни окрашивает водной графитной краской. Состав краски: 33% - графит кристаллический; 13,5% - тальк; 2,5% - Бентонит; 1% - декстрина; 50% - воды.

На линиях установлены одноходовые сушила конвейерное горизонтальное для подсушки стержней после окраски.

Температура в сушиле 200-250°C. Изделие перемещается через сушило по конвейеру с электроприводом и механизмом натяга. Рециркуляция газов в сушиле осуществляется водоохлаждаемым вентилятором, расположенные вместе с топкой на площадке. Горячие газы, многократно омывая изделия, передают свою теплоту конвекцией.

## 2.6. Смесеприготовительное отделение

Для изготовления форм применяется единая песчано-глинистая смесь, а для стержней применяется холоднотвердеющая смесь на основе смолы которая готовится непосредственно на стержневой линии. Состав формовочной смеси приведен в таблице 22, свойства приведены в таблице 23.

Таблица 22 – Состав формовочной смеси

Наименование составляющих	% по объему
Смесь обратная	90,0
Песок кварцевый	5,0
Бентонит	5,0
Вода	4,0 – 5,0

Таблица 23 – Свойства формовочной смеси

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

Состав стержневой смеси приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Состав стержневой смеси

Песок	Полиуретановая смола (жидкое состояние);	Полиизоцианат (жидкое состояние)	Амин (газообразное состояние)
100%	0,4...0,6%	0,4...0,6%	0.05...0,2%

Свойство стержневой смеси:

- Прочностные характеристики являются функцией весовой доли смолы по отношению к массе песка, а также отношению перемешивания смолы с полиизоцианатом. Классические смеси с 0,4...0,6% смолы при отношении смолы: полиизоцианату =1:1 имеют прочность при сжатии от 3 до 5 МПа., причем прочность при огибании не менее 1,5МПа;

- Текучесть смеси отличная;

- Газотворная способность – во время заполнения формы расплавом возможно выделение фенола, бензола и свободного формальдегида.

- Живучесть стержневой смеси (в закрытом состоянии) несколько дней.

Производственная программа смесеприготовительного участка приведена в таблице 25.

В формовочном отделении осуществляется подготовка формовочных материалов и приготовление из них формовочной смеси.

Для отсева используются полигональные сита, для сушки проходные сушильные печи, а для приготовления формовочной смеси применяются смесители непрерывного действия модели 15208.

Технические характеристики смесителя приведены в таблице 26.

Таблица 25 – Программа смесеприготовительного отделения

Массовая группа, кг	Наименование отливки	Масса отливки без литников и прибылей, кг	Масса отливки с литниками и прибылями, кг	Количество отливок на годовую программу, шт	Количество отливок в форме, шт	Количество форм на годовую программу, шт	Расход формовочной смеси на одну отливку, кг	Расход формовочной смеси на программу, т
0-100	Маховик	17	30.9	88235	4	22059	161.5	14250
	Патрубок	19.8	36.9	60606	4	15152	188.1	11400
	Патрубок	23	42.6	57391	4	14348	241.5	13860
	Барабан	24.1	44.6	48133	4	12033	253.05	12180
	Кронштейн	27	50.0	31852	4	7963	283.5	9030
	Рычаг	28.5	50.9	22456	4	5614	299.25	6720
	Стакан	31	55.4	40323	2	20161	325.5	13125
	Фланец	33	58.9	33333	2	16667	346.5	11550
	Втулка	36	64.3	16667	2	8333	378	6300
	Крышка	37.3	66.6	9383	2	4692	391.65	3675
	Кронштейн	39.5	70.5	17722	2	8861	414.75	7350
	Крышка корпуса	71	120.3	8169	1	8169	688.7	5626
	Корпус редуктора	82.4	139.7	2002	1	2002	799.28	1600.5
Балка	94	159.3	2202	1	2202	911.8	2007.9	
Итого по группе				438474		148256		118674.4
100-400	Балка наружная	180	290.3	8333	1	8333	1656	13800
	Картер	210	338.7	5348	1	5348	1932	10331.6
	Корпус	222	358.1	4302	1	4302	2042.4	8786
	Крышка люка	243	391.9	5350	1	5350	2235.6	11960
	Сцепка	254	409.7	3543	1	3543	1879.6	6660
	Опора	274	441.9	2847	1	2847	2027.6	5772
	Корпус	285	459.7	1965	1	1965	2109	4144
	Подвес	300	476.2	4467	1	4467	2220	9916
	Стойка	315	500.0	2794	1	2794	2331	6512
	Опора	348	552.4	2716	1	2716	2575.2	6993
Станина	387	614.3	1770	1	1770	2863.8	5069	
Итого по группе				43433		43433		89943.6
Итого по цеху				481908		191689		208618

Таблица 26 – Технические характеристики Смесителя 15208

Характеристика	Значение
Объем замеса, м <sup>3</sup>	7,4
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	30
Размер чаши (диаметр/высота), мм	3024/1404
Число катков	4
Размер катка (диаметр/ширина)	1220/356
Масса катка, кг	1600
Частота вращения вертикального вала, об/мин	33,7
Число обслуживающего персонала	1
Мощность электродвигателя привода, кВт	400
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	1,5
Производительность вытяжной вентеляции, м <sup>3</sup> /ч	18000
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	5880x5400x3750
Масса, кг	47000

Количество смесителей находим по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,02 \cdot K_n}{T_\delta \cdot Pr},$$

где  $Q$  – количество формовочной смеси, необходимое для выполнения годовой программы, м<sup>3</sup>;

1,02 – коэффициент учитывающий потери формовочной смеси;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования ( для смесеприготовительного оборудования  $K_n = 1,1 \dots 1,2$ );

$T_\delta$  – действительный фонд времент работы оборудования, ч;

$Pr$  – производительность оборудования, м<sup>3</sup>/ч.

$$N = \frac{166894,4 \cdot 1,02 \cdot 1,1}{3695,1 \cdot 30} = 1,7 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы необходимо два смесителя модели 15208.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_3 = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $N$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$N_{np}$  – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{1,7}{2} \cdot 100\% = 85\%.$$

## 2.7. Термообрубное отделение

Отливки, выбитые из литейных форм, после длительного цикла охлаждения, передают в термообрубное отделение, где улучшают их физико-механические свойства и придают им товарный вид.

Типовой процесс обработки большей части отливок включают операции: отбивку литниковой системы и элементов питания отливок при их выбивке из формы; охлаждение, очистку и удаление из внутренних полостей стержней, обрубку и зачистку; исправление дефектов; термообработку, промывку, грунтовку, и сушку, контроль передачу отливок на склад.

Отливки в обрубном отделении цеха проходят операции в следующем порядке: предварительная очистка, обрезка и отбивка прибылей, выпоров, термическая обработка, отчистка поверхности, разметка и исправление дефектов, приемка, грунтовка и отгрузка на склад.

Очистка отливки производится в галтовочном барабане периодического действия. В таблице 27 указаны технические характеристики галтовочного барабана.

Таблица 27 - Технические характеристики галтовочного барабана

Параметр	Значения
Объем загрузки, м <sup>3</sup>	0,8
Наибольшая масса загрузки, кг	1800
Производительность, т/ч	3
Габаритные размеры, (ДхШхВ)	3525 × 1615 × 1490



Очистка производится путем взаимного трения и соударения отливок друг о друга при вращении барабана. Отливки загружаются в барабан, и увлекаются вращающейся поверхностью, поднимаясь на некоторую высоту и, свободно перекатываясь по нижележащим отливкам, соударяясь друг о друга - галтуются. В барабане происходит отделение литниковой системы от мелких и средних отливок.

Остатки от литников, прибылей и выпоров обрубает пневматическими молотами с зубилами (модели МР-4, МР-5) или газорезкой типа Р1-01. Технические характеристики газорезки приведены в таблице 28.

Таблица 28 - Технические характеристики газорезкой Р1-01

Наименование параметров и характеристик	Значения
Толщина разрезаемой стали, мм	3-100
Давление газа, МПа	0,2-0,5
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	10
Габариты, мм	320×140×75
Масса, кг	1,2

Для зачистки отливок от заусенцев, заливов, перекосов и неровностей, а так очистки поверхностей отливок (ужилин, пригаров) применяем дробеструйные камеры модели 44122. В таблице 29 указаны технические характеристики дробеструйной камеры.

Таблица 29- Технические характеристики дробеструйной камеры 44122

Параметр	Значения
Производительность, т/ч	10
Общая масса деталей, одновременно обрабатываемых на столе, кг	1590
Наибольшая масса очищаемой детали, кг	530
Диаметр стола, мм	3200
Диаметр тарелки, мм	1300
Число тарелок	3
Число дробеметных аппаратов	2
Производительность одного аппарата по дроби, кг/мин	250

Дробеструйные камеры предназначены для очистки от пригара отливок различной конфигурации сложности, а так же применяются в качестве

самостоятельного оборудования для очистки от окалины после термообработки.

Металлические заготовки очищаются в камере колотой дробью, которая после нескольких очистных и подготовительных этапов может быть использована вновь.

Следующая технологическая операция - термообработка отливок. Основная цель термообработки является снятие внутренних напряжений и улучшение обрабатываемости при обработке резанием, придание металлу определенной структуры и физико-механических свойств.

Для термообработки используются печи шахтного типа модели СШЗ-6. Печи шахтного типа применяются для нагрева под закалку отливок из стали, отжига длинномерных деталей и других видов термической обработки, когда требуется нагрев до температуры не выше 1200°C. Технические характеристики печи приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Технические характеристики шахтовой печи СШЗ-6

$T_{\text{макс}}, ^\circ\text{C}$	Рабочее пространство	Садка печи, кг	Габаритные размеры, мм
1200	2000×3250	3000	2660×2150×2990

Главными преимуществами данных печей являются:

- гибкость в результате использования различных скоростей нагрева и охлаждения садки;
- экономическая эффективность, из-за небольших расходов технологических медиумов;
- простота обслуживания и, безопасная эксплуатация.
- возможность обработки больших партий.

#### 2.7.1. Расчет количества оборудования термообрубногo отделения

Количество галтовочных барабанов определяем по следующей формуле:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_d \cdot Pr},$$

где  $Q$  – масса отливок с литниками и прибылями на годовую программу, т;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования (для термического оборудования  $K_n = 1,05 \dots 1,1$ );

$T_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$Pr$  – производительность оборудования, т/ч.

$$N = \frac{38639,9 \cdot 1,1}{3714,9 \cdot 3} = 3,8 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно четырехгалтовочных барабанов.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

где  $N$  – расчетное количество оборудования, шт;

$N_{np}$  – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{3,8}{4} \cdot 100\% = 95\%.$$

Рассчитаем необходимое количество дробеструйных камер для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_d \cdot Pr},$$

где  $Q$  – масса годных отливок на годовую программу, т;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования( для очистного оборудования  $K_n = 1,1 \dots 1,2$ );

$T_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$Pr$  – производительность оборудования, т/ч.

$$N = \frac{22600 \cdot 1,1}{3714,9 \cdot 30} = 0,7 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно однойдробеструйной камеры модели 44122.

$$K_s = \frac{0,7}{1} \cdot 100\% = 70\%.$$

Рассчитаем необходимое количество термических печей для выполнения производственной программы:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_d \cdot Pr},$$

где  $Q$  – масса годных отливок на годовую программу, т;

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования( для очистного оборудования  $K_n = 1,1 \dots 1,2$ );

$T_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$Pr$  – производительность оборудования, т/ч.

$$Pr = \frac{m}{t},$$

где  $m$  – садка печи, т.

$t$  – время термообработки, ч.

$$Pr = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ т/ч.}$$

$$N = \frac{22600 \cdot 1,1}{3714,9 \cdot 1,5} = 4,5 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно пятитермических печей.

$$K_3 = \frac{4,5}{5} \cdot 100\% = 90\%.$$

### 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

#### 3.1. Характеристика детали

Деталь «Патрубок» массой 15,1 кг изготавливается из стали 35Л. Масса отливки составляет 19,8 кг. Размеры детали: 345x209 мм. Преобладающая толщина стенки – 18 мм. Данная деталь используется при производстве запорной арматуры трубопроводов.

По классификации сложности отливка относится к 3 группе сложности. Часть отливки выполняется стержнями.

#### 3.2. Характеристика отливки и выбор сплава

Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, и используются для производства ответственных деталей машин. Важнейшим классификационным признаком сталей является их химический состав. По химическому составу стали, разделяются на углеродистые, конструкционные легированные, конструкционные нелегированные. Для данной отливки рассматривается сталь 35Л – конструкционная нелегированная сталь. Химический состав стали, механические, физические и технологические свойства приведены в таблицах 31 – 33.

Таблица 31-Химический состав стали 35Л [9]

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 32-Механические свойства стали 35Л [9]

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 КСУ(а)	343 кДж/см <sup>2</sup>

Таблица 33- Физические и технологические свойства

Свойства	Показания
Удельный вес $\gamma$	7,83 г/см <sup>3</sup>
Температура начала затвердевания	1480-1490 <sup>0</sup> С
Удельная теплоемкость	469 Дж/кг <sup>0</sup> С
Теплопроводность	75 Вт/м <sup>0</sup> С
Твердость по Бриннелю	137...229 НВ
Линейная усадка (свободная) $\epsilon$	2,2-2,3 %
Флокеночувствительность	не чувствительна
Свариваемость	ограниченно свариваемая
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{ур}$	1,2
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{уп}$	1,0

### 3.3. Выбор припусков на механическую обработку

Для каждого класса точности размеров по ГОСТ Р 53464-2009 определяем допуски размеров, которые зависят от серийности производства, материала отливки и номинальных размеров отливки.

Отливка «Патрубок» имеет:

- 8-13Т классы точности размеров;
- 7-15 классы точности массы;
- 5-8 ряды припусков на механическую обработку.

Принимаем 11 класс точности размеров, 13 класс точности массы и 6 ряд припусков на механическую обработку.

Назначаемые припуски на механическую обработку на обрабатываемые размеры приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Допуски на размеры и припуски на механическую обработку

Размер, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
209	5,6	6
190	5,6	6
65	4,4	5
50	3,2	3,5
15	2,8	4

Десять отверстий диаметром 13 мм, четыре резьбовых отверстия М10-7Н и проточку 3x4 зальем металлом и выполним последующей механической обработкой.

3.4. Выбор положения отливки в форме, определение количества отливок в форме, расчет размеров опок

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. При этом необходимо стремиться к уменьшению количества стержней путем замены их болванами или объединения стержней. При определении количества стержней необходимо учитывать следующее:

- стержень должен быть достаточно прочным.
- стержень должен надежно фиксироваться в форме.
- желательно, чтобы стержень имел ровную поверхность для установки его на сушильную плиту.
- стержень должен иметь небольшую высоту для предотвращения его осадки во время транспортировки и сушки.
- поверхность стержня должна способствовать использованию несложных стержневых ящиков с минимальным количеством отъемных частей и вкладышей.



- при делении стержня на несколько частей необходимо, чтобы плоскость сечения проходила в местах, определенных чертежными размерами, а каждый из стержней должен оформлять участок поверхности отливки с вполне определенной геометрической формой без образования на отливке ломаной поверхности на стыках стержней.

Для отливки «Патрубок» выбираем разъем по центру и используем два стержня: один для оформления внутренней полости, второй для оформления поднутрения на фланце.

При выборе типов и размеров опок необходимо учитывать характеристики применяемого оборудования. Опоки должны иметь такие размеры, чтобы оборудование было полностью загружено. Применение чрезмерно больших опок влечет за собой увеличение затрат труда на уплотнение смеси, нецелесообразный расход смеси.

Минимальные размеры опок можно определить, если к габаритным размерам прибавить некоторое расстояния, которое приведено в таблице 35.

Таблица 35-Зависимость толщины слоя формовочной смеси на различных участках формы от массы отливки

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	От верха модели до верха опоки	От низа модели до низа опоки	От модели до стенки опоки	Между моделями	Между моделью и литниковым ходом
11 – 25	60	70	40	50	30

В форме будем изготавливать четыре отливки.

Рассчитаем размер опок для отливки:

Общая минимальная длина:

$$L_{\min} = 40 + 40 + 221 + 40 + 50 + 40 + 221 + 40 + 40 = 732 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 1000 мм.

Общая минимальная ширина:

$$S_{\min} = 40 + 245 + 30 + 30 + 245 + 40 = 630 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 800 мм

Общая минимальная высота нижней опоки:

$$H_{\min} = 122,5 + 70 = 192,5 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 350 мм

Общая минимальная высота верхней опоки:

$$H_{\min} = 122,5 + 60 = 182,5 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 350 мм.

В дипломном проекте рассматриваются опоки размерами 1000x800x350x350 мм.

### 3.5. Конструирование и расчет прибылей

Эффективная работа прибыли обеспечивается при соблюдении следующих условий: прибыль должна затвердевать после отливки или питаемого термического узла; запас жидкого металла в прибыли должен быть достаточным для питания отливки во время ее затвердевания; форма прибыли и ее расположение должны обеспечивать свободный доступ жидкого металла к отливке или питаемому узлу; размеры и масса прибыли должны быть минимальными.

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:

$$V_n = \frac{V_{n.y.} \cdot \varepsilon_v}{\beta - \varepsilon_v},$$

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

$V_{n.y.}$  - объем питаемого узла отливки;

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

Отливка «Патрубок» имеет три термических узла, которые имеют следующие объемы:

$$V_{n.y.1} = 858,1 \text{ см}^3;$$

$$V_{n.y.2} = 296 \text{ см}^3;$$

$$V_{n.y.3} = 1390,5 \text{ см}^3.$$

Для устранения усадки в питаемых узлах установим открытые прибыли, что даст возможность при необходимости выполнить доливку металла в прибыль.

Рассчитаем объемы прибылей:

$$V_{n1} = \frac{858,1 \cdot 0,045}{0,11 - 0,045} = 594,1 \text{ см}^3;$$

$$V_{n2} = \frac{296 \cdot 0,045}{0,11 - 0,045} = 204,9 \text{ см}^3;$$

$$V_{n3} = \frac{1390,5 \cdot 0,045}{0,11 - 0,045} = 962,7 \text{ см}^3;$$

Рассчитаем геометрические размеры прибылей:

Прибыль №1 имеет прямоугольное сечение  $\Rightarrow V_{n1} = a \cdot b \cdot h$ . Принимаем  $a = 2,6$  см,  $h = 25$  см, тогда  $b = 9,1$  см.

Прибыль №2 имеет прямоугольное сечение  $\Rightarrow V_{n1} = a \cdot b \cdot h$ . Принимаем  $a = 1,5$  см,  $h = 30,5$  см, тогда  $b = 4,5$  см.

Прибыль №3 имеет прямоугольное сечение  $\Rightarrow V_{n1} = a \cdot b \cdot h$ . Принимаем  $a = 2,8$  см,  $h = 24,9$  см, тогда  $b = 13,8$  см.

Массу прибыли рассчитаем по формуле:

$$G = V \cdot \rho,$$

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

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

$$G_{np} = (594,1 + 204,9 + 962,7) \cdot 7,8 = 13,7 \text{ кг}$$

Масса детали составляет 15,1 кг;

Масса припусков составляет 4,7 кг;

Масса прибылей составляет 13,7 кг.

Масса литниковой системы составляет 10-15% от массы заливаемого металла

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{np}) + G_{л.с.},$$

$$G_{л.с.} = 0,1 G_{жс}.$$

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{np}) + 0,1 \cdot G_{жс} = \frac{N \cdot (G_{отл} + G_{np})}{0,9} = \frac{4 \cdot (19,8 + 13,7)}{0,9} = 148,9$$

кг.

### 3.6. Конструирование и расчет литниковой системы

Для обеспечения нормального заполнения формы металлом при заливке необходимо произвести расчет литниковой системы (питатель, шлакоуловитель, стояк). Подвод металла к отливке будет осуществляться по разъему.

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

Рассчитаем оптимальное время заполнения формы

$$\tau_{онт} = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{жс}},$$

где  $S_1$  - коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы;

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

$G_{жс}$  - масса жидкого металла, заливаемого в форму, кг.

$$\tau_{онт} = 1,6 \cdot \sqrt[3]{18 \cdot 148,9} = 22,2 \text{ с.}$$

Рассчитанную продолжительность заполнения формы надо уточнить путем проверки на допустимую линейную скорость подъема уровня расплава. Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава  $v_{лр}$  должна быть в пределах допустимой скорости  $v_{кр}$  (для стали  $v_{кр} = 10 - 30$  мм/с).

Поворотный ковш обусловлен 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.

Значение находят по простому соотношению:

$$v_{лр} = C / \tau_{онт},$$

где  $C$  - высота отливки, мм;

$\tau_{онт}$  - время заполнения, с.

$$v_{лр} = C / \tau_{онт} = 472,5 / 22,2 = 21,2 \text{ мм/с.}$$

После выбора типа литниковой системы и места подвода металла к отливке рассчитывают площади поперечных сечений и определяют размеры элементов литниковой системы.  $F_n$  площадь сечения питателей является узким местом, так как масса заливаемого металла составляет 148,9 кг, то заливка производится из поворотных ковшей.

Рассчитаем площадь узкого места:

$$F_{уз} = \frac{G_{жс} \cdot 1000}{\mu \cdot \tau_{онм} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}},$$

где  $\rho$  - плотность жидкого сплава, г/см<sup>3</sup>;  
 $\mu$  - коэффициент расхода литниковой системы;  
 $H_p$  – гидростатический напор в системе, см;  
 $g$  – ускорение свободного падения, 981 см/с<sup>2</sup>.

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2 \cdot C},$$

где  $H_0$  – высота верхней опоки плюс высота литниковой воронки, см;  
 $P$  – расстояние от места подвода до верхней части полости формы, см;  
 $C$  – общая высота отливки, см.

$$H_p = 35 - \frac{35^2}{2 \cdot 47,25} = 22,03 \text{ см.}$$

$$F_{уз} = \frac{148,9 \cdot 1000}{0,32 \cdot 22,2 \cdot 7,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 22,03}} = 12,93 \text{ см}^2.$$

Так как в форме изготавливается четыре отливки, а на каждую отливку приходится два питателя, то получаем общее число питателей - восемь.

Тогда площадь питателя равна:

$$F_{пит} = 12,93/8 = 1,62 \text{ см}^2.$$

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

$$\Sigma F_{пит} : \Sigma F_{ул} : \Sigma F_{см} = 1,0 : 1,2 : 1,4.$$

$$\Sigma F_{ул} = 12,93 \cdot 1,2 = 15,52 \text{ см}^2.$$

Так как в форме находится два шлакоуловителя, то площадь каждого шлакоуловителя составляет:

$$F_{\text{шл}} = 15,52/2 = 7,76 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{см}} = 12,93 \cdot 1,4 = 18,1 \text{ см}^2$$

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

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

Найдем диаметр верха и низа стояка:

$$D_{\text{ст.н.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{см}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18,1}{3,14}} = 4,8 \text{ см.}$$

$$D_{\text{ст.в.}} = D_{\text{ст.н.}} + 0,3 = 4,8 + 0,3 = 5,1 \text{ см.}$$

$$D_{\text{г}} = H_{\text{г}} = 2,95 \cdot 5,1 = 15 \text{ см.}$$

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

Рассчитаем геометрические размеры питателя, принимаем нижнее основание равным  $a$ , верхнее  $b=0,8a$  и высота  $h$  равная  $a$ , следовательно, площадь питателя равна  $0,9a^2$ :

$$F_{\text{пит}} = 0,9a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{\text{пит}}}{0,9}} = \sqrt{\frac{1,62}{0,9}} = 1,34 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 1,34 = 1,07 \text{ см.}$$

Рассчитаем геометрические размеры шлакоуловителя, принимаем нижнее основание равным  $a$ , верхнее  $b=0,8a$  и высота  $h = 0,9a$ , следовательно, площадь шлакоуловителя равна  $0,81a^2$ :

$$F_{\text{шл}} = 0,81a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{\text{шл}}}{0,81}} = \sqrt{\frac{7,76}{0,81}} = 3,1 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 3,1 = 2,48 \text{ см.}$$

$$h = 0,9 \cdot 3,1 = 2,79 \text{ см.}$$

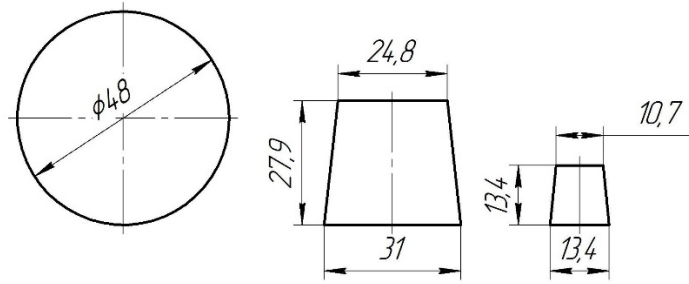


Рисунок 1 – Сечения элементов литниковой системы



## 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

### 4.1. Расчет численного состава рабочих

Различают списочную и явочную численность рабочих, фактически участвующих в производственном процессе. Списочная численность рабочих включает всех постоянных и временных рабочих, имеющих трудовые договорные отношения с предприятием [33].

Расчёт явочной численности рабочих выполняем по формуле:

$$N_{я} = H_i \cdot A_i \cdot C_i,$$

где  $H_i$  – норма обслуживания оборудования в смену, чел.;

$A_i$  – количество одновременно работающих однотипных агрегатов, шт.;

$C_i$  – число смен в сутки.

Списочное число рабочих определяем по формуле:

$$N_{cn} = N_{я} \cdot K_{cn},$$

где  $K_{cn}$  – коэффициент списочного состава,  $K_{cn} = \frac{T_n}{T_o}$ ,

Баланс рабочего времени основных рабочих представлен в таблице 36.

Баланс рабочего времени вспомогательных рабочих представлен в таблице 37.

Таблица 36 – Баланс рабочего времени основных рабочих [12]

Статья баланса	Фонд времени	
	Сутки	Часы
Календарный фонд времени	366	2928
Выходные дни	105	-
Праздничные дни	14	-
Номинальный фонд времени	247	1976
Плановые невыходы на работу	34	272
В том числе:		
• основной и дополнительный отпуск;	30 (25)	-
• по болезни;	7	-
• выполнение государственных обязанностей;	1	-
• отпуск учащихся.	1	-
Действительный фонд времени	213	1704
Коэффициент списочного состава $K_{сп}$	1,16	-

Таблица 37 – Баланс рабочего времени вспомогательных рабочих [12]

Статья баланса	Фонд времени	
	Сутки	Часы
Календарный фонд времени	366	2928
Выходные дни	105	-
Праздничные дни	14	-
Номинальный фонд времени	247	1976
Плановые невыходы на работу	30	240
В том числе:		
• основной и дополнительный отпуск;	24 (21)	-
• по болезни;	7	-
• выполнение государственных обязанностей;	1	-
• отпуск учащихся	1	-
Действительный фонд времени	217	1736
Коэффициент списочного состава	1,14	-

С учетом данных баланса рабочего времени рабочих выполняем расчет численности рабочих. Расчёт по основным рабочим приведён в таблице 38. Расчет списочного состава вспомогательных рабочих приведён в таблице 39. В таблице 40 представлено штатное расписание ИТР, служащих и МОП. Принятое количество управленческого и обслуживающего персонала приведено в таблице 41.

Таблица 38 – Расчет списочного состава основных рабочих

Наименование отделений, оборудования и профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуживания, чел.	Количество агрегатов, шт.	Количество рабочих, чел.			К <sub>сп</sub>
					Явочное		Списочное	
					В смену	В сутки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плавильное отделение ДСП-4				5				1,16
Сталевар	5	2	1		5	10	12	
Подручный	5	2	1		5	10	12	
Огнеупорщик	3	2	1		5	10	12	
Шихтовщик	3	2	1		5	10	12	
Заливщик	3	2	1		5	10	12	
Итого					25	50	60	
Формовочное отделение Формовочная линия ИФЛ70				1				1,16
Сборщик форм	3	2	4		4	8	10	
Формовщик	4	2	2		2	4	5	
Оператор	5	2	1		1	2	3	
Формовочная линия Л653				1				
Сборщик форм	3	2	4		4	8	10	
Формовщик	4	2	4		4	8	10	
Оператор	5	2	2		2	4	5	
Итого					17	34	43	
Стержневое отделение Стержневая линия Л9128Б5				2				1,16
Стерженщик	5	2	1		2	4	5	
Стержневая линия Л9128Б7				1				
Стерженщик	5	2	1		2	4	5	
Итого					4	8	10	
Смесеприготовительное отделение Смеситель 15208				2				1,16

Земледел	3	2	2		4	8	10	
Сито полигональное				2				
Оператор	3	2	1		2	4	5	
Сушило				2				
Сушильщик	3	2	1		2	4	5	
Итого					8	16	20	
Термообрубное отделение Галтовочный барабан				4				
Чистильщик литья	3	2	1		4	8	10	
Пост газорезки				2				
Газорезчик	4	2	1		2	4	5	
Пневмо-молотки и зубила				6				
Обрубщик	3	2	1		6	12	14	
Дробеструйная камера 44122				1				
Чистильщик	4	2	1		1	2	3	
Термопечь СШЗ-3				5				
Термист	4	2	1		5	10	12	
Итого					18	36	44	
Всего производственных рабочих					72	144	177	

1,16

Таблица 39 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессии	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Количество рабочих			K <sub>сп</sub>
			Явочное		Списочное	
			В смену	В сутки		
Крановщик	3	2	5	10	12	1,14
Слесарь по ремонту оборудования	3	2	2	4	5	
Электрик по ремонту оборудования	4	2	2	4	5	
Кладовщик	2	2	2	4	7	
Лаборант экспресс-лаборатории	4	2	2	4	5	
Водитель внутрицехового транспорта	2	2	3	6	7	
Слесарь-сантехник	3	2	2	4	5	
Контролер ОТК	3	2	4	8	10	
Сварщик	4	2	4	8	10	
Всего вспомогательных рабочих			26	52	66	

Таблица 40 – Штатное расписание ИТР, служащих и МОП

Должность	Количество, чел.	Должностной оклад, руб.	Сумма оклада с учетом районного коэффициента, руб.	
			За месяц	За год
<b>ИТР</b>				
Начальник цеха	1	42000	48300	579600
Зам. начальника цеха	3	37000	42550	1531800
Начальник ПДБ	1	25000	28750	345000
Начальник ТБ	1	26000	29900	358800
Зав. лабораторией	2	20000	23000	552000
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
<b>Итого</b>	<b>23</b>	<b>239000</b>	<b>274850</b>	<b>6803400</b>
<b>Служащие</b>				
Табельщик	3	7900	9085	327060
Секретарь	1	7400	8510	102120
Бухгалтер	2	10100	11615	278760
Нормировщик	3	8900	10235	368460
<b>Итого</b>	<b>9</b>	<b>34300</b>	<b>39445</b>	<b>1076400</b>
<b>МОП</b>				
Уборщица	6	4800	5520	397440
Сатураторщик	4	3800	4370	209760
Курьер	1	5000	5750	69000
<b>Итого</b>	<b>11</b>	<b>13600</b>	<b>15640</b>	<b>676200</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>43</b>	<b>286900</b>	<b>329935</b>	<b>8556000</b>

Таблица 41 – Структура трудящихся в цехе

Категория персонала	Количество человек	Удельный вес в общей численности, %
Рабочие, всего	243	85
В том числе:		
• основные	177	61,9
• вспомогательные	66	23,1
ИТР	23	8
Служащие	9	3,2
МОП	11	3,8
Итого:	286	100

## 4.2. Организация и планирование заработной платы

Расчёт фонда заработной платы:

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{ст.}i} \cdot \frac{N_i}{N_{\text{я}}},$$

где  $T_{\text{ст.}i}$  - ставка рабочего  $i$ -го разряда;

$N_i$  – явочное число рабочих соответствующего разряда;

$N_{\text{я}}$  – явочное число рабочих данной группы.

Фонд заработной платы по каждой группе рабочих рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{т.ф}} = T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{ч}} \text{ (зарплата по ставке)} \text{ и } Z_{\text{т.ф.с}} = Z_{\text{т.ф}} + \Delta Z_{\text{с}},$$

где  $Z_{\text{т.ф.с}}$  – зарплата сдельщиков;

$\Delta Z_{\text{с}} = Z_{\text{т.ф}} \cdot (K - 1)$  - приработок сдельщика (коэффициент выполнения норм выработки  $K$  можно принять в пределах 1,5-1,3);

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

$$N_{\text{ч}} = N_{\text{сп}} \cdot T_{\text{д}},$$

где  $N_{\text{сп}}$  – списочное число рабочих данной группы;

$T_{\text{д}}$  – действительный фонд рабочего времени рабочего, ч.

Фонд основной заработной платы (за отработанное время) рабочих каждой группы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{ос}} = Z_{\text{т.ф.с}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{ст}} + K_{\text{ком}} + K_{\text{др}}) \cdot K_{\text{рн}},$$

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

$K_{\text{ст}}$  – коэффициент стимулирующих доплат;

$K_{\text{ком}}$  – коэффициент компенсационных доплат;

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

$K_{\text{рн}}$  – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{Z_{\text{ос}} \cdot K_{\text{доп}}}{100},$$

где  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы.

Годовой фонд заработной платы основных и вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{г.ф}} = Z_{\text{ос}} + Z_{\text{доп}}.$$

Результаты расчетов фонда заработной платы основных и вспомогательных рабочих приведены в таблице 42.

Таблица 42 – Расчет фонда заработной платы основных и вспомогательных рабочих

Участок	Количество рабочих, чел.	Средняя часовая ставка, руб.	Затраты времени на программу, чел. ч.	Зарплата за отработанное время, тыс. руб.								Зарплата, тыс. руб.			
				По ставке	Приработок сдельщика	Премии	Стимулирующие доплаты	Компенсационные доплаты	Прочие доплаты	Итого	С учетом районного коэффициента	За неотработанное время	Годовой фонд	Среднемесячная по отделению	Среднемесячная рабочего
Плавильное отделение	60	120.8	102240	12350.6	4940.2	3705.2	1852.6	1235.1	864.5	24948.2	28690.4	4447.0	33137.4	2761.5	46.0
Формовочное отделение	43	118.8	73272	8704.7	3481.9	2611.4	1305.7	870.5	609.3	17583.5	20221.0	3134.3	23355.3	1946.3	45.3
Стержневое отделение	10	140	17040	2385.6	954.2	715.7	357.8	238.6	167.0	4818.9	5541.7	859.0	6400.7	533.4	53.3
Смесеприготовительное отделение	20	108	34080	3680.6	1472.3	1104.2	552.1	368.1	257.6	7434.9	8550.1	1325.3	9875.4	822.9	41.1
Термообрубное отделение	44	114.3	74976	8569.8	3427.9	2570.9	1285.5	857.0	599.9	17310.9	19907.5	3085.7	22993.2	1916.1	43.5
Итого	177												95762.1	7980.2	229.3
Вспомогательные рабочие	66	110.3	114576	12637.7	5055.1	3791.3	1895.7	1263.8	884.6	25528.2	29357.5	3669.7	33027.1	2752.3	41.7
Всего	243												128789.2	10732.4	271.0



#### 4.3. Отчисления в социальные фонды

Порядок уплаты страховых взносов во внебюджетные фонды определяется законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования и территориальные фонды обязательного медицинского страхования» [33] и частично федеральными законами о конкретных видах обязательного социального страхования. В 2016 г. применяются следующие ставки страховых взносов:

- отчисления в Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (5,10 % от фонда заработной платы + 0,2% от фонда заработной платы на травматизм);
- отчисления в Фонд социального страхования Российской Федерации (2,90% от фонда заработной платы);
- отчисления в Пенсионный фонд Российской Федерации (22% от фонда заработной платы).

Отчисления в социальные фонды от фонда оплаты труда основных и остальных трудящихся приведены в таблице 43.

Таблица 43 - Отчисления в социальные фонды

Фонд заработной платы	Отчисления в фонд, тыс. руб.			Отчисления в социальные фонды, тыс. руб.
	Пенсионный	Медицинского страхования	Социального страхования	
Основные рабочие по цеху (95762.1)	21067.7	5075.4	2777.1	28920.2
Вспомогательные рабочие по цеху (33027.1)	7266.0	1750.4	957.8	9974.2
Управленческий и обслуживающий персонал по цеху (8556)	1882.3	453.5	248.1	2583.9

Данные по общему фонду заработной платы с учетом доплат из фонда потребления приведены в таблице 44.

Таблица 44– Общий фонд заработной платы по цеху, тыс. руб.

Категории работников	Виды доплат из фонда потребления, тыс. руб.				Общий фонд заработной платы тыс. руб.
	Единовременные премии (5%)	Вознаграждение за выслугу лет (2,5%)	Материальная помощь (2%)	Доплаты к отпуску (1%)	
Основные рабочие (95762.1)	4788.1	2394.1	1915.2	957.6	105817.1
Вспомогательные рабочие (33027.1)	1651.4	825.7	660.5	330.3	36494.9
ИТР (6803.4)	343.6	171.8	137.4	68.7	7594.0
Служащие (1076.4)	53.8	26.9	21.5	10.8	1189.4
МОП (676.2)	30.4	15.2	12.1	6.1	671.0
Итого	6867.3	3433.6	2746.9	1373.5	151766.4

#### 4.4. Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Прежде всего, определяем балансовую стоимость основных фондов, включающую в себя затраты [33]:

- на возведение зданий и сооружений;
- на приобретение, доставку и монтаж оборудования;
- на приобретение технологической оснастки;
- на приобретение инструмента и инвентаря.

Стоимость здания литейного цеха принимаем 2000 рублей за 1 м<sup>3</sup>, стоимость бытовых помещений – 2500 рублей за 1 м<sup>3</sup>. Затраты на здание и бытовые помещения вычисляем по формулам:

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot c_{зд},$$

$$C_{б.п.} = V_{б.п.} \cdot c_{б.п.},$$

где  $V_{зд}$  и  $V_{б.п.}$  – объёмы здания и бытовых помещений,  $m^3$ ;

$c_{зд}$  и  $c_{б.п.}$  – удельная цена здания и помещений, руб/ $m^3$ .

$$C_{зд} = 67000 \cdot 2000 = 134 \text{ млн. руб.};$$

$$C_{б.п.} = 5500 \cdot 2500 = 13,75 \text{ млн.руб.}$$

Расчёт затрат на приобретение, доставку, монтаж оборудования и подъёмно-транспортных механизмов выполняем по ведомости оборудования. Затраты на монтаж основного оборудования принимаем 10%. Затраты на приобретение и монтаж подъёмно-транспортного оборудования принимаем в размере 60% от стоимости технологического оборудования.

Затраты на инструмент и приспособления принимаем в количестве 500 руб. на 1 тонну годных отливок.

Стоимость хозяйственного инвентаря можно принять из расчета 100 руб. на одного работающего.

Амортизационные отчисления определяются умножением нормы амортизации на балансовую стоимость основных фондов. Принимаем следующие значения норм амортизации [12]:

- для зданий и сооружений – 2 %;
- для плавильных печей – 7 %;
- для технологического оборудования – 9 %;
- для подъёмно-транспортного оборудования – 10 %;
- для инструмента и оснастки – 50 %;
- для хозяйственного инвентаря – 10 %.

Результаты расчетов капитальных затрат и амортизационных отчислений приведены в таблице 45.

Таблица 45 – Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Наименование	Марка(модель) ) оборудования	Количество	Стоимость единицы оборудования			Общая стоимость, тыс. руб.	Амортизационные отчисления		
			Цена, тыс.руб.	Монтаж			Всего, тыс.руб.	Норма, %	Сумма, руб. тыс.
%	тыс. руб.								
Здания и сооружения		67000	2 за м <sup>3</sup>			134000	2	2680	
Бытовые помещения		5500	2,5 за м <sup>3</sup>			13750	2	275	
Итого						147750		2955	
Печь плавильная	ДСП – 4	5	4000	10	400	4400	22000	7	1540
Формовочная линия	ИФЛ70	1	8000		800	8800	8800	9	792
Формовочная линия	Л653	1	12000		1200	13200	13200	9	1188
Смеситель	15208	2	580		58	638	1276	9	114.8
Сито		2	160		16	176	352	9	31.7
Сушило		2	210		21	231	462	9	41.6
Стержневая линия	Л9128Б5	2	4500		450	4950	9900	9	891
Стержневая линия	Л9128Б5	1	4900		490	5390	5390	9	485.1
Галтовочный барабан		4	350		35	385	1540	9	138.6
Дробеструйная камера	44122	1	950		95	1045	1045	9	94.1
Термопечь	СШЗ-3	5	740	74	814	4070	9	366.3	
Итого						68035		5683.2	
Подъемно-транспортное оборудование						40821	10	4082.1	
Инструмент и оснастка						11300	50	5650	
Хоз. инвентарь						24.3	10	2.4	
Всего						267930.3		18372.7	

#### 4.5. Определение затрат и планирование себестоимости

В себестоимость продукции включаются следующие группы затрат:

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

Выделяют следующие категории затрат:

1) По роли в системе управления:

- производственные;
- непроизводственные.

2) По их динамике, соответствующей функциональным изменениям:

- переменные;
- постоянные.

Производственные затраты подразделяются на 4 категории:

1) Прямые затраты на материалы, которые входят в состав конечного

продукта, т.е. на шихтовые материалы;

2) Оплата прямого труда, т.е. зарплата основных рабочих (расходы на оплату труда основных рабочих и отчисления на социальные нужды);

3) Затраты на амортизацию, ремонт и обслуживание оборудования, технологическую энергию и топливо;

4) Накладные цеховые и заводские расходы.

Основная себестоимость продукции образуется из стоимости первых трех групп затрат.

Непроизводственные (общекорпоративные) затраты подразделяются на торговые, общие и административные. Они связаны с затратами на продажу

продукции и поставку сырья, оплату заводской администрации, судебные издержки т.п.

Сумма производственных и непроизводственных затрат образует полную себестоимость.

Переменные затраты (VC) изменяются в целом и прямо пропорционально выпуску продукции (выпуску литья в тоннах). К ним относятся следующие затраты:

- на основные и вспомогательные материалы;
- на оплату труда (полные затраты на оплату труда основных рабочих);
- на технологическую энергию (топливо);
- на социальные нужды;
- на инструмент.

Постоянные затраты не зависят от объема производства (выпуска продукции). К ним относятся следующие затраты:

- на оплату труда вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала;
- амортизацию зданий, сооружений, оборудования и оснастки;
- ремонт оборудования и оснастки.

Затраты на ремонт и эксплуатацию оборудования приведены в таблице 46. Цеховые расходы приведены в таблице 47. Калькуляция себестоимости 1 тонны отливок приведена в таблице 48.

Таблица 46 – Смета расходов на ремонт и эксплуатацию оборудования

Наименование статьи затрат	Сумма, тыс.руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	680.4	1% от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	3402	5% от стоимости оборудования
Внутрипроизводственное перемещение груза	113	5 руб на 1 тонну годного литья
Износ малоценного и быстроизнашивающегося оборудования	339	15 руб на 1 тонну годного литья
Прочие расходы	453.4	10 % от общей суммы расходов
Итого:	4987.8	

Таблица 47 – Смета цеховых расходов

Статья	На 1 т литья			Сумма на всю программу, тыс. руб.
	Количество, т	Цена, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.	
Затраты на оплату вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала			1.12	45949.3
Отчисления на социальные нужды			0.31	12558.1
Амортизация здания и хоз. инвентаря			0.12	2957.4
Затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство			0.16	8465.4
Расходы на охрану труда			0.19	10581.71
Стоимость вспомогательных материалов			64.659	1461293.4
- песок	0.7	2,5	1,75	39550
- глина	0.46	25	11.5	259900
- регенерат	12.52	4,1	51,332	1160103.2
- полиуретановая смола	0,001	70	0.07	1582
- полиизоцианат	0,001	4	0.004	90.4
- амин	0.0002	15	0.003	67.8
Итого			66.559	1531223.6
Транспортный налог			0,063	1423.12
Прочие расходы			9.993	229897.01
Итого цеховых расходов			76.615	1773125.44

Таблица 48 - Калькуляция себестоимости 1 тонны годных отливок

Статьи затрат	Единицы измерения	На 1 т литья			На программу	
		Количес тво	Цена, руб./т.	Сумма, тыс.руб.	Количес тво	Сумма, тыс. руб.
<b>Сырье и основные материалы</b>						
Стальной лом	т	1.65	10500	17.33	37392.9	392625.45
Стружка в брикетах	т	0.12	9100	1.09	2739.9	24933.09
Чугун передельный	т	0.05	25000	1.25	1174.3	29357.5
Ферромарганец	т	0.02	48000	0.96	340.5	16344
Ферросилиций	т	0.02	27000	0.54	352.3	9512.1
Итого		1.86		21.17	42000	472772.14
Возврат (литники и прибыли)	т	0,71			16040	
Угар и потери	т	0,15			3360	
Итого за вычетом угара и возвратов		1		21.17	22600	472772.14
Оплата труда основных рабочих				4.68		105817.1
Отчисления на социальные нужды				1.28		28920.2
Технологическая электроэнергия	тыс. кВт/ч	1.55	3,8	5.89	35030	133114
Энергия на технические нужды:						
- Вода	тыс. м <sup>3</sup>	0.02	3,2	0.06	452	1446.4
- Сжатый воздух	тыс. м <sup>3</sup>	0.94	6,00	5.64	21244	127464
Расходы на подготовку и освоение производства				25.49		576185.48
Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования				0.22		4987.8
Отчисления на амортизацию оборудования				0.25		5683.2
Основная себестоимость				64.68		1456390.32
Цеховые расходы				78.46		1773125.44
Цеховая себестоимость				143.14		3229515.76
Общезаводские расходы				3.92		88643.92
Производственная себестоимость				147.06		3318159.68



Непроизводственные расходы				2.20		49772.39
Полная себестоимость				149.26		3367932.07

#### 4.6. Расчет плановых постоянных и переменных затрат

Постоянные затраты складываются из следующих составляющих:

$$FC = FC_1 + FC_2 + FC_3 + FC_4 + FC_5 + FC_6 + FC_7 + FC_8;$$

где  $FC_1$  – отчисления на амортизацию оборудования, зданий и сооружений;

$FC_2$  – отчисления на эксплуатацию и ремонт оборудования;

$FC_3$  – затраты на оплату вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала, плюс отчисления на социальные нужды;

$FC_4$  – затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство;

$FC_5$  – расходы на охрану труда;

$FC_6$  – прочие цеховые расходы;

$FC_7$  – общезаводские расходы;

$FC_8$  – непроизводственные расходы.

Значения затрат берутся из соответствующих статей калькуляции себестоимости и сметы цеховых расходов.

$$FC = 18372.7 + 4987.8 + 58507.4 + 8465.4 + 10581.7 + 229897 + 88643.9 + 49772.4 = 469228.3 \text{ тыс. р.}$$

Средние удельные постоянные расходы равны:

$$AFC = FC/M,$$

где  $M$  – годовой выпуск годного литья по программе цеха, т.

$$AFC = 469228.3 / 22600 = 20.76 \text{ тыс. р./т.}$$

Далее производим расчёт переменных затрат по формуле:

$$VC = VC_1 + VC_2 + VC_3 + VC_4 + VC_5 + VC_6,$$

где  $VC_1$  – суммарные затраты на сырьё и основные материалы;

$VC_2$  – затраты на оплату труда основных рабочих и отчисления на социальные нужды;

$VC_3$  – затраты на технологическую энергию;

$VC_4$  – затраты на техническое использование воды и сжатого воздуха;

$VC_5$  – затраты на вспомогательные материалы;

$VC_6$  – транспортный налог.

Данные для расчёта переменных расходов берутся из соответствующих статей таблицы 40.

$$VC = 472772.1 + 134737.3 + 133114 + 128910.4 + 1461293.4 + 1423.1 = 2332250.3 \text{ тыс. р.}$$

Средние удельные переменные расходы (на 1 т годного литья) равны:

$$AVC = VC/M.$$

$$AVC = 2332250.3 / 22600 = 103.19 \text{ тыс. р./т.}$$

Общие годовые затраты равны:  $TC = FC + VC$ , то есть:

$$TC = 469228.3 + 2332250.3 = 2801478.6 \text{ тыс. р.}$$

Общие средние удельные затраты равны полной себестоимости годного литья:  $ATC = AFC + AVC$ .

$$ATC = 20.76 + 103.19 = 123.95 \text{ тыс. р./т.}$$

#### 4.7. Ценообразование

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

– обеспечение безубыточности и получение прибыли;

- установление цены, исходя из ценности товара;
- ориентацию на издержки производства.

Рассчитаем цену по формуле:

$$P = 1,5 \cdot S,$$

где  $S$  – себестоимость тонны годного литья, тыс. р.;

$$P = 1,5 \cdot 149.26 = 223.89 \text{ тыс. р.}$$

Примем цену на тонну годного литья из стали 35Л, равную 225000 р.

Доход от продаж определим по формуле:

$$D = P \cdot Q,$$

где  $D$  – доход от продаж, тыс. р.;

$P$  – цена продукции, р.;

$Q$  – объем производства, т.

$$D = 225 \cdot 22600 = 5085000 \text{ тыс. р.}$$

Прибыль определим по формуле:

$$\Delta\Pi = D - \text{В.З.},$$

где  $\text{В.З.}$  – валовые затраты = полной себестоимости, тыс.р.

$$\Delta\Pi = 5085000 - 3367932.07 = 1717067.93 \text{ тыс.р.}$$

#### 4.8. Расчет коммерческой эффективности проекта

Примем расчетный срок реализации проекта – 3 года, т.е. 12 кварталов.

Сооружение цеха проходит в несколько этапов. Строительство здания – три первых квартала. В первом квартале расходуется 30 % капитальных затрат на строительство здания, во втором – 30 % и в третьем квартале – 40

%. Приобретение и монтаж оборудования, подъемно-транспортных средств, приобретение оснастки, хозяйственного инвентаря и прочих средств осуществляется в 3, 4 и 5 кварталах. В третьем квартале расходуется 20 % средств, в четвертом квартале – 60 % и в пятом квартале – 20 %.

Выпуск литья начинается в четвертом квартале, принятую мощность  $M_{пр.кв}$  (выпуск литья  $M_{пр.г} = 22600$  т,  $M_{пр.кв} = M_{пр.г} / 4 = 22600 / 4 = 5650$  т) начинают достигать с шестого квартала. В четвертом квартале выпуск литья будет составлять  $M_{пр.кв} \cdot 0,5 = 5650 \cdot 0,5 = 2825$  т; в пятом квартале -  $M_{пр.кв} \cdot 0,75 = 5650 \cdot 0,75 = 4237,5$  т; в шестом и последующих кварталах -  $M_{пр.кв} = 5650$  т. Для начала реализации проекта требуется прирост оборотных фондов на создание в третьем квартале необходимых запасов основных и вспомогательных материалов.

Суммарные инвестиционные издержки на проект сводим в таблице 49.

Таблица 49 – Распределение необходимых инвестиций в основные и оборотные средства

Адрес инвестиций	Инвестиции по кварталам, млн.р.						Всего
	1	2	3	4	5	6	
1. Строительство здания	44.3	44.3	59.2	-	-	-	147.8
2. Приобретение и монтаж оборудования	-	-	21.8	65.3	21.8	-	108.9
3. Прирост оборотных фондов	-	-	30	-	-	-	30
Итого	44.3	44.3	111	65.3	21.8	-	286.7

В таблице приняты следующие обозначения:  $ИОК_1$  – капитальные затраты на строительство здания и бытовых помещений;  $ИОК_2$  – капитальные затраты на приобретение и монтаж оборудования.

Общий объём необходимых инвестиций равен:

$$ИОК = ИОК_1 + ИОК_2 + ИПО,$$

где ИПО – инвестиции на прирост оборотных средств.

Оперативный план производства приведен в таблице 50. Примем объём собственных средств  $ИФС = 0,6 \cdot ИОК$ . Остальные средства в объеме  $0,4 \cdot$

ИОК распределяются между привлеченными и заемными средствами, т.е.

$$\text{ИОК} = \text{ИФС} + \text{ИФП}_p + \text{ИФ}_3.$$

Таблица 50 – Оперативный план производства

Показатель	Кварталы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-12
1. Рыночный потенциал цеха, т.	-	-	-	2825	4237.5	5650	5650	5650	22600
2. Цена 1 тонны годного литья, тыс.р.	-	-	-	225	225	225	225	225	225
3. Объем продаж, тыс.т.	-	-	-	2825	4237.50,75	5650	5650	5650	22600
4. Доля предприятия в отраслевом рынке	0	0	0	0,5	4237.5	1	1	1	1
5. Объем производства, тыс.т.	-	-	-	2825		5650	5650	5650	22600

Привлеченные средства получают за счет выпуска и продажи обычных акций.

Заемный капитал предполагает возврат средств и выплату процентов. Преимуществом использования заемных средств является исключение процентных выплат за кредит из валовой прибыли, при расчете налогооблагаемой прибыли. Примем ставку на кредит – 100 % годовых (25 % в квартал) с поквартальной выплатой,  $\text{ИФП}_p = 0,25 \cdot \text{ИОК}$  и  $\text{ИФ}_3 = 0,15 \cdot \text{ИОК}$ .

В таблице 51 приведены источники финансирования.

Таблица 51 – Источники финансирования

Наименование источника	Распределение вложений по кварталам, млн р.						
	1	2	3	4	5	6	Всего
1. Собственные средства	44.3	44.3	83.4	-	-	-	172
2. Привлеченные средства	-	-	27.6	44.1	-	-	71.7
3. Заемные средства	-	-	-	21.2	21.8	-	43
Итого	44.3	44.3	111	65.3	21.8	-	286.7

План привлечения и погашения кредитных средств приведен в таблице 52.

Таблица 52 - План привлечения и погашения кредитных средств

Наименование операции	Распределение по кварталам, млн р.					
	4	5	6	7	8	9-12

1. Привлечение кредита	21.2	21.8	-	-	-	-
2. Погашение кредита	-	-	-	-	-	43
3. Финансовые издержки (процент за кредит)	-	5.3	10.8	10.8	10.8	-
Итого	21.2	27.1	10.8	10.8	10.8	43

При реализации проекта осуществляются три вида деятельности: инвестиционная, операционная и финансовая. В каждом из этих видов деятельности можно выделить притоки и оттоки денежных средств.

Инвестиционная деятельность – это деятельность предприятия по вкладыванию собственных средств и привлечению чужих средств.

Операционная деятельность – деятельность по производству продукции.

Финансовая деятельность связана с привлечением собственного капитала, кредитов, с погашением задолженностей по кредитам, с выплатами дивидендов.

Данные по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности приведены в таблицах 53, 54 и 55.

Таблица 53 – Данные по инвестиционной деятельности

Наименование показателя	Распределение по кварталам, млн.р.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9–12
Поступления от продажи активов (акций)	-	-	30	-	-	-	-	-	-
Затраты на приобретение активов	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	30	-	-	-	-	-	-

Таблица 54 – Данные по финансовой деятельности

Наименование показателя	Распределение по кварталам, млн.р.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9–12
Собственный капитал	44.3	44.3	83.4	-	-	-	-	-	-
Заемные средства	-	-	-	21.2	21.8	-	-	-	-
Излишек средств	44.3	44.3	83.4	21.2	21.8	-	-	-	-

Таблица 55 – Данные по операционной деятельности

Показатель	Распределение по кварталам						
	1-3	4	5	6	7	8	9 – 12
1. Объём производства, т.	-	2825	4237.5	5650	5650	5650	22600
2. Цена продукции, тыс.р./т.	-	225	225	225	225	225	225
3. Доход от продаж, млн.р.	-	635.63	953.44	1271.25	1271.25	1271.25	5085
4. Налог на добавленную стоимость, млн.р.	-	114.4	171.6	228.8	228.8	228.8	915.3
5. Налоги и сборы, млн.р.	-	9.5	14.3	19.1	19.1	19.1	76.3
6. Валовые затраты, млн.р.	-	261.9	392.9	523.8	523.8	523.8	2095.2
7. Валовая прибыль, млн.р.	-	246.6	369.9	493.2	493.2	493.2	1972.8
8. Резервный фонд, млн.р.	-	23.1	34.1	45.0	42.8	42.8	167.1
9. Резервный фонд нарастающим итогом, млн.р.	-	23.1	57.2	102.2	145.0	187.8	354.9
10. Фонд развития, млн.р.	-	196.2	279.5	359.9	299.6	299.6	1086.5
11. Налогооблагаемая прибыль, млн.р.	-	17.8	42.0	69.2	131.7	131.7	642.9
12. Налог на прибыль, млн.р.	-	6.2	14.7	24.2	46.1	46.1	225.0
13. Чистая прибыль, млн.р.	-	230.8	340.9	449.9	428.0	428.0	1671.5
14. Фонд потребления, млн.р.	-	0	0	0	42.8	42.8	167.1
15. Фонд накопления, млн.р.	-	196.2	279.5	359.9	299.6	299.6	1086.5
16. Фонд накопления нарастающим итогом, млн.р.	-	196.2	475.8	835.7	1135.3	1434.9	2521.4
17. Дивиденды, млн.р.	-	11.5	27.3	45.0	42.8	42.8	250.7

Налог на добавленную стоимость (НДС) принят 18 % от дохода, а налоги и сборы взяты в размере 1,5 % от дохода. Отчисления в резервный фонд являются обязательными. Начиная с 4 квартала, примем отчисления в резервный фонд 10 % от чистой прибыли. Фонд потребления до 7 квартала примем равным нулю. С 7 квартала отчисления в фонд потребления составят 10 % от чистой прибыли.

Накопление резервного фонда производится до тех пор, пока он не достигнет 15 % от уставного капитала. Пока не будет обеспечена

положительная разница между притоком и оттоком денежных средств, весь фонд накопления будет направляться на реализацию проекта.

Валовая прибыль определяется по формуле

$$ВП = 0,8Д - ВЗ,$$

где ВЗ – валовые затраты с учетом отчислений по %-м ставкам за кредит.

Расчет чистой прибыли производится по формуле:

$$ЧП = \frac{(ВП - НС) \cdot \left(1 - \frac{НП}{100}\right)}{1 - (1 - K_1 - K_2) \cdot \frac{НП}{100}},$$

где ВП – валовая прибыль, млн.р.;

НС – сумма налогов и сборов, млн.р.;

НП – налог на прибыль, млн.р.;

$K_1$  и  $K_2$  – доли от чистой прибыли, отчисляемые в фонд потребления и дивиденды, млн.р. (значения приведены в таблице 56).

Таблица 56 – Значения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$

Коэффициент	Квартал					
	4	5	6	7	8	9-12
$K_1$	0	0	0	0,1	0,1	0,1
$K_2$	0,05	0,08	0,1	0,1	0,1	0,15

Налогооблагаемую прибыль определим по формуле:

$$НОП = ВП - НС - РФ - ФР,$$

где ФР-фонд развития (примем его равным фондом накопления ФН),

РФ-резервный фонд.



Резервный фонд рассчитываем по формуле:

$$\text{ФР} = 0,1 \cdot \text{ЧП}.$$

Фонд потребления рассчитываем по формуле:

$$\text{ФП} = K_1 \cdot \text{ЧП}.$$

Отчисления на дивиденды рассчитываем по формуле:

$$\text{Д} = K_2 \cdot \text{ЧП}.$$

Фонд накопления (фонда развития) рассчитываем по формуле:

$$\text{ФН} = \text{ЧП} - \text{ФР} - \text{Д}.$$

В таблице 57 приведены данные по притокам и оттокам денежных средств в первые 12 кварталов реализации проекта.

Таблица 57 – Расчет чистых денежных потоков

Денежные потоки, млн р.	Денежные потоки в кварталы инвестиционного периода, млн.р.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-12
<b>I. Операционная деятельность</b>									
1. Приток наличности	-	-	-	196.2	475.8	835.7	1135.3	1434.9	2521.4
2. Погашение задолженности за кредит	-	-	-	-	-	-	-	-	-43
3. Расходы на основные средства	-44.3	-44.3	-83.4	-21.2	-21.8	-	-	-	-
4. Чистый денежный поток	-44.3	-44.3	-83.4	175	454	835.7	1135.3	1434.9	2478.4
<b>II. Финансовая деятельность</b>									
Приток	44.3	44.3	83.4	-	-	-	-	-	-
5. Собственный капитал									
6. Заемные средства	-	-	-	21.2	21.8	-	-	-	-
7. Чистый денежный поток	44.3	44.3	83.4	21.2	21.8	-	-	-	-
<b>III. Инвестиционная деятельность</b>									
Приток									
8. Поступления от продажи активов (акций)	-	-	30	-	-	-	-	-	-
9. Чистый денежный поток	-	-	30	-	-	-	-	-	-
10. Излишек средств	0	0	30	196.2	475.8	835.7	1135.3	1434.9	2478.4
11. Суммарная потребность	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. Сальдо на конец месяца			30	226.2	702	1537.7	2673	4107.9	6586.3

Таблица 58 – Расчёт чистого дисконтированного эффекта

Наименование показателя	Кварталы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 – 12
1. Чистый денежный поток, млн.р.	0	0	30	226.2	702	1537.7	2673	4107.9	6586.3
2. Коэффициент дисконта $\alpha_t$	1	0.855	0.731	0.624	0.534	0.452	0.39	0.335	0.178
3. Чистый дисконтированный поток, млн.р.	0	0	21.9	141.1	374.9	695.0	1042.5	1376.1	1172.4
4. Чистый дисконтированный поток нарастающим итогом, млн.р.	0	0	21.9	163.1	537.9	1233.0	2275.5	3651.6	4824.0

Таблица 59 – Дисконтированные значения инвестиций

Наименование показателя	Инвестиции по кварталам				
	1	2	3	4	5
1. Суммарные инвестиции, млн.р.	44.3	44.3	83.4	21.2	21.8
2. Дисконтирующий множитель, $\alpha_t$	1	0.855	0.731	0.624	0.534
3. Дисконтированные инвестиции, млн.р.	44.3	37.9	61.0	13.2	11.6
4. Дисконтированные инвестиции нарастающим итогом, млн.р.	44.3	82.2	143.1	156.4	168.0

#### 4.9. Показатели эффективности проекта

Показателями эффективности проекта являются:

1) чистый дисконтированный доход (ЧДД) в конце периода (9 – 12 кварталы). ЧДД определяется как разность данных по чистому дисконтированному эффекту  $S$  и данных по дисконтированным значениям инвестиций на конец периода  $K$ :

$$\text{ЧДД} = S - K,$$

где  $S$  – суммарное дисконтированное значение денежного потока в конце периода;

$K$  – суммарное дисконтированное значение инвестиций.

$$\text{ЧДД} = 4824 - 168 = 4656 \text{ млн. р.}$$

2) индекс доходности (ИД) определяется по формуле:

$$\text{ИД} = S/K,$$

$$\text{ИД} = 4824 / 168 = 27,7.$$

$\text{ИД} > 1$ , следовательно проект считается эффективным.

3) срок окупаемости проекта определяем по графику (рисунок 4). В нашем случае срок окупаемости составляет примерно 4 квартала.

4) доля собственных средств предприятия в проекте составляет:

$$(172 / 286,7) \cdot 100\% = 60 \%$$

5) точка безубыточности – это значение минимального объёма выпуска

продукции, при котором достигается «нулевая валовая прибыль» (доход от продажи равен издержкам производства). Точка безубыточности рассчитывается по формуле:

$$Q_{кр} = FC / (P - AVC),$$

где  $FC$  – постоянные затраты, тыс.р.;

$P$  – цена одной тонны годного литья, тыс.р.;

$AVC$  – средние удельные переменные расходы, тыс.р.

$Q_{кр} = 469228.3 / (225 - 103.2) = 3853,4 \text{ т} < 22600 \text{ т}$ , т.е. выпуск отливок превышает точку безубыточности.

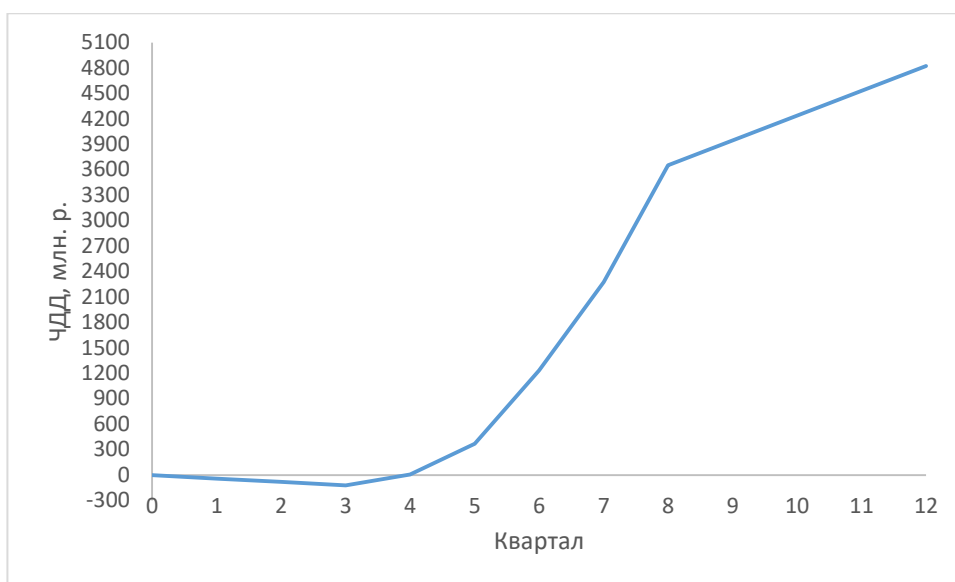


Рисунок 2 – Финансовый профиль проекта

В таблице 60 приведены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 60 - Техничко-экономические показатели цеха

Показатели	Единица измерения	Величина показателей
1. Годовой выпуск продукции	т.	22600
2. Выход годного	%	53.8
3. Численность работающих, всего	чел.	243
в том числе: основных	чел.	177
вспомогательных	чел.	66
ИТР	чел.	23
служащих	чел.	9
МОП	чел.	11
4. Фонд основной заработной платы	млн.руб.	151.8
5. Капитальные вложения	млн.руб.	267.9
6. Себестоимость	млн.руб.	3367.9
7. Прибыль	млн.руб.	1717.1
8. ЧДД	млн.руб.	4656
9. ИД		27.7
10. Срок окупаемости	год	≈1

В данной части дипломного проекта были проведены расчеты эффективности проекта. Было рассчитано количество рабочих, фонды заработной платы, затраты на строительство здания и приобретение оборудования. Мы рассчитали полную себестоимость продукции, как на годовую программу, так и на одну тонну отливок.

Проанализировав расчеты, мы можем сделать вывод, что разрабатываемое производство является прибыльным.

## 5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 5.1. Безопасность труда

В данном разделе рассмотрены проблемы, связанные с обеспечением безопасных и благоприятных условий труда. Этой важной проблемой занимается охрана труда, которая выявляет и изучает возможные причины производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, пожаров, взрывов и разрабатывает систему мероприятий и требуемых положений с целью исключения этих причин и создание безопасных и комфортных условий труда.

#### 5.1.1. Характер трудового процесса

В проектируемом цехе в 2 смены работает 243 человека. Одна смена длится 8 часов, 40 минут – обеденный перерыв два раза перерыв по 10 минут в течение смены.

В литейном цехе находятся опасные и вредные производственные факторы, такие как: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; электрический ток; шум; вибрация; тепловое излучение.

При проектировании данного цеха необходимо, учесть данные факторы предпринять меры по улучшению условия труда и защитить рабочих от травматизма. Это возможно за счет следующих изменений:

- установка автоматических формовочных и стержневых линий;
- ограничение механизмов и рабочих площадок;
- повышение уровня пожарной безопасности производства путем разработки методов оценки пожарной безопасности оборудования, материалов, технологии и комплексных мер по усилению пожарной профилактики;

- звукоизоляция вытяжных и приточных вентиляционных установок, и другого оборудования, создающего шум.

### 5.1.2. Условия труда

#### Производственный микроклимат

В отделении плавки, заливки, выбивки отливок выделяется большое количество тепла. Источниками тепловыделения являются плавильные печи, расплавленный металл в процессе разлива в формы, отливки в процессе остывания после выбивки.

Производственное помещение по удельному тепловыделению относится к горячему, так как тепловыделения метеорологических условий (температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха) регламентируются СанПиН 2.2.4.548-96 [30].

В таблице 61 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Предельно допустимая интенсивность теплового излучения не выше 100 Вт/м, при облучении поверхности тела не более 25%.

В производственном помещении, где по техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить допустимые нормативные показатели микроклимата, предусматриваются такие мероприятия по защите работающих от перегрева или охлаждения: устройства системы вентиляции и отопления для поддержания температурного и влажного режима в производственных помещениях; защита от источников тепловых излучений для снижения теплового облучения работающих; автоматизация и дистанционное управление производственными процессами.



Таблица 61 – Нормируемые значения микроклимата в рабочей зоне

Период года	Категория работающих	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	Пб	17-19	15-22	40-60	<75	0,2	<0,4
Теплый	Пб	20-22	16-27	40-60	15-75	0,3	0,2-0,5

Важное значение, имеет организация системы мероприятий, направленных на профилактику перегревов: рациональный питьевой режим – при значительных влагопотерях (более 3,5 кг за смену) и значительном времени облучения инфракрасной радиацией – 50% рабочего времени и более – применяется охлажденная (до 15-20 °С), подсоленная (0,3% NaCl) газированная вода с добавлением некоторого количества солей калия и витаминов; при меньших влагопотерях расход солей восполняется за счет приёма пищи.

### 5.1.3. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны регламентируется ГН 2.2.5.1313-03 [3]. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 62.

Таблица 62 – Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Пыль	2
Серная кислота	1
Оксид углерода	20
Оксид азота	2

Воздух, удаленный из здания цеха системами местной и общей вытяжной вентиляции, содержащий вредные вещества подвергается очистке, с помощью мокрых пылеуловителей и рукавных фильтров.

В проектируемом предприятии проводятся следующие мероприятия по оздоровлению воздушной среды:

- шихтовый двор оснащен вытяжными аппаратами, так как он характеризуется большим выделением пыли;
- плавильная печь размещается с подветренной стороны здания, чтобы предотвратить попадания дымовых газов и нагретого воздуха в другие отделения, кроме того, печь оборудована эффективными устройствами для очистки отходящих газов;
- отделение финишных операций снабжено местными отсосами и укрытиями;
- предусмотрена изолированная комната отдыха для рабочих;
- рабочие обеспечены спецодеждой, обувью и средствами индивидуальной защиты в соответствии с нормами по ГОСТ 12.4.011-89[3].

#### 5.1.4. Производственное освещение

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях машиностроительной промышленности обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения также зависят производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Производственное освещение на площадях и рабочих поверхностях должно быть в допустимых параметрах в соответствии со СНиП 23-05-95\*[32].

Используют два вида искусственного освещения: рабочее и аварийное. Источниками света являются люминесцентные газоразрядные лампы и лампы накаливания. В операторских комнатах, пультах

управления, применяют лампы дневного света, световая отдача которых превышает световую отдачу лампы накаливания в 3,5 раза. Применяются светильники – переноски прямого света с направлением не менее 90% светового потока. Напряжение сети общего освещения 380/220В, лампы включаются на 220В. Для переносного и местного освещения применяется напряжение 36/12В. Питание осветительных и силовых приборов осуществляется от общих трансформаторов.

Также в производственных помещениях предусмотрено аварийное освещение с автономным питанием, которое устанавливается в проходах, коридорах, опасных зонах – движущихся, вращающихся частей машин и электрорубильников. Аварийное освещение планируют 10% от нормируемого.

#### 5.1.5. Производственный шум

Вентиляторы, компрессоры, двигатели, используемые в цехе, являются источниками инфразвука с частотой менее 20 Гц.

Инфразвук вызывает вибрацию внутренних органов, нарушения в работе вестибулярного аппарата.

Таблица 63 - Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБ. [3]

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Для снижения шума применяем различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощение и установка глушителей шума, в том числе акустическая обработка поверхностей помещения.

#### 5.1.6. Вентиляция

Площадь проектируемого цеха -7128, высота потолка -10,6 м. При естественном освещении площадь окон должна быть  $\geq 1/12$  площади пола.

Вентиляция производственных помещений особенно важна: она не только призвана снабдить работников свежим воздухом, необходимым для их хорошего самочувствия и повышения работоспособности, но и является залогом безопасности этого здания.

В проектируемом цехе предусмотрена вентиляция:

- по способу перемещения воздуха - совмещенная (естественная и искусственная одновременно);
- по направлению потока воздуха - приточно-вытяжная;
- по месту действия - общеобменная;
- по назначению – рабочая и аварийная.

Источниками пыли- и газовой выделения в цехе являются плавильное отделение, смесеприготовительное отделение, формовочное отделение, выбивное отделение. Пыль содержит более 10% диоксида кремния  $\text{SiO}_2$ . В воздухе цеха присутствуют  $\text{CO}_2$ . ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируются ГН 2.2.5.1313-03 [2].

Таблица 64 – Предельно допустимые концентрации

Наименование вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли: от 2 до 10%; от 10 до 70%	4 2
СО <sub>2</sub>	1
Сl <sub>2</sub>	3/1
NH <sub>3</sub>	4

### 5.1.7. Электромагнитное излучение

В проектируемом цехе источником электромагнитного излучения является плавильная и термическая печи.

Можно принять следующие меры защиты:

- экранирование рабочего места;
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитное поле;
- установка рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала;
- применение средств индивидуальной защиты.

### 5.1.8. Электробезопасность

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Технические требования и способы защиты, согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [24], обеспечивающие электробезопасность, должны устанавливаться с учетом:

- номинального напряжения, рода и частоты тока электроустановки;
- способа электроснабжения (от стационарной сети, от автономного источника питания электроэнергией);
- режима нейтрали (средней точки) источника питания электроэнергией (изолированная, заземленная нейтраль);
- вида исполнения (стационарные, передвижные, переносные);
- условий внешней среды: особо опасные помещения, помещения с повышенной опасностью, помещения без повышенной опасности, территории открытых электроустановок.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- защитные барьеры.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;
- зануление.

### 5.1.9. Пожарная безопасность

Противопожарная защита, согласно ГОСТ 12.1.004-91 [3], должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- применением основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности;
- применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);
- устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара;
- организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;
- применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применением средств противодымной защиты.

Ограничение распространения пожара за пределы очага должно достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- устройством противопожарных преград;
- установлением предельно допустимых по технико-экономическим расчетам площадей противопожарных отсеков и секций, а также этажности

зданий и сооружений, но не более определенных нормами;

- устройством аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций;

- применением средств, предотвращающих или ограничивающих разливы и растекание жидкостей при пожаре;

- применением огнепреграждающих устройств в оборудовании.

Средства коллективной и индивидуальной защиты должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени действия опасных факторов пожара.

Коллективную защиту следует обеспечивать с помощью пожаробезопасных зон и других конструктивных решений. Средства индивидуальной защиты следует применять также для пожарных, участвующих в тушении пожара.

#### 5.1.10. Профилактика травматизма

В цехе проводятся организационно-профилактические мероприятия. Все работающие проходят инструктаж: вводный, первичный.

В заключении можно сказать, что проектируемый цех соответствует всем требованиям по организации и обеспечению безопасного труда, а именно:

- при транспортировке расплавленного металла используется конвейер, уменьшающий время контакта с нагретым металлом;

- заливка и извлечении отливок из форм осуществляется автоматически, исключая ручной труд;

- производство литейных форм и стержней осуществляется на автоматических линиях, исключая ручной труд, предохраняющих рабочих от травматизма и улучшающих условия труда;



- производственные процессы, сопровождающиеся шумом, вибрацией, а также выделением пыли и вредных газов, изолированы друг от друга, отделены стенкой.

- проводятся организационно-профилактические мероприятия – все работающие проходят инструктаж: вводный, первичный, внеочередной на рабочем месте и повторный.

Таким образом, внедрение данного проекта позволит снизить функциональные затраты рабочих за счет улучшения характера и условий труда.

В данном проекте предусмотрены мероприятия по автоматизации и механизации технологического процесса, выполнение нормативных требований по шуму, вибрации, пыли, микроклимату, освещённости и т.п.

Это способствует улучшению условий труда, безопасности труда и здоровью работающих людей. Приняты решения по поводу рациональных режимов труда и отдыха. Ведь известно, что здоровье и безопасные условия труда благотворно влияют на самочувствие и работоспособность людей, содействуют повышению производительности труда.

#### 5.1.11. Безопасность при ЧС

#### 5.1.12. Возможные причины чрезвычайных ситуаций

В данном цехе наиболее вероятны следующие чрезвычайные ситуации: взрыв плавильных агрегатов; пожар; массовое поражение током.

Пожар и взрыв чаще всего происходят в плавильном отделении; поражение электрическим током – в плавильном отделении, на электропечи для сушки песка, а также в других производственных отделениях.

В плавильном отделении возникновение пожара может произойти от выплеска металла из печи, при этом возгорание происходит от жидкого

металла. Пожар может возникнуть при неисправной электропроводке оборудования.

Взрыв печных агрегатов может произойти при их остановке или пуске после ремонта, а также при загрузке в печь влажной шихты. Взрыв при остановке печи происходит в результате неполного удаления горючих паров из внутреннего объёма, а при пуске – в результате недостаточного удаления из них воздуха, при загрузке – недостаточного удаления влаги.

#### 5.1.13. Мероприятия по профилактике чрезвычайных ситуаций

Согласно ППБ 01-03 от 18.06.2003 №313 [26] технологические процессы должны проводиться в соответствии с регламентами, правилами технической эксплуатации и другой утвержденной в установленном порядке нормативно-технической и эксплуатационной документацией, а оборудование, предназначенное для использования пожароопасных и взрывопожароопасных веществ и материалов, должно соответствовать конструкторской документации.

На каждом предприятии должны быть данные о показателях пожарной опасности применяемых в технологических процессах веществ и материалов.

При работе с пожароопасными и взрывопожароопасными веществами и материалами должны соблюдаться требования маркировки и предупредительных надписей на упаковках или указанных в сопроводительных документах.

Совместное применение (если это не предусмотрено технологическим регламентом), хранение и транспортировка веществ и материалов, которые при взаимодействии друг с другом вызывают воспламенение, взрыв или образуют горючие и токсичные газы (смеси), не допускается.

Плановый ремонт и профилактический осмотр оборудования должны проводиться в установленные сроки и при выполнении мер пожарной

безопасности, предусмотренных соответствующей технической документацией по эксплуатации.

Конструкция вытяжных устройств (шкафов, окрасочных, сушильных камер и т.д.), аппаратов и трубопроводов должна предотвращать накопление пожароопасных отложений и обеспечивать возможность их очистки пожаробезопасными способами. Работы по очистке должны проводиться согласно технологическим регламентам и фиксироваться в журнале.

Двери и люки пылесборных камер и циклонов при их эксплуатации должны быть закрыты. Горючие отходы, собранные в камерах и циклонах, должны своевременно удаляться.

Во взрывопожароопасных участках, цехах и помещениях должен применяться только инструмент, изготовленный из безискровых материалов или в соответствующем взрывобезопасном исполнении.

Технологические проемы в стенах и перекрытиях следует защищать огнепреграждающими устройствами.

Необходимо регулярно проверять исправность огнепреградителей и производить чистку их огнегасящей насадки, а также исправность мембранных клапанов. Сроки проверки должны быть указаны в цеховой инструкции.

Сушильные камеры периодического действия и калориферы перед каждой загрузкой должны очищаться от производственного мусора и пыли.

Приточные и вытяжные каналы паровоздушных и газовых камер должны быть оборудованы специальными заслонками (шиберами), закрывающимися при возникновении пожара.

Сушильные камеры (помещения, шкафы) для сырья, полуфабрикатов и покрашенных готовых изделий должны быть оборудованы автоматикой отключения обогрева при превышении температуры свыше допустимой.

Газоопасные работы должны проводиться только по наряду в соответствии с правилами безопасности. С персоналом должен проводиться

инструктаж о мерах пожарной безопасности. Члены бригады, не прошедшие инструктаж, к работе не допускаются.

При отказе системы вентиляции ГРП (ГРУ) должны быть приняты меры для исключения образования взрывоопасной концентрации газа в помещении. Производить монтаж или ремонт оборудования и газопроводов в помещении при неработающей вентиляции не разрешается.

Не разрешается в помещениях и коридорах закрытых распределительных устройств устраивать кладовые, не относящиеся к распределительному устройству, а также хранить электротехническое оборудование, запасные части, емкости с ГЖ и баллоны с различными газами.

В металлических коробах кабельные линии должны уплотняться негорючими материалами и разделяться перегородками огнестойкостью не менее 0,75 ч в следующих местах:

- при входе в другие кабельные сооружения;
- на горизонтальных участках кабельных коробов через каждые 30 м, а также при ответвлениях в другие короба основных потоков кабелей;
- на вертикальных участках кабельных коробов через каждые 20 м. При прохождении через перекрытия такие же огнестойкие уплотнения дополнительно должны выполняться на каждой отметке перекрытия.

Места уплотнения кабельных линий, проложенных в металлических коробах, следует обозначать красными полосами на наружных стенках коробов. В необходимых случаях делаются поясняющие надписи.

Не разрешается при проведении реконструкции или ремонта применять кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

Металлические оболочки кабелей и металлические поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены негорючими антикоррозийными покрытиями.

При реконструкции и ремонте прокладка через кабельные сооружения каких-либо транзитных коммуникаций и шинопроводов не разрешается.

В местах установки передвижной пожарной техники должны быть оборудованы и обозначены места заземления. Места заземления передвижной пожарной техники определяются специалистами энергетических объектов совместно с представителями пожарной охраны и обозначаются знаками заземления.

## 5.2. Экологическая безопасность

### 5.2.1. Глобальные экологические проблемы современности

Одной из острейших проблем металлургического комплекса по всему миру являются рациональное природопользование и охрана окружающей среды. По уровню выбросов вредных веществ металлургия превосходит все сырьевые отрасли промышленности, создавая высокую экологическую опасность её производства и повышенную социальную напряжённость в районах действия металлургических предприятий.

Особенно металлургические предприятия загрязняет атмосферу и водоёмы. В следствии чего могут возникнуть глобальные экологические проблемы такие как: парниковый эффект, кислотные дожди, смог и загрязнение мирового океана.

Это связано с тем, что большинство предприятий металлургического и энергетического комплексов имеет несовершенную технологию, морально и физически изношенные основные производственные фонды, что способствует увеличению количества вредных выбросов (50%- теплоэнергетика, 20%- черная металлургия, 13% - цветная металлургия, 4% - химия и нефтехимия).

Но в настоящее время снижение социальной напряжённости в районах действия металлургических предприятий может быть обеспечено, прежде всего, снижением экологической опасности, внедрением экологически чистых технологий и созданием безотходных производств. Безотходная технологическая система – это сочетание организационно-технических мероприятий, технологических процессов и способов подготовки сырья и

материалов, обеспечивающих комплексное использование сырья и энергии. Переход к малоотходной и безотходной технологии, совершенствование способов утилизации вредных веществ, комплексное использование природных ресурсов – основные направления ликвидации вредного влияния металлургического производства на состояние окружающей среды.

### 5.2.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Технологический процесс состоит в изготовлении отливок из стали с годовым выпуском 22600 тонн литья. Плавка металла производится в электродуговой печи ДСП-4 масса продукции от 17 до 390 кг. Схема технологического процесса (ТП) приводится на рисунке 3.

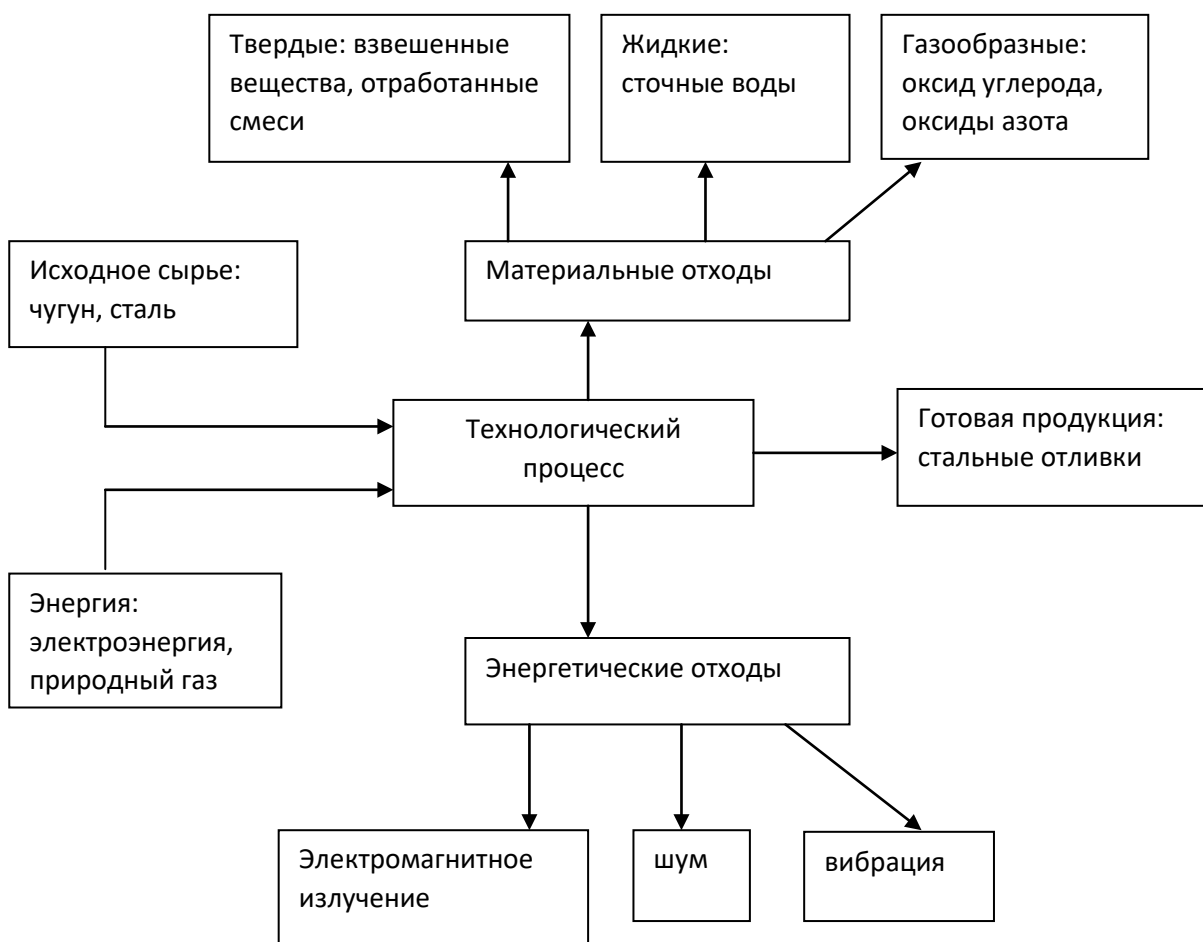


Рисунок 3– Схема технологического процесса

В качестве сырья используют отходы собственного производства, отходы литников, чугун переделный, ферросплавы, стальной лом.

Энергоресурсами служат электроэнергия и природный газ.

В процессе изготовления отливок из стали образуются следующие виды отходов:

Материальные:

Жидкие (сточные воды, содержащие взвешенные вещества, образуются при охлаждении контура печей и готовой отливки, промывке и очистке отливки, приготовлении формовочной смеси);

Твердые (пыль образуется при сушке песка, при выбивке отливок из форм, при очистке отливок в дробеструйной камере.

Газообразные (углекислый газ, оксид углерода), образуются при плавке металла.

Энергетические загрязнения: шум, вибрация, образуются при очистке отливок в дробеструйной камере, при выбивке отливок из форм и регенерации формовочной смеси.

Тепловые излучения образуются при плавке металла и его заливке.

Электромагнитные излучения образуются при работе всего оборудования.

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

### 5.2.3. Основные характеристики технологического процесса

Основные характеристики ТП приведены в таблице 65.

Таблица 65 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

№	Показатели	Ед. изм.	Количество
1.	Сырье		
	1. Стальной лом	т/год	37392.9
	2. Отходы производства	т/год	16040
	3. Чугун передельный	т/год	1174.3
	4. Ферросплавы	т/год	692.8
	5. Стружка в брикетах	т/год	2739.9
	6. Формовочная смесь	т/год	208618
	7. Стержневая смесь	т/год	5362.6
2.	Энергия		
	1. Электрическая	тыс. кВт/ч	35030
3.	Продукция		
	1. Стальные отливки	т/год	22600
4.	Отходы		
	Материальные		
	2. Пыль	т/год	787
	4. Углекислый газ	т/год	180
	7. Оксид углерода	т/год	870
	Жидкие		
	1. Взвешенные вещества	т/год	500
	2. Сточные воды	тыс. м <sup>3</sup> /год	92,835
	Энергетические:		
	1. Шум	дБ	85
	2. Тепловые выбросы	млн. Дж/м <sup>2</sup>	3,5
	3. Вибрация	дБ	93
	4. Напряженность электрического поля	В/м	10
	5. Напряженность магнитного поля	А/м	9

#### 5.2.4. Основные требования экологизации проекта

Под воздействием применяемого оборудования и технологических процессов в рабочей зоне создается определенная внешняя среда. Ее характеризуют: содержание вредных веществ; уровни шума, вибраций, электромагнитных излучений.

Предотвращение вредного воздействия производственных факторов основано на доведении их уровней или концентраций в рабочей зоне до



предельно допустимых норм, при которых неблагоприятные факторы производства находятся в пределах допустимых значений (см. таблицу 66).

Таблица 66 – Предельно допустимые концентрации и уровни неблагоприятных факторов, выбрасываемых цехом

№	Вещество	Ед. изм.	Нормируемое значение*
1.	В атмосферном воздухе		
	1.Пыль нетоксичная	мг/м <sup>3</sup>	0,05/0,15
	2.Оксид углерода	мг/м <sup>3</sup>	3/1
	3.Углекислый газ	мг/м <sup>3</sup>	0.2/0,5
2.	В воде водоемов		
	Взвешенные вещества	мг/л	20
3.	Шум	дБ	80
4.	Тепловые выбросы	Дж/ м <sup>3</sup>	120
5.	Вибрации	дБ	92
6.	Напряженность эклектического поля	А/м	3
7.	Напряженность магнитного поля	В/м	6

#### 5.2.5. Рекомендуемые мероприятия по экологизации проекта

Для сокращения выбросов загрязняющих веществ от проектируемого цеха предусматриваются следующие мероприятия:

Для защиты атмосферного воздуха: установка с рукавным фильтром для очистки воздуха от пыли. Очистка воздуха от пыли достигается путем его фильтрации через ткань, сшитую в виде рукавов встроенных в корпус фильтра. Это позволит повысить пылеулавливаемость до 98 %; местная вытяжная вентиляция в местах входа и выхода форм при охлаждении; вытяжной зонт над электродуговыми печами для исключения попадания в атмосферу газа и пыли; пылесадительные камеры для очистки отходящих газов. Это позволит снизить выброс вредных примесей в атмосферу; контакторный фильтр над печами и скрубберы для удаления газов из помещения цеха.

Для защиты водного бассейна:

Использование замкнутого водоснабжения. При котором техническая

вода не сбрасывается в водоем, а, предварительно пройдя очистку через фильтры и отстойники, снова направляется в цех.

- механическая очистка (ситы, улавливатели, отстойники и фильтры) для извлечения из сточных вод нерастворимых веществ;

Оборотная система водоснабжения позволяет значительно уменьшить выброс производственных стоков и, следовательно, объем вредных выбросов и уменьшить потребление природных ресурсов.

Для снижения вредных воздействий энергетических отходов предусматривается:

- установка тепло- и звукоизоляции на стенках оборудования;
- общеобменная вентиляция – аэрация. Устанавливается для ассимиляции тепловыделений от технологического оборудования в летнее время.

Мерами по устранению вибрации и уменьшению ее вредного влияния являются: установка машин с пониженной вибрацией, увеличение массы фундаментов вибрирующего оборудования, за счет использования виброизоляции в выбивных решетках, которые опираются на амортизаторы.

В проектируемом цехе источником электромагнитного излучения является электродуговая печь с напряженностью электрического поля, превышающей ПДУ. Для снижения напряженности магнитного поля предусматриваются следующие меры защиты:

- экранирование рабочего места;
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитное поле;
- установка рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала;
- применение средств индивидуальной защиты

Суммарные выбросы вредных веществ в окружающую среду проектируемым цехом приводятся в таблице 67.

Таблица 67 – Планируемые выбросы вредных веществ в атмосферу и водоемы проектируемого цеха

№	Вещество	Ед. изм.	Образуемое	Улавливаемое	Выбрасываемое
1.	Выбросы в атмосферу				
	1.Пыль	мг/м <sup>3</sup>	65,5	64,4	0,11
	2.Оксид углерода	мг/м <sup>3</sup>	64,4	64	0,4
	3.Углекислый газ	мг/м <sup>3</sup>	131	129,7	0,3
2.	Выбросы в водоемы				
	1.Взвешенные вещества	мг/л	746	738	8
3.	1.Шум	дБ	85	5	80
	2.Тепловые выбросы	Дж/ м <sup>3</sup>	320	210	110
	3.Вибрация	дБ	93	1	92
	4.Напряженность электрического поля	В/м	9	7	2
	5. Напряженность магнитного поля	А/м	10	5	5

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс экологичным, ресурсосберегающим, за счет применения нового автоматизированного оборудования, снижающего количество вредных выбросов, а также введения обратного водоснабжения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение, 1974. 50с.
2. Безопасность жизнедеятельности /Н.Г.Занько, Г.А.Корсаков, К.Р.Малаян и др.; Под ред. О.Н.Русака. С.-Пб.: Петербургской лесотехнической академии, 1996. 426с.
2. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Гигиенические нормативы – М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. 208с.
3. ГОСТ 977-88 «Отливки стальные». М.: ИПК Издательство стандартов. Введен 01.07.87.
4. ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность». М.: ИПК Издательство стандартов. Введен 07.01.80.
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 2009. 45с.
6. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 4с.
7. ГОСТ 12.1.004-91\*. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Минхимпром СССР, 1991. – 69с.
8. ГОСТ 12.1.019-09Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: Госстандарт, 1996. 7с.
9. ГОСТ 12.4.002-97. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. 15с.
10. ГОСТ 12.4.011-89. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1989. 8с.

11. ГОСТ 12.4.024-76. Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 1976. 8с.
12. ГОСТ 12.1.030 – 01. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.- М.: издательство стандартов, 1996. 20с.
13. Кипнис Л.С., Исагулов А.З., Исин Д.К. Проектирование литейных цехов. Учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2003. 83с.
14. Козлов Л.Я., Колокольцев В.М., Вдовин К.Н. и др. Производство стальных отливок: Учебник для вузов/ Под ред. Козлова Л.Я. – М.: «МИСИС», 2003. 352с.
15. Кнорре Б.В., Фанталов Л.И., Четверухин С.И. и др. Основы проектирования литейных цехов и заводов: Учебник для учащихся средних специальных учебных заведений. МС.: «Машиностроение», 1985. 400с.
16. Матвиенко И.В., Тарский В.Л., Оборудование литейных цехов и заводов: Учебник для учащихся средних специальных учебных заведений. МС.: «Машиностроение», 1985. 400с.
17. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика: справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. М.: «Машиностроение», 1988. 272с.
18. Охрана труда в машиностроении /Юдин Е.Я., Белов С.В., Баланцев С.К. и др.; Под ред. Юдина Е.Я. и Белова С.В. 2-е изд. М.: «Машиностроение», 1983. 432с.
19. Проектирование машиностроительных заводов и цехов. В шести томах. Под общ. ред. Е.С.Ямпольского. Т.2 Проектирование литейных цехов и заводов. Ред. В.М.Шестопапов. М.: «Машиностроение», 1974. 294с.
20. СанПин 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарные правила и нормы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. 20с.
21. СанПин 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой

застройки: Санитарные правила и нормы – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. 20с.

22. СанПин 2.2.4/2.1.8.566 – 96. Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. - 20с.

23. СНиП 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России. – 88с.

24. СНиП 41-01-03. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М.: Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, 2004. – 17с.

25. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. М.: «Машиностроение», 1985. 320с.

26. Титов Н.Д., Степанова Ю.А. Технология литейного производства. М.: «Машиностроение», 1974. 472с.

27. Технология литейного производства: Учебник/Б.С.Чуркин, Э.Б.Гофман и др. Под ред.Б.С.Чуркина. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.пед.унив-та, 2000. 662с.

28. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством: Учебное пособие. Екатеринбург: Урал. гос. проф.пед.унив-та, 1999. 91с.