

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
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 22000 ТОНН В ГОД**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
По направлению 22.03.02 Металлургия

Идентификационный код ВКР: 915

Исполнитель:
студент группы НТ-411сЛП

(подпись)

Е.Н. Чемарин

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 120 листов машинописного текста, 5 рисунков, 57 таблиц, 29 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 22000 тонн.

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

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 22.03.02.915 ПЗ		
и з	Лист	№ докум	Подп.	Дата			
Разраб.	Чемарин Е.Н				Литер	Лист	Листов
Пров.	Ведерников М.В						
Н. контр.	Категоренко Ю.И						
Утв.	Гузанов Б.Н						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАССЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ	8
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ.....	11
2.1. Характеристика детали	11
2.2. Характеристика отливки и выбор сплава.....	11
2.3. Выбор способа литья и типа производства.....	12
2.4. Разработка технологического процесса	15
2.5. Выбор положения отливки в форме, определение количества, расчет размеров опок	16
2.6. Конструирование модельно-литейной оснастки.....	18
2.7. Выбор припусков на механическую обработку	19
2.8. Конструирование и расчет прибылей.....	20
2.9. Конструирование и расчет литниково-питающей системы.....	23
2.10. Формовочные и стержневые смеси	27
2.11. Изготовление форм и стержней	27
2.12. Выбор способа сборки форм, вентиляция формы	31
2.13. Выбивка, обрубка, очистка.....	32
2.14. Термическая обработка.....	33
2.15. Контроль качества	34
2.16. Мероприятия по предупреждению дефектов, способы устранения	36
3. РАССЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ ЦЕХА	39
3.1. Расчет фондов времени работы оборудования.....	39
3.2. Плавильное отделение	39
3.2.1. Расчет количества плавильных агрегатов.....	41
3.2.2. Расчет шихты	42
3.2.3. Расчет числа ковшей	52
3.3. Смесеприготовительное отделение	53
3.3.1. Расчет количества смесителей.....	56
3.4. Формовочно-заливочно-выбивное отделение	57

3.4.1.	Расчет количества формовочных линий	62
3.5.	Стержневое отделение	63
3.5.1.	Расчет оборудования стержневого участка	64
3.6.	Термообрубное отделение	66
3.6.1.	Расчет термообрубного оборудования.....	68
3.7.	Внутрещеховой транспорт.....	69
3.8.	Вспомогательные службы	70
4.	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	71
4.1.	Расчет численного состава рабочих	71
4.2.	Организация и планирование заработной платы	76
4.3.	Отчисления в социальные фонды	79
4.4.	Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений.....	80
4.5.	Определение затрат и планирование себестоимости.....	83
4.6.	Расчет плановых постоянных и переменных затрат.....	87
4.7.	Ценообразование	88
4.8.	Расчет коммерческой эффективности проекта.....	89
4.9.	Показатели эффективности	98
5.	БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	101
5.1.	Безопасность труда	101
5.1.1	Характеристика планируемого цеха	102
5.1.2	Условия труда.....	103
5.1.3	Производственная пыль	103
5.1.4	Микроклимат.....	104
5.1.5	Вентиляция	105
5.1.6	Шум	106
5.1.7	Вибрация.....	107
5.1.8	Освещение	107
5.1.9	Электробезопасность.....	108
5.1.10	Пожарная безопасность.....	109
5.2.	Экологичность проекта	110
5.2.1.	Глобальные экологические проблемы современности.....	110

5.2.2. Анализ связей технологического процесса отливки с экологическими системами.	111
5.2.3. Требования по экологизации проекта.....	115
5.2.4. Пути экологизации производства.	116
5.2.5. Предложения по экологизации технологического процесса.	116
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	119

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – одна из отраслей промышленности, продукцией которой являются отливки, получаемые в литейных формах при заполнении их жидким сплавом. Литьем можно получать такие детали, которые невозможно изготовить другим способом – ковкой, штамповкой, прокаткой, сваркой и т.д. Литьем можно изготавливать заготовки любой конфигурации с минимальными припусками на обработку. Технологический процесс изготовления отливки механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок по сравнению с поковками, сварными конструкциями, деталями из проката.

Производственный процесс изготовления литых заготовок характеризуется большим многообразием участвующих в нем средств и предметов труда, своеобразием состава технологических операций и грузопотоков, выполнение которых регламентировано в пространстве и во времени. Пространственная регламентация литейного процесса устанавливает состав и взаимодействие комплекса технологического оборудования, направленность, непрерывность и последовательность выполнения производственных операций. Временная регламентация характеризует частичные организационные и технологические процессы по степени участия средств труда и рабочей силы на каждой стадии, каждом переделе и каждой операции изготовления литых заготовок.

Для обеспечения высокой производительности труда и эффективности производства на основе комплексной механизации и автоматизации применять прогрессивные технологические процессы для получения отливок высокого качества; организовывать поточное производство; использовать высокопроизводительное оборудование. Объекты на застраиваемой территории размещают рационально с экономичными объёмно-планировочными решениями зданий для уменьшения площадей для строительства. На заводах с несколькими литейными цехами хранение и

подготовку шихтовых и формовочных материалов предусматривать в центральном базисном цехе.

На литейном производстве внедряются автоматические и полуавтоматические линии, которые в значительной степени снижают себестоимость продукции за счет сокращения ручного, тяжелого и монотонного труда на различных операциях, за счет сокращения численности промышленно-производственного персонала; увеличивают производительность; увеличивают качество готовой продукции.

Отсутствие новых технологий приводит к снижению уровня рентабельности и увеличению материальных, энергетических затрат и стоимости продукции. Для выхода из сложившегося положения необходимо проводить реконструкцию имеющихся предприятий, проектировать новые цеха, разрабатывать новые технологии, направленные на повышение качества литья, снижение трудоёмкости и улучшение условий труда и экологии.

1. ОБОСНОВАНИЕ И РАССЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

Проектируемый цех входит в состав предприятия и обеспечивает производство литыми заготовками в соответствии с номенклатурным планом выпуска заготовок. Планируемый цех специализируется на выпуске стального литья для вагоностроения.

Производственная программа является обоснованием для разработки экономической части проекта участка литейного цеха. Программа рассчитывается для отливки представителя, затем рассчитывается номенклатура отливок закрепленных за участком.

Основная марка стали 35Л по ГОСТ 977-88[27].

Производственная программа цеха рассчитана на основании перспективного плана металлургического производства.

Годовой выпуск литья составил 22000 тонн годного литья.

Производственная программа представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Производственная программа цеха

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	Расход формовочной смеси на программу, т	Расход стержневой смеси на программу, м ³
0-100	Накладка	35Л	12	17.9	100000	1200	1791.0	6	16667	1	100000	11400.0	124.8
	Фланец	35Л	16.2	24.9	70988	1150	1769.2	4	17747	0	0	10925.0	119.6
	Головка сцепки	35Л	18.6	26.1	112903	2100	2946.8	2	56452	4	451613	19950.0	218.4
	Кронштейн	35Л	27	40.9	33333	900	1363.6	4	8333	2	66667	9450.0	162.9
	Кольцо	35Л	38.2	60.6	47644	1820	2888.9	8	5955	1	47644	19110.0	329.4
	Блок	35Л	57	80.3	13860	790	1112.7	2	6930	3	41579	8295.0	143.0
	Рычаг	35Л	87	133.8	28736	2500	3846.2	4	7184	2	57471	26250.0	452.5
Итого по группе					407463	10460	15718.4		119268		764974	105380.0	1550.6
100-150	Вилка	35Л	103	163.5	11942	1230	1952.4	2	5971	4	47767	11931.0	370.2
	Втулка	35Л	129	204.8	6512	840	1333.3	4	1628	1	6512	8148.0	252.8
	Головка	35Л	142	225.4	4479	636	1009.5	1	4479	6	26873	6169.2	191.4
	Крышка	35Л	145.3	230.6	5189	754	1196.8	1	5189	2	10379	7313.8	227.0
	Барaban	35Л	148.9	236.3	7522	1120	1777.8	2	3761	1	7522	10864.0	337.1
Итого по группе					35643	4580	7269.8		21028		99052	44426.0	1378.6
150-250	Вилка	35Л	150	223.9	3533	530	791.0	1	3533	3	10600	4876.0	159.5
	Тяга	35Л	177	264.2	3446	610	910.4	2	1723	0	0	5612.0	183.6
	Корпус	35Л	205	306.0	4634	950	1417.9	1	4634	3	13902	8740.0	286.0
	Рычаг	35Л	235	350.7	1362	320	477.6	2	681	1	1362	2944.0	96.3
	Опора	35Л	240	358.2	750	180	268.7	2	375	0	0	1656.0	54.2
	Корпус	35Л	244.5	364.9	1513	370	552.2	1	1513	5	7566	3404.0	111.4

Итого по группе					15239	2960	4417.9		12460		33431	27232.0	891.0
250-500	Плита	35Л	270	391.3	3296	890	1289.9	1	3296	0	0	6586.0	267.9
	Стакан	35Л	325	471.0	3077	1000	1449.3	1	3077	1	3077	7400.0	301.0
	Крышка	35Л	378	547.8	952	360	521.7	1	952	2	1905	2664.0	108.4
	Колодка	35Л	390	565.2	2667	1040	1507.2	1	2667	0	0	7696.0	313.0
	Валок	35Л	425	615.9	1671	710	1029.0	1	1671	0	0	5254.0	213.7
Итого по группе					11663	4000	5797.1		11663		4982	29600.0	1204.0
Итого по цеху					470008	22000	33203.3		164418		902438	206638.0	5024.2

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

2.1. Характеристика детали

Деталь «Головка сцепки» массой 17,4 кг изготавливается из стали 35Л. Масса отливки составляет 18,6 кг. Размеры детали: 350x250x134 мм. Преобладающая толщина стенки – 14 мм. Данная деталь используется в вагоностроении при производстве автосцепки вагонов.

Из стали изготавливаются детали, к которым предъявляются повышенные требования по прочности, пластичности и ударной вязкости. Проектируемая деталь испытывает знакопеременные нагрузки.

Деталь «Головка сцепки» относится к деталям ответственного назначения (2 группа), работающих при статических нагрузках, а в качестве материала детали выберем сталь 35Л, указанную в чертеже детали.

Отливки 2 группы рассчитываются на прочность и работают при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения. Для отливок данной группы контролируемые показатели качества являются: внешний вид, размеры, химический состав и такие механические свойства как временное сопротивление, относительное удлинение.

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

2.2. 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 [27]. Химический состав стали, механические, физические и технологические свойства приведены в таблицах 2 – 4.

Таблица 2-Химический состав стали 35Л [27]

Содержание элементов, %				
C	Mn	Si	S	P
0,32 – 040	0,45 – 0,90	0,20 – 0,52	Не более	
			0,04	0,04

Таблица 4-Механические свойства стали 35Л [27]

Свойства	Показатель
Предел текучести σ_T	275 МПа
Временное сопротивление σ_B	491 МПа
Относительное удлинение δ	$\geq 15\%$
Относительное сужение ψ	25%
Ударная вязкость КСУ(а)	343 кДж/см ²

Таблица 5- Физические и технологические свойства

Свойства	Показания
Удельный вес γ	7,83 г/см ³
Температура начала затвердевания	1480-1490 ⁰ С
Удельная теплоемкость	469 Дж/кг ⁰ С
Теплопроводность	75 Вт/м ⁰ С
Твердость по Бриннелю	137...229 НВ
Линейная усадка (свободная) ϵ	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

2.3. Выбор способа литья и типа производства

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

Самый распространенный вид литья - литье в разовые песчаные формы. Этим методом можно изготовить отливки любого размера и веса, независимо от их серийности. В цехе используется литье в песчаные формы. Цех крупного стального литья состоит из ряда участков и отделений таких, как:

- смесеприготовительное отделение;
- формовочное отделение;
- стержневое отделение;
- термообрубное отделение;
- заливочное отделение.

Цех и его литейные участки по своему типу относятся к массовому производству. Масса изготавливаемых отливок колеблется в пределах от нескольких килограмм до нескольких тонн. Детали отливаются для машиностроения.

Литейный цех входит в состав предприятия и обеспечивает производство литыми заготовками в соответствии с номенклатурным планом выпуска заготовок. Цех специализируется на выпуске стального литья весом от 0 до 500 кг. Основная марка стали 35Л [27].

Технологический процесс изготовления отливок методом литья в сырые песчано-глинистые формы требует наличия большого количества качественных формовочных и стержневых смесей. Производственное задание стержневого отделения и разбивка стержней на группы по размерам, сложности изготовления, составу стержневой смеси позволяют определять потребность в производственном оборудовании, транспортных средствах и численности рабочих.

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

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

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

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

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

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

По сравнению с последовательными параллельные режимы работы имеют ряд преимуществ: сокращается производственный цикл изготовления отливок, рациональнее используется оборудование и площадь цеха, улучшается качество и снижается себестоимость отливок и др.

При поточном характере производства с применением автоматических формовочных линий, стержневых автоматов и линий автоматизированных смесеприготовительных комплексов, как правило, рекомендуют применять параллельный трехсменный режим работы цеха. Сменность работы при этом режиме зависит от размеров и количества изготавливаемых отливок.

Данный график работы является наиболее рациональным, так как позволяет выполнить производственную программу при минимальном

износе оборудования и парка опок. Для литейного цеха применим трехсменный график по пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене.

2.4. Разработка технологического процесса

Изготовление полуформ осуществляется на автоматической формовочной линии фирмы Savelli (Италия), в которой используется прессовая автоматическая формовочная машина. В качестве формовочных смесей использовать единую смесь. Подвод металла следует производить по разъему полуформы.

Данная технология позволяет:

- исключить ударные нагрузки на модель при формовке и при удалении модели из формы, что повышает срок службы модельной оснастки;
- ликвидировать тяжёлый труд на операциях формовки, смесеприготовления и выбивки отливок;
- повысить точность размеров и чистоты поверхности отливок за счёт ликвидации или значительного уменьшения литейных уклонов, снизить припуски на механическую обработку;
- уменьшить трудоёмкость изготовления формы;
- снизить расход формовочных и стержневых смесей;
- улучшить санитарно-гигиенические условия труда, за счёт замены встряхивающего процесса на прессовый;
- существенно снизить себестоимость;
- увеличить производительность;
- значительно снизить процент брака.

Для изготовления литейной формы применяется двухпозиционная автоматическая формовочная машина. Вначале монтируют модели на две подмодельные плиты, затем их устанавливают на двух позиционный стол машины, где они автоматически опрыскиваются разделительным составом и на них подаются опоки. Следующий этап: на одну из плит подаётся

формовочная смесь, после чего стол поворачивается на 180^0 и производится формообразование многоплунжерной прессовой головкой, в это же время на вторую плиту подаётся формовочная смесь. Затем с первой плиты производят съём формы, а вторая подаётся под многоплунжерную головку. Далее цикл повторяется.

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

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

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 5.

Таблица 5-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

Рассчитаем размер опок для отливки:

Общая минимальная длина (в опоке 2 отливки)

$$L_{\min} = 40 + 550 + 40 = 630 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 800 мм.

Общая минимальная ширина (в опоке 2 отливки):

$$S_{\min} = 40 + 260 + 30 + 30 + 260 + 40 = 660 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 1000 мм

Общая минимальная высота нижней опоки:

$$H_{\min} = 70 + 64 = 134 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 300 мм

Общая минимальная высота верхней опоки:

$$H_{\min} = 70 + 60 = 130 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный размер опоки 300 мм.

В дипломном проекте рассматриваются опоки размерами 1000x800x300x300 мм. В опоке размещены 2 отливки. Так как автоматическая формовочная линия работает с разными размерами опок, а минимальные габариты применяемых опок с размерами 1000x800x300x300.

2.6. Конструирование модельно-литейной оснастки

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

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

Модельный комплект должен удовлетворять следующим требованиям:

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

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

Формовочные уклоны в модельных комплектах по ГОСТ 3212-92[29]. При применении песчано-глинистых смесей уклоны назначают в зависимости от диаметра или минимальной ширины, углублении или высоты формообразующей поверхности.

Разовые песчаные формы в литейном производстве изготавливают в основном в опоках. Опоки для изготовления отливок применяем стальные.

В модельный комплект входит:

- модель верха, материал АК7ч;
- модель низа, материал АК7ч;
- стержневой ящик №1 АК7ч;
- стержневой ящик №2 АК7ч;
- стержневой ящик №3 АК7ч;
- стержневой ящик №4 АК7ч;
- плита модельная сталь 35Л.

Усадка на размеры детали 2%.

Неуказанные радиусы скруглений не более 5 мм [29]

Формовочные уклоны не более 1:50 в сторону увеличения габарита отливки.

2.7. 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 «Головка сцепки» имеет:

- 9Т-13 классы точности размеров;
- 7-15 классы точности массы;
- 5-8 ряды припусков на механическую обработку.

Принимаем 11 класс точности размеров, 11 класс точности массы и 7 ряд припусков на механическую обработку.

Назначаем припуски на механическую обработку на бобышки диаметром 48 мм и 40 мм. Величина припуска составит 5 мм.

Два отверстия диаметром 33 мм и одно отверстие диаметром 26 мм зальем металлом и выполним последующей механической обработкой.

2.8. Конструирование и расчет прибылей

При организации питания отливки технолог, прежде всего, должен проанализировать конфигурацию отливки с точки зрения направленности затвердевания. Если не организовать питание из прибылей, установленных для этих зон, то в них образуются усадочные дефекты. Для обеспечения эффективного питания необходимо, чтобы все изолированные друг от друга массивные части получали питание из прибылей.

Прибыли эффективно питают только примыкающие к ним части отливки. Поэтому при применении местных прибылей нужно установить протяженность зоны, эффективно питаемой прибылью. Такая зона называется зоной действия прибыли. Она зависит от толщины стенки отливки около торцов отливки из-за охлаждающего торцевого эффекта зона действия прибылей увеличивается. Определив протяженность зон действия всех прибылей, установленных по периметру отливки, можно уточнить, правильно ли выбрано их количество. Расстояние между прибылями не должно превышать сумму зон их действия. Прибыль располагают так, чтобы металл, сохраняющийся в прибыли в жидком состоянии, мог непосредственно поступать в затвердевающие части отливки для компенсации уменьшения их объема, вызванного усадкой сплава.

Установка прибылей является наиболее эффективным способом предупреждения образования усадочных раковин и пор в отливках. Прибыли могут использоваться практически для всех сплавов, они особенно эффективны для сплавов, обладающих большой объемной усадкой: стали, высокопрочные чугуны, латуни, бронзы и др.

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

Для расчета прибыли используем формулу:

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

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

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

ε_v - объемная усадка, принимающая участие в формировании усадочной раковины.

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

$$V_{n.y.1} = 533,5 \text{ см}^3;$$

$$V_{n.y.2} = 570 \text{ см}^3;$$

$$V_{n.y.3} = 140 \text{ см}^3.$$

Для устранения усадки в первом и втором питаемых узлах установим прибыли, а в третьем – холодильник.

Рассчитаем объемы прибылей:

$$V_{n1} = \frac{533,5 \cdot 0,04}{0,11 - 0,04} = 304,9 \text{ см}^3;$$

$$V_{n2} = \frac{570 \cdot 0,04}{0,11 - 0,04} = 325,7 \text{ см}^3;$$

Рассчитаем геометрические размеры прибылей:

Прибыль №1 имеет прямоугольное сечение $\Rightarrow V_{n1} = a \cdot b \cdot h$. Принимаем $a = 2,1$ см, $h = 23,6$ см, тогда $b = 6,2$ см.

Прибыль №2 имеет круглое сечение $\Rightarrow V_{n2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H$. Принимаем

$H = 22,5$ см, тогда $D = 4,3$ см.

Массу прибыли рассчитаем по формуле:

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

где V – объем прибыли, см^3 ;

ρ – плотность жидкого металла, г/см^3 .

$$G_{np} = (304,9 + 325,7) \cdot 7,8 = 4,9 \text{ кг}$$

Рассчитаем массу и размер холодильника.

Исходя из размеров теплового узла, принимаем для изготовления спирали проволоку диаметром 3 мм. Диаметр спирали D составит 24 мм, шаг навивки спирали t – 5 мм.

Определим длину внутреннего холодильника :

$$l = (0,04 \dots 0,02) \cdot m_y / q,$$

где m_y – масса теплового узла, кг;

q – масса одного погонного метра спирального холодильника, кг.

$$l = 0,04 \cdot 1,1 / 0,63 = 0,07 \text{ м.}$$

На рисунке 1 показан внутренний холодильник для отливки «Головка сцепки».

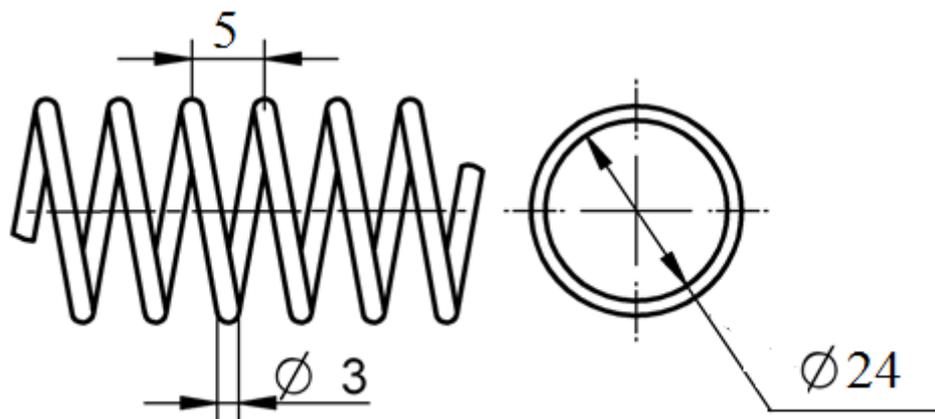


Рисунок 1 – Внутренний холодильник.

Масса детали составляет 17,4 кг;

Масса припусков составляет 1,2 кг;

Масса прибылей составляет 4,9 кг.

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

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

$$G_{л.с.} = 0,1 G_{жс}.$$

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр}) + 0,1 \cdot G_{жс} = \frac{N \cdot (G_{отл} + G_{пр})}{0,9} = \frac{2 \cdot (18,6 + 4,9)}{0,9} = 52,2 \text{ кг.}$$

2.9. Конструирование и расчет литниково-питающей системы

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

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

Рассчитаем оптимальное время заполнения формы

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

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

δ - преобладающая толщина стенки отливки, мм;

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

$$\tau_{отт} = 1,6 \cdot \sqrt[3]{14 \cdot 52,2} = 14,4 \text{ с.}$$

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.

$$v_{лр} = C/\tau_{онт} = 364/14,4 = 25,2 \text{ мм/с} .$$

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 52,2 кг, то заливка производится из поворотных ковшей.

Рассчитаем площадь узкого места:

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

где ρ - плотность жидкого сплава, г/см³;

μ - коэффициент расхода литниковой системы;

H_p – гидростатический напор в системе, см;

g – ускорение свободного падения, 981 см/с².

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

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.

$$H_p = 30 - \frac{30^2}{2 \cdot 36,4} = 17,64 \text{ см.}$$

$$F_{уз} = \frac{52,2 \cdot 1000}{0,32 \cdot 14,4 \cdot 7,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 17,64}} = 7,81 \text{ см}^2.$$

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

Тогда площадь питателя равна:

$$F_{пит} = 7,81/4 = 1,95 \text{ см}^2.$$

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

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

$$\Sigma F_{шл} = 7,81 \cdot 1,2 = 9,37 \text{ см}^2.$$

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

$$F_{шл} = 9,37/2 = 4,685 \text{ см}^2$$

$$F_{ст} = 7,81 \cdot 1,4 = 10,93 \text{ см}^2$$

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

$$D_6 = H_6 = (2,7 \dots 3,0) \cdot D_{ст.в.}$$

Найдем диаметр верха и низа стояка:

$$D_{ст.н.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cm}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10,93}{3,14}} = 3,7 \text{ см.}$$

$$D_{ст.в.} = D_{ст.н.} + 0,3 = 3,7 + 0,3 = 4 \text{ см.}$$

$$D_6 = H_6 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ см.}$$

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

Рассчитаем геометрические размеры питателя, принимаем нижнее основание равным a , верхнее $b=0,8a$ и высота h равна 1,3 (т.к. ребро в месте подвода имеет толщину 13 мм), следовательно, площадь питателя равна $1,8a \cdot h/2$:

$$F_{num} = 1,8a \cdot h/2 \Rightarrow a = \frac{2 \cdot F_{num}}{1,8 \cdot h} = \frac{2 \cdot 1,95}{1,8 \cdot 1,3} = 1,67 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 1,67 = 1,34 \text{ см.}$$

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

$$F_{ул} = 0,81a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{ул}}{0,81}} = \sqrt{\frac{4,685}{0,81}} = 2,4 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 2,4 = 1,92 \text{ см.}$$

$$h = 0,9 \cdot 2,4 = 2,16 \text{ см.}$$

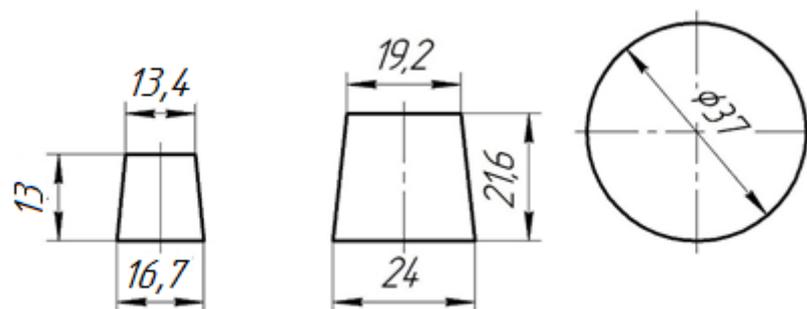


Рисунок 2 – Сечения элементов литниковой системы

2.10. Формовочные и стержневые смеси

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

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

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

Таблица 6 - Состав и физико-механические свойства формовочных и стержневых смесей

Наименование	Составляющие смеси в % по объему	
	Единая смесь	Стержневая смесь
Смесь обратная;	92-90	–
Песок кварцевый ГОСТ 2138-91;	6,5-8	100
Глина огнеупорная ТУ 14-8-262-78;	1,0-1,5	3-5
Стекло жидкое;	–	4-6
Вода;	2-4	0-2
Продолжительность перемешивания, мин.;	1,9	1,9
Влажность, %;	2,8-3,5	2,8-3,5
Газопроницаемость, ед.;	110-120	120
Прочность на сжатие в сыром сост., кг/см ² ;	0,07-0,12	0,08-0,15

2.11. Изготовление форм и стержней

Изготовление полуформ.

Перед формовочной машиной стоят попеременно нижняя и верхняя опоки для движения в позицию формовки при помощи транспортного приспособления и демпфирующего приспособления.

Внутренние поверхности опок очищаются предварительно посредством приспособления очистки.

До достижения формовочной машины производится очистка горизонтальных поверхностей опоки, а также штырей и втулок.

Для заполнения формовочной смесью опоки подъёмный стол машины поднимает модельную оснастку с опокой и наполнительной рамкой вверх и прижимает её к головке прессы.

Формовочная смесь подается навалом под вакуумом или без вакуумирования, и формовочный узел подается наверх. Формовочная смесь уплотняется воздушным потоком плюс прессование.

Модель отделяется от формы путем носителя подмодельной плиты.

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

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

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

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

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

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

Фрезерование литниковой воронки и полировка (заглаживание неровностей) литниковой чаши в верхней опоке осуществляется при помощи фрезерного приспособления. Сверление вентиляционных каналов осуществляется также в линии верхних опок. В двух расположенных друг за другом позициях могут быть просверлены по 8 каналов вместе в задней стенке верхней опоки. В кантователе верхняя опока разворачивается на 180° назад.

В приспособлении сборки опок верхняя опока передвигается в поперечном положении и опускается на нижнюю опоку. Форма смыкается. Предварительная центровка форм проводится посредством штырей предварительного центрирования, которые передвигаются через верхнюю и нижнюю опоки.

Окончательная центровка осуществляется штырями и втулками в опоках. После подачи на линию заливки формы заливаются с помощью 6 тонного поворотного ковша. Поперечно-транспортное приспособление транспортирует формы к участкам охлаждения, и они выборочно вталкиваются на один из участков.

Охлажденные формы после транспортировки достигают линию выбивки отливок из форм.

С помощью приспособления форма автоматически раскрепляется, верхняя опока снимается с нижней и помещается на роликовый транспортер.

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

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

Одновременно с транспортировкой отливки на сепарационно-транспортном желобе отработанная смесь измельчается, отводится на лежащий под ним транспортный желоб и подводится к системе отработанной смеси.

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

Изготовление стержней

Набивка стержней производится на пневматических, встряхивающих, с перекидным столом стержневых машинах мод. 23229А2А и мод.243. Машинная набивка стержня по сравнению с ручной имеет ряд преимуществ: облегчает труд, повышает его производительность, позволяет получать отливки с более точными размерами.

При изготовлении стержней учитывается в каких условиях стержень будет находиться при полном или частичном соприкосновении с жидким металлом. От условий работы стержня зависят основные моменты его изготовления и состав смеси, который задается технологическими указаниями на чертеже.

При применении стержневой машины, пневматической, встряхивающей, с перекидным столом после уплотнения смеси встряхиванием стержневой ящик закрепленный на столе, вместе с находящимся в нем стержнем и сушильной плитой (она закреплена ручными

или пневматическими зажимами) перекидывается на 180° и устанавливается на приемном столе. Стержень извлекается из ящика при опускании приемного стола. Расталкивание стержня в ящике осуществляется с помощью вибратора, укрепленного на столе машины, что дает возможность получать стержни более точных размеров по сравнению с ручной формовкой.

Сушку стержней производят в горизонтальном конвейерном сушиле.

2.12. Выбор способа сборки форм, вентиляция формы

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

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

Проверяют все элементы ЛПС. После этого на нижнюю полуформу автоматически устанавливается верхняя.

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

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

2.13. Выбивка, обрубка, очистка

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (Италия) предусмотрена система выталкивания кома. Это устройство называется стриппер. Опока, которая была поднята с паллеты, движется до выбивного грохота. Достигнув грохота, она начинает двигаться, подниматься вверх против покрывающей плиты, которая удерживается на коме при помощи гидравлики и лишь когда опоку оттянут вверх, ком падает на грохот. Это максимально короткая дистанция к разделительному желобу, за счёт этого исключается риск повреждения отливок. Отработанная смесь подается в поддонах на тележках с ходовыми и направляющими роликами на смесеприготовительный участок для дальнейшего использования. Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков, кувалд, пневматических молотков и т.д.

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

Готовые отливки подвергаются окончательному контролю ОТК. Незначительные дефекты на неответственных поверхностях отливок могут

быть исправлены. Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка. Годные отливки отгружаются потребителям. Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются на переплав.

2.14. Термическая обработка

Термическая обработка стали – это совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твёрдых металлических сплавов с целью придания им определённых свойств за счёт изменения внутреннего строения и структуры. Цель термообработки – это придание сплавам таких свойств, которые требуются в процессе эксплуатации этих изделий. Есть упрочнение металла (например: коленчатый вал в двигателе автомобиля – к нему предъявляется повышенная прочность при эксплуатации). Но есть и такие технологические процессы, в которых термообработка не является конечной операцией, а промежуточной и её цель – снижение твёрдости стали, сплава для последующей обработки. Процесс термообработки состоит из нагревания до каких то определённых температур, выдержки детали, заготовки при этих температурах и последующем охлаждении с определённой скоростью. Термообработка заключается в снижении твердости, улучшении их структуры, а для деталей – это придание им определённых свойств (твердости, прочности, износостойкости). Улучшение механических качеств даёт возможности использовать сплавы более простых составов, расширить область их применения. Термообработкой можно повысить допускаемые напряжения, уменьшить массу деталей и механизмов, а также существенно повысить их надёжность и долговечность, что очень важно в машиностроении. Например, упрочнению термообработкой подвергаются до 10% общей выплавки в стране, а в машиностроении до 40%. В термообработке есть следующие виды этого процесса: отжиг, закалка, отпуск, а также есть химико-термическая и термомеханическая обработка.

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

Сталь 35Л подвергается нормализации. Отливки нагревают до температуры 920-960⁰ С и охлаждают 2-3 часа на воздухе. При нормализации происходят структурные изменения в отливке. В следствии полной фазовой перекристаллизации формы и размеров зерна, увеличение дисперсности фаз и структурных составляющих и получение более однородной мелкозернистой структуры. После нормализации структура металла – феррито-перлитная.

2.15. Контроль качества

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

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

Химический состав стали должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

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

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

- отливка не должна иметь трещин;
- отливка не должна иметь дефектов превышающих по площади указанные в нормативно - технической и нормативно - технологической документации существующей на предприятии.
- геометрические размеры должны соответствовать чертежу отливки, согласно допусков на размеры [28].

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

Существуют различные контроли качества:

- контроль физико-механических свойств оборотной смеси на газопроницаемость, прочность, на сжатие в сыром состоянии, глинистая составляющая, зерновой состав, содержание окислов алюминия, кремния и железа. Контроль всех параметров осуществляется в ЦИЛ (центральная исследовательская лаборатория);
- контроль физико-механических свойств стержневой смеси на газопроницаемость, прочность, на сжатие в сыром состоянии, глинистая составляющая, зерновой состав;
- контроль выплавки стали в кислой электропечи на содержание химических элементов;
- контроль механических свойств: предел текучести, относительное удлинение, относительное сужение, ударная вязкость;
- контроль стержней визуально.;
- контроль изготовления полуформ на плотность набивки.;
- контроль заливки.;
- контроль опочной оснастки;

- контроль модельной оснастки, путем разметки отливок на соответствие чертежу;
- контроль термической обработки на качество (структура металла);
- контроль физико-механических свойств отливки в ЦИЛ;
- контроль качества отливок визуально на наличие дефектов. В случае обнаружения дефектов после термообработки в механических цехах подлежат исправлению, если их размеры не превышают требования соответствующих.

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

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

Отливки проверяют на соответствие их чертежу. Контроль выполняют на разметочной плите линейкой, штангенциркулем, циркулем, рейсмусом, шаблонами и другими измерительными инструментами.

Микроструктуру отливок проверяют по специальным образцам (пробам) на которых изготавливают шлифы.

2.16. Мероприятия по предупреждению дефектов, способы устранения

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

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

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

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

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

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

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

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

3. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ ЦЕХА

3.1. Расчет фондов времени работы оборудования

Для расчета требуемого 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 α – потери времени на плановый ремонт, %;

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

Результаты расчетов занесем в таблицу 7.

Таблица 7- Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	$T_{\text{н}}$	α	$T_{\text{д}}$
Смесеприготовительное	5928	6,5	5542,7
Стержневое		4,5	5661,2
Формовочное		5,5	5602
Плавильное		5	5631,6
Термообрубное		6	5572,3

3.2. Плавильное отделение

Плавильное отделение проектируемого цеха должно обеспечить бесперебойную подачу стали марки 35Л.[27]

В качестве плавильных агрегатов для выплавки стали данной марки принимаем электродуговую сталеплавильную печь постоянного тока ДСПТ.

При плавке в электрических дуговых печах металлургические возможности более широкие по сравнению с другими печами.

Печи ДСПТ по сравнению с индукционными и дуговыми печами переменного тока имеют следующие преимущества:

- шум во время плавки на ДСПТ ниже на 30%, чем на ДСП;
- газовыделение на ДСПТ ниже в два раза по сравнению с ДСП;
- проще в обслуживании по сравнению с печами ИСТ;
- уменьшается расход электродов;
- исключаются местные перегревы огнеупорной футеровки и следовательно, сокращается расход огнеупоров.

Для правильного отделения проектируемого цеха, учитывая развес отливок, выбираем в качестве плавильных агрегатов печи ДСПТ-6.

Технические характеристики печей ДСПТ-6 для плавки стали приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Техническая характеристика печи ДСПТ-6

Наименование параметра	Единицы измерения	ДСПТ-6
Номинальная вместимость	т	6,0
Потребляемая мощность	кВт	4000
Производительность :		
Для кислого процесса	т/ч	2,7
Для основного процесса	т/ч	2,25
Число электродов	шт.	1
Диаметр электродов	мм	200
Скорость раскисления	т/ч	6,67
Уровень шума при расплавлении	ДБ	85
Удельный расход электроэнергии на расплавления	кВт ч/т	550
Расход воды на охлаждение печи	м ³ /ч	30

Дуговые печи могут иметь, как кислую, так и основную футеровку. Выбор футеровки печи зависит от марки выплавляемой стали и от используемых шихтовых материалов.

Печи с основной футеровкой применяют при изготовлении отливок из легированной стали. В них можно получать сталь с низким содержанием серы и фосфора.

Для плавки углеродистой стали в печах с кислой футеровкой, используют только чистые, по содержанию серы и фосфора, шихтовые материалы.

3.2.1. Расчет количества плавильных агрегатов

Для расчета количества печей составим баланс металла по цеху.

Таблица 9 – Баланс металла

Наименование статьи баланса	т	%
Годные отливки	22000	62.5
Литники и прибыли	11203.3	31.5
Скрап	1328.1	4
ИТОГО жидкого сплава	34531.4	98
Угар и безвозвратные потери	690.6	2
Итого металлозавалка	35222	100

Число печей для приготовления жидкого металла определяем 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 времент работы оборудования, ч;

Pr – производительность печи, т/ч.

$$N = \frac{35222 \cdot 1,2}{5631,6 \cdot 2,7} = 2,8 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы необходимо 3 печи ДСПТ-6.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле [11]:

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

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{2,8}{3} \cdot 100\% = 93\%.$$

3.2.2. Расчет шихты

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 [8].

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 10.

Таблица 10- Химический состав стали 35Л [27]

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 11.

Таблица 11- Химический состав шихтовых материалов и раскислителей

Наименование материала	Содержание в шихте, %	Химический состав, %				
		C	Mn	Si	S	P
Отходы собственного производства	31,5	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	58,5	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, %:

$$C = 0,35 \cdot 0,315 = 0,110;$$

$$Mn = 0,6 \cdot 0,315 = 0,189$$

$$Si = 0,4 \cdot 0,315 = 0,126;$$

$$S = 0,04 \cdot 0,315 = 0,012;$$

$$P = 0,04 \cdot 0,315 = 0,012;$$

$$Fe = 31,051.$$

Количество железа определяется по формуле:

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

где a - процентное содержание составляющей в шихте;

Σb - суммарное содержание элементов (без железа) в данной составляющей шихты, %.

Стальной лом вносит, %:

$$C = 0,25 \cdot 0,585 = 0,146;$$

$$Mn = 0,5 \cdot 0,585 = 0,293;$$

$$Si = 0,37 \cdot 0,585 = 0,216;$$

$$S = 0,03 \cdot 0,585 = 0,017;$$

$$P = 0,035 \cdot 0,585 = 0,020;$$

$$Fe = 57.808.$$

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 12.

Таблица 12 - Средний химический состав шихты

Элемент	Вносят элементов, %				Средний химический состав, %
	Возврат	Стружка в брикетах	Стальной лом	Чугун передельный	
C	0.110	0.024	0.146	0.09	0,37
Mn	0.189	0.042	0.293	0.06	0,584
Si	0.126	0.018	0.216	0.03	0,390
S	0.012	0.002	0.017	0.001	0.032
P	0.012	0.002	0.020	0.004	0.035
Fe	31.051	6.912	57.808	2.815	98.586

Период плавления шихты

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

Угар кремния составляет 70 %. Перейдет в шлак $0,7 \cdot 0,39 = 0,273$ кг; остаётся в металле $0,39 - 0,273 = 0,117$ кг.

Угар марганца составляет 70 %. Перейдет в шлак $0,7 \cdot 0,584 = 0,409$ кг, останется в металле $0,584 - 0,409 = 0,175$ кг.

Угар железа составляет 2 %. Перейдет в шлак $0,02 \cdot 98,586 = 1,972$ кг; останется в металле $98,586 - 1,972 = 96,614$ кг.

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

В таблице 13 приведён состав металла после расплавления шихты.

Таблица 13 – Состав металла после расплавления шихты

Элементы	Содержание элементов	
	кг	%
Углерод	0.37	0.380
Марганец	0.175	0.179
Кремний	0.117	0.120
Сера	0.032	0.033
Фосфор	0.035	0.036
Железо	96.614	99.251
ИТОГО	97.343	100

Шлак периода плавления

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

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

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

U - угар элемента, кг;

M_o, M_ε - молекулярные веса окисла и элемента.

В таблице 14 приведён химический состав шлакообразующих материалов.

Таблица 14 – Химический состав шлакообразующих материалов

Наименование материала	Содержание окислов, %				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	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:

$$SiO_2 = 0,273 \cdot 60 : 28 = 0,585 \text{ кг};$$

$$MnO = 0,409 \cdot 71 : 55 = 0,528 \text{ кг}.$$

Примем, что из всего количества железа, которое угорает (1,972 кг) до FeO окисляется 25%, до Fe₂O₃ - 5%, а 70% его улетучивается в зоне электрических дуг. Тогда,

$$\text{FeO}=1,972 \cdot 0,25 \cdot 72 : 56 = 0,634 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,972 \cdot 0,05 \cdot 160 : 112 = 0,069 \text{ кг}.$$

$$\text{Улетучивается железа } 1,972 \cdot 0,7 = 1,38 \text{ кг}.$$

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;

$\delta_{пр}$ - масса песка, кг;

K - процентное содержание данного окисла в песке, %.

Песок шихты внесёт:

$$\text{SiO}_2 = 0,315 \cdot 96 : 100 = 0,302 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,315 \cdot 2 : 100 = 0,006 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,315 \cdot 2 : 100 = 0,006 \text{ кг}.$$

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 $2,4 \cdot 50 : 100 = 1,2 \text{ кг}$. Песок набивной массы внесёт в шлак следующее количество окислов:

$$\text{SiO}_2 = 1,2 \cdot 96 : 100 = 1,151 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,2 \cdot 2 : 100 = 0,024 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,2 \cdot 2 : 100 = 0,024 \text{ кг}.$$

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:

$$\text{SiO}_2 = 0,6 \cdot 96,58 : 100 = 0,58 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 0,58 : 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \cdot 1,4 : 100 = 0,008 \text{ кг};$$

$$\text{CaO} = 0,6 \cdot 1,34 : 100 = 0,008 \text{ кг}.$$

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, $0,36 \cdot 1 : 100 = 0,0036 \text{ кг}$.

Зола внесёт в шлак:

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

$$\text{SiO}_2 = 0,0036 \cdot 56,5 : 100 = 0,0022 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0036 \cdot 31,7 : 100 = 0,0012 \text{ кг}.$$

Таким образом, шлак периода плавления состоит из окислов, представленных в таблице 15.

Таблица 15 – Химический состав шлака периода плавления

Источники	Внесено окислов, кг						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	Всего

Из шихты		0.585	-	0.634	0.069	0.528	-	1.816
Из песка шихты		0.302	0.006	-	0.006	-	-	0.314
Из подины и откосов		1.151	0.024	-	0.024	-	-	1.199
Из стенок и свода		0.58	0.003	-	0.008	-	0.008	0.599
Из золы электродов		0.0022	0.0012	-	-	-	0.0005	0.004
ИТОГО	кг	2.620	0.034	0.634	0.107	0,528	0.009	3.932
	%	66.6	0.9	16.1	2.8	13.4	0,2	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 97.343кг, то к концу окислительного периода углерода в нём должно быть: $C=97,343 \cdot 0,27:100=0,263$ кг.

Выгорит углерода $0,37-0,263=0,107$ кг.

К концу окислительного периода в металле останется 0,08% марганца или $97,343 \cdot 0,08:100=0,078$ кг. Окисляется марганца $0,175-0,078=0,097$ кг, что в пересчёте на MnO составит $0,097 \cdot 71:55=0,125$ кг.

Кремния к концу окислительного периода останется 0,03% или $97,343 \cdot 0,03:100=0,029$ кг, а окисляется кремния $0,117-0,029=0,088$ кг, что в пересчёте на SiO₂ составит $0,088 \cdot 60:28=0,189$ 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 Fe₂O₃ и Fe по реакции: $Fe_2O_3+Fe=3FeO$.

В таблице 16 приведено количество FeO, необходимое для окисления элементов.

Таблица 16 – Количество FeO, необходимое для окисления

Элемент	Окисляется элемента, кг	Химическая реакция окисления	Расход на единицу элемента	Образуется FeO, кг
C	0,107	$FeO+C=Fe+CO$	$72:12=6$	$0,107 \cdot 6=0,642$
Si	0,088	$2FeO+Si=2Fe+SiO_2$	$144:28=5,1$	$0,088 \cdot 5,1=0,449$
Mn	0,097	$FeO+Mn=Fe+MnO$	$72:55=1,3$	$0,097 \cdot 1,3=0,126$
ИТОГО	-	-	-	1.217

Для образования 1,217 кг FeO требуется Fe₂O₃ и Fe:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160 \cdot 1,217 : 216 = 0,901 \text{ кг};$$

$$\text{Fe} = 1,217 - 0,901 = 0,316 \text{ кг}.$$

Принимаем, что 10% Fe_2O_3 переходит в шлак, а 90% восстанавливается до FeO . Отсюда потребность в железной руде составит: $0,901 \cdot 100 : (90 - 0,9) = 1,112 \text{ кг}$.

$$\text{При этом образуется окиси углерода } \text{CO} = 0,107 \cdot 28 : 12 = 0,25 \text{ кг}.$$

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:

$$\text{CaO} = 1,112 \cdot 0,7 / 100 = 0,008 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 1,112 \cdot 6 / 100 = 0,067 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,112 \cdot 3 / 100 = 0,033 \text{ кг};$$

$$\text{MgO} = 1,112 \cdot 0,3 / 100 = 0,003 \text{ кг};$$

$$(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}) = 1,112 \cdot 0,1 \cdot 90 / 100 = 0,1 \text{ кг}.$$

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 17 приведен состав шлака окислительного периода.

Таблица 17 – Состав шлака окислительного периода

Источник поступления шлака	Содержание окислов, кг								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Всего	
Шлак периода плавления	2.620	0.034	0.634	0.107	0.528	0.009	-	3.932	
Металл	0.189	-	-	-	0.125	-	-	0.314	
Известь	0.009	0.003	-	0.003	-	0.276	0.009	0.300	
Железная руда	0.067	0.033	-	0.100	-	0.008	0.003	0.211	
Свод и стены	0.193	0.001	-	0.003	-	0.003	-	0.200	
Подина и откосы	0.576	0.012	-	0.012	-	-	-	0.600	
Зола электродов	0.0007	0.0004	-	-	-	0.0002	-	0.0013	
ИТОГО	кг	3.6547	0.0834	0,634	0.225	0.653	0.2962	0.012	5.5583
	%	65.75	1.50	11.41	4.04	11.75	5.33	0,22	100

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

В таблице 18 приведён состав металла к концу окислительного периода.

Таблица 18 – 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	0.37	-	-0.107	-	0.263
Si	0.175	-0.088	-	-	0.087
Mn	0.117	-0.097	-	-	0.02
P	0.032	-	-	-	0.032
S	0.035	-	-	-	0.035
Fe	96.614	-	-	-0.316	96.298
ИТОГО	97.343	-0.185	-0.107	-0.316	96.735

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:

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

$$Si = 0,087 + 0,017 = 0,104 \text{ кг;}$$

$$Mn = 0,02 + 0,653 = 0,673 \text{ кг;}$$

$$P = 0,032 + 0,003 = 0,035 \text{ кг.}$$

$$S = 0,035 + 0,0002 = 0,0352 \text{ кг;}$$

$$Fe = 96,298 + 0,145 = 96,443 \text{ кг.}$$

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: $0,4 - 0,104 = 0,296$ кг. Необходимое количество ферросилиция с учётом 10% угара составит:

$$0,296 \cdot 100 / (0,45 \cdot 90) = 0,73 \text{ кг.}$$

Ферросилиций внесёт следующее количество элементов:

$$C = 0,73 \cdot 0,25 / 100 = 0,002 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,73 \cdot 45 / 100 = 0,326 \text{ кг;}$$

$$Mn = 0,73 \cdot 0,6 / 100 = 0,004 \text{ кг;}$$

$$P = 0,73 \cdot 0,04 / 100 = 0,0003 \text{ кг;}$$

$$S = 0,73 \cdot 0,03 / 100 = 0,0002 \text{ кг;}$$

$$Fe = 0,73 \cdot 54,08 / 100 = 0,395 \text{ кг.}$$

На раскисление металла расходуется кремния $0,326 \cdot 10 / 100 = 0,033$ кг.

При этом образуется кремнезёма $0,033 \cdot 60 / 28 = 0,07$ кг, а в металл переходит $0,326 - 0,033 = 0,293$ кг кремния.

После присадки ферросилиция металл будет иметь следующий состав:

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

$$Si = 0,104 + 0,326 = 0,430 \text{ кг;}$$

$$Mn = 0,673 + 0,004 = 0,677 \text{ кг;}$$

$$P = 0,035 + 0,0003 = 0,0353 \text{ кг;}$$

$$S = 0,0352 + 0,0002 = 0,0354 \text{ кг;}$$

$$Fe = 96,443 + 0,395 = 96,838 \text{ кг.}$$

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 19 приведён состав металла после раскисления.

Таблица 19 – 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	-	0.317
Si	0.087	0.017	0.326	-0.033	0.397
Mn	0.02	0.673	0.004	-0.174	0.523
P	0.032	0.003	0.0003	-	0.0353
S	0.035	0.0002	0.0002	-	0.0354
Fe	96.298	0.145	0.395	-	96.838
ИТОГО	96.735	0.8902	0.7275	-0.207	98.1457

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 20.

Таблица 20 – Состав и количество шлака к концу раскисления стали

Источники поступления шлака	Содержание окислов, кг								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Всего	
Шлак окислительного периода	3.6547	0.0834	0,634	0.225	0.653	0.2962	0.012	5.5583	
Свод и стены	0.193	0.001	-	0.003	-	0.003	-	0.2	
Подина и откосы	0.576	0.012	-	0.012	-	-	-	0.6	
Зола электродов	0.0007	0.0004	-	-	-	0.0002	-	0.0013	
Ферромарганец	-	-	-	-	0.225	-	-	0.225	
Ферросилиций	0.070	-	-	-	-	-	-	0.07	
Алюминий	-	0.185	-	-	-	-	-	0.185	
ИТОГО	кг	4.4944	0.2818	0.634	0.24	0.878	0.2994	0.012	6.8396
	%	65.71	4.12	9.27	3.51	12.84	4.38	0.18	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 21.

Таблица 21 – Материальный баланс плавки

Израсходовано	кг	Получено	кг
Отходы собственного производства	31.5	Металла	98.1457
Стальной лом	58.5	Шлака	6.8396
Стружка	7	Газа	0.25
Чугун	3	Улетучилось железа	1.38
Ферромарганец	0.87	Невязка	0.6017
Ферросилиций	0.73		
Алюминий	0.10		
Электроды	0.60		
Известь	0.30		
Песок	2.40		
Железная руда	1.217		
Динас	1.00		
ИТОГО	107.217	ИТОГО	107.217

3.2.3. Расчет числа ковшей

На участке стального литья для заливки форм применяем 6-ти тонные поворотные ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются динасовый кирпич ЭБ–2 ГОСТ 1566–71. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм. Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1.5 ч.

Количество ковшей необходимое для обеспечения работы участка определяем по формуле:

$$N=q \cdot N_n \cdot t / (60 \cdot m);$$

где q – производительность плавильной печи, т/ч,

N_n - число одновременно работающих печей,

m – емкость ковша, т

t – время оборота ковша, мин.

$$N=2.7 \cdot 3 \cdot 32 / (60 \cdot 6)=0.72 \text{ шт.}$$

Для обеспечения работы участка необходим 1 ковш емкостью 6 т, но так как время работы ковша составляет 4 часа, а время ремонта 8 часов, то в смену нам необходимо три ковша. Количество рабочих смен для плавильного участка составляет три, следовательно, нам нужно девять ковшей на три смены, а также принимаем запас ковшей 20% и получаем что итоговое количество разливочных ковшей – 11 шт.

3.3. Смесеприготовительное отделение

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

Для изготовления стержней применяют смеси средней прочности, упрочняющиеся в результате тепловой сушки.

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

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

Необходимым требованиям соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы «Savelli», в частности смеситель типа SGMT производительностью 33 т/ч, который входит в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (Италия).

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

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

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

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

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

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

Полный цикл смесеподготовки составляет 110 секунд, а полезное время смешивания не более 85 секунд. Столь короткое время смесеподготовки обеспечивается конструкцией смесителя.

Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь

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

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

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

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

Техническая характеристика смесительной установки SGMT фирмы «Savelli» (Италия) представлена в таблице 22.

Таблица 22 - Техническая характеристика смесительной установки SGMT 1000

Характеристика	Величина
Производительность смесеприготовительной установки, т/ч	33
Производительность установки охлаждения смеси, т/ч	33
Производительность транспорта, т/ч	33
Производительность смесителя, т/ч	33
Суммарный объём бункеров для отработанной смеси, м ³	180
Объём бункера для свежего песка, м ³	10
Объём бункера для бентонита, м ³	6
Расход воды для охладителя отработанной смеси, м ³ /ч	5-7
Расход воды для смесителя, м ³ /ч	2-4
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	5-7
Ширина, мм	3100
Длина, мм	3600
Высота, мм	2400

Для приготовления стержневой смеси используется смеситель периодического действия с вертикально-вращающимися катками 15102 характеристики которого приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Техническая характеристика смесителя периодического действия с вертикально-вращающимися катками 15102

Объем замеса, м ³	0,5
Внутренний диаметр чаши, мм	1400
Высота чаши, мм	600
Диаметр катка, мм	510
Высота катка, мм	190
Частота вращения вертикального вала, об/мин	48
Усилие давления катка, кН	18
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	54
Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	2000
Габаритные размеры, мм	
Длина	1600
Ширина	1500
Высота	2450

3.3.1. Расчет количества смесителей

Количество смесителей находим по формуле:

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

где Q – количество формовочной(стержневой) смеси, необходимое для выполнения годовой программы, т;

1,02 – коэффициент учитывающий потери формовочной(стержневой) смеси;

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

T_d – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность оборудования, т/ч.

Рассчитаем количество смесителей модели SGMT 1000 для формовочной смеси:

$$N = \frac{206638 \cdot 1,02 \cdot 1,2}{5542,7 \cdot 33} = 1,4 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно двух смесителей модели SGMT 1000.

Рассчитаем количество смесителей модели 15102 для стержневой смеси:

$$N = \frac{5024,2 \cdot 1,02 \cdot 1,2}{5542,7 \cdot 0,5} = 2,2 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно трех смесителей модели 15102.

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.

Определим коэффициенты загрузки для смесителей модели SGMT 1000 и модели 15102 соответственно

$$K_z = \frac{1,4}{2} \cdot 100\% = 70\%.$$

$$K_z = \frac{2,2}{3} \cdot 100\% = 73\%.$$

3.4. Формовочно-заливочно-выбивное отделение

Бесспорные преимущества технологии FORMIMPRESS (уплотнение форм воздушным потоком плюс прессование), которые четко прослеживаются и при эксплуатации всех формовочных линий «Savelli»:

- равномерно высокая твердость формы является предпосылкой для изготовления отливок высокой размерной точности, более равномерную по объему твердость формы, изготовленной способом FORMIMPRESS;

- меньше стержней. Во многих местах форм возможна формовка сложных контуров моделей и крайних болванов из-за равномерной твердости формы по способу FORMIMPRESS;

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

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

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

- гуманная технология. Воздушный поток заменяет встряхивание или шумный импульс. Поэтому снижается уровень шума и составляет менее 85 дБ (А). Способ FORMIMPRESS работает без динамических нагрузок на фундамент. Это значит: снижение затрат на фундамент, уменьшение повреждений и снижение затрат на техобслуживание;

- нет износа моделей, так как воздушный поток по поверхности модели создает эффект "псевдосмазки" или воздушную прослойку.

Для заполнения формовочной смесью опоки подъемный стол машины поднимает модельную оснастку с опокой и наполнительной рамкой вверх и прижимает ее к головке пресса. Тем самым формовочное пространство герметично изолируется от внешней среды. Такая изоляция формовочного пространства необходима для того, чтобы уплотняющий воздушный поток мог выходить только через венты в подмодельной плите.

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

На втором этапе обеспечивается предварительное уплотнение смеси. Воздушный поток оказывает направленное давление на каждое зерно смеси и приводит нижние слои смеси в движение. Смесь под воздействием воздушного потока перемещается в более низкие участки модели. При этом возникает поперечное напряжение и предотвращается эффект прилипания.

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

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

Качество формы в большой степени зависит от качества формовочной смеси. Опыт показывает, что метод FORMIMPRESS в состоянии обеспечивать хорошее качество форм почти со всеми видами смесей, применяемых в машинной формовке.

При переходе на метод уплотнения форм воздушным потоком с прессованием от обычного метода уплотнения встряхиванием приходится в

большинстве случаев уменьшать содержание влаги, чтобы улучшить текучесть, которая важна как при предварительном уплотнении, так и при последующем прессовании.

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

Метод FORMIMPRESS доказал свою эффективность в более чем 500 литейных цехах по всему миру. Уплотнение в два этапа, т.е. воздушным потоком и последующим прессованием, обеспечивает прекрасные результаты. Формы, изготавливаемые по технологии FORMIMPRESS, отличаются высокой степенью и равномерностью уплотненности по высоте. Тем самым они обеспечивают высокую размерную точность и прекрасное воспроизведение контуров. Хорошая уплотненность по краям позволяет устанавливать модели на подмодельную плиту вплотную к стенкам опоки, что означает практичность использования площади опоки.

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

Имеется возможность использования экзотермических прибылей.

На формовочной линии используется программное обеспечение C.A.S. 2010 (cycle time analysis system). Система C.A.S. 2010 представляет собой надежное средство контроля в реальном времени как всей линии, так и каждого из примерно 300 приводов. Это необходимо для соблюдения заданного и фактического времени их срабатывания и обеспечения и повышения коэффициента использования оборудования. Для определения времени такта всей линии и каждого привода компьютер устанавливает момент старта и продолжительность отдельных движений, производит

запись в файловую систему XML и визуализирует процессы в виде графики или таблиц для облегчения работы оператора.

Другим техническим нововведением является использование электрических приводов в конструкции узлов подачи на линии простановки стержней, заливки и охлаждения. Используются регулируемые асинхронные машины, при этом толкательные и тормозные механизмы сообщаются между собой на контрольной ведущей частоте. Характерным качеством смонтированных приводов является предельная точность их регулировки. Она достигается благодаря отсутствию возмущающего воздействия колебаний температуры гидравлической жидкости, колебаний давления масла, понижения масляного столба, которая типична для простых гидравлических приводов.

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

Технические данные АФЛ «Savelli» приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Технические данные АФЛ «Savelli»

Параметр	Значение
Внутренние размеры опоки (мин)	1000x800x300/300 мм
Производительность формовки	20 полных форм/час
Время цикла	72 сек.
Потребность в формовочной смеси	33 т/ч
Кол-во мест для расстановки стержней	5 для нижних и 5 для верхних опок
Количество разливочных мест	60
Время охлаждения	115 мин. в зависимости от позиции разливки
Общий уровень шума линии	82 дБ
Формовочная машина	отдельная станция типа F1 стурникетом подготовленным для уплотнения FORMIMPRESS
Количество формовочных машин	1
Система формовки	уплотнение под высоким давлением при помощи FORMIMPRESS
Гидропривод	централизованный
Давление в гидравлическом контуре	100 бар
Температура масла	50°C ± 5°C

Система электроуправления	централизованная
Расход охлажд. воды, средний	10 м ³ /ч при t на входе 30°С
Предполаг. установл. мощность	350 кВт
Расход сжатого воздуха, 6 бар	180 Нм ³ /ч
Рабочее напряжение	3 x 400 V, 50 Hz
Управляющее напряжение	230 V, 50 Hz

Для разливки металла на линии используется магнитодинамический миксер-дозатор. Магнитодинамический миксер-дозатор предназначен для регулируемого индукционного подогрева жидкого чугуна и стали до требуемой температуры и управляемой электромагнитной разливки на пульсирующих литейных линиях опочной и безопочной формовки, в кокильные и центробежные машины, при непрерывном литье и жидкой штамповке. Его используют также в качестве миксера для выдержки металла при заданной температуре и регулируемого перемешивания. Он обеспечивает реализацию технологий рафинирующей обработки, легирования и модифицирования железоуглеродистых сплавов в литейных цехах при массовом и серийном производстве отливок.

3.4.1. Расчет количества формовочных линий

Найдём необходимое количество формовочных линий по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_\partial - t) \cdot \Pi p},$$

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_∂ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

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

Pr – производительность оборудования, форм/ч.

$$N = \frac{164418 \cdot 1,1 \cdot 1}{(5602 - 362) \cdot 30} = 1,2 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно двухформовочных линии.

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.

$$K_3 = \frac{1,2}{2} \cdot 100\% = 60\%.$$

3.5. Стержневое отделение

Производство отливок требует большого числа разнообразных стержней, отличающихся по массе, размерам, конфигурации и другим особенностям. Кроме того, стержни должны обладать следующими свойствами: высокой прочностью, минимальной осыпаемостью и гигроскопичностью, высокой газопроницаемостью, хорошей податливостью, противопригарностью, хорошей выбиваемостью из отливок. Данные свойства стержней в цехе обеспечиваются технологией их изготовления. При изготовлении стержней учитывается, в каких условиях стержень будет находиться при полном или частичном соприкосновении с жидким металлом. От условий работы стержня зависят основные моменты его изготовления и состав смеси, который задается технологическими указаниями на чертеже.

Для изготовления стержней в цехи используется стержневая машина модели 23229A2A производительностью 54 стержня в час для мелких стержней и стержневая машина модели 243 производительностью 10 стержней в час для средних и крупных стержней.

Для сушки стержней в цехе стального литья предусмотрено горизонтальное конвейерное сушило ЦН-39-57.

Сушку стержней производят в горизонтальном конвейерном сушиле по следующему режиму:

- подъем температуры до 180 - 200°C - 2 ч,
- выдержка при температуре 180 - 200°C - 4 ч,
- охлаждение вместе с печью - 1 ч.

Глубина просушенного слоя должна быть не мене 40 мм.

Технические характеристики сушила приведены в таблице 25.

Таблица 25-Техническая характеристика горизонтального конвейерного сушила ЦН-39-57

Параметры	Величина
Длина конвейера, м	97,6
Шаг цепи конвейера, мм	100
Номер ездовой балки	14 ^a
Скорость движения конвейера, м/мин	0,93
Общее передаточное число	2060
Мощность двигателя, кВт	1,7
Число оборотов в минуту	930
Производительность средняя, стержней/ч	45

3.5.1. Расчет оборудования стержневого участка

Количество стержневых машин определяем по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_\partial - t) \cdot Пр},$$

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_∂ – действительный фонд времент работы оборудования, ч;

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

Pr – производительность оборудования, стержней/ч.

Рассчитаем количество стержневых машин 23229A2A для изготовления мелких стержней:

$$N = \frac{764974 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 171,2) \cdot 45} = 3,6 \text{ шт.}$$

Рассчитаем количество стержневых машин 243 для изготовления средних и крупных стержней:

$$N = \frac{137464 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 171,2) \cdot 10} = 2,9 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно четырехстержневой машин 23229A2A и трех стержневой машин 243.

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 23229A2A:

$$K_z = \frac{3,6}{4} \cdot 100\% = 90\%.$$

Для 243:

$$K_z = \frac{2,9}{3} \cdot 100\% = 97\%.$$

Количество сушил определим по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{T_o \cdot Pr},$$

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_d – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность оборудования, стержней/ч.

$$N = \frac{902438 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{5661,2 \cdot 45} = 4,1 \text{ шт.}$$

Принимаем количество сушил равным пяти.

$$K_s = \frac{4,1}{5} \cdot 100\% = 82\%.$$

3.6. Термообрубное отделение

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «Savelli» (Италия) предусмотрена система выталкивания кома. Это устройство называется стриппер.

Опока, которая была поднята с паллеты, движется до выбивного грохота. Достигнув грохота, она начинает двигаться, подниматься вверх против покрывающей плиты, которая удерживается на коме при помощи гидравлики и лишь когда опоку оттянут вверх, ком падает на грохот. Это максимально короткая дистанция к разделительному желобу, за счёт этого исключается риск повреждения отливок. Отработанная смесь подается в поддонах на тележках с ходовыми и направляющими роликами на смесеприготовительный участок для дальнейшего использования. Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резачков, кувалд, пневматических молотков и т.д.

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливок и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников. Механизация очистки поверхности отливок на участке обрубки осуществляется с помощью обдирочно-шлифовального одностороннего

станка, машин зачистной 0Л9968-205 а так же с применением пневматических машинок и сменных борфрез.

Для очистки отливок в цехе применяется дробемётные барабаны модели 42236.

После очистки отливки подвергаются термообработке в методических печах с производительностью 1,2 т/ч.

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

Таблица 26-Техническая характеристика зачистной машины с сервоприводом

Параметры	Величина
Наибольшая высота обрабатываемой поверхности над уровнем пола, мм	1110
Наименьшая высота обрабатываемой поверхности над уровнем пола, мм	300
Наибольшая длина обрабатываемой поверхности над уровнем пола, мм	1200
Наибольшая ширина обрабатываемой поверхности над уровнем пола, мм	800
Круг шлифовальный обдирочный, размер	Ø500x63x203
Скорость резания, м/с	47
Усилие на рукоятке управления, Н	3
Габаритные размеры машины, мм	
-длина	4100
-ширина	5200
-высота	2080
Масса машины, кг	4700
Объем отсасываемого воздуха из вентиляционного устройства, м ³ /ч	Не менее 3000

Таблица 27-Техническая характеристика дробемётные барабаны мод. 42236

Производительность, т/ч.	3
Объем загрузки, м ³	1,2
Наибольшая диагональ очищаемой отливки, мм	600
Наибольшая масса загрузки, кг	3000
Наибольшая масса очищаемой отливки, кг	500
Число дробеметных аппаратов	1

Производительность аппарата по дробу, кг/мин	800
Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч	1800
Установленная мощность, кВт	91
Габаритный размер, мм	
Длина	6000
Ширина	7000
Высота	6000

3.6.1. Расчет термообрубного оборудования

Количество печей для термообработки отливок определяем по следующей формуле:

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

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

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

T_o – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность оборудования, стержней/ч.

$$N = \frac{22000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 1,2} = 3,6 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно четырехпечей для термообработки.

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.

$$K_3 = \frac{3,6}{4} \cdot 100\% = 90\%.$$

Рассчитаем необходимое количество дробемётных барабанов 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.

$$N = \frac{22000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 3} = 1,4 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно двухдробеметных барабан модели 42236.

$$K_3 = \frac{1,4}{2} \cdot 100\% = 70\%.$$

3.7. Внутрещеховой транспорт

Подача сырья в цех и вывоз готовой продукции осуществляется железнодорожным транспортом.

Участки цеха оборудованы электромостовыми кранами грузоподъемностью от 5 до 75 т, которые предназначены для транспортировки форм и заливки форм жидким металлом, а также для ремонтных мероприятий.

Механизированная передаточная тележка грузоподъемностью 3 т служит для подачи оснастки в зону формовки, передачи песчаных стержней передачи литья с участок на участок и других передаточных операций.

В автоматической формовочной линии фирмы Savelli (Италия) предусмотрен свой транспорт: рольганги, передаточные тележки, передаточные агрегаты, кантователи. Путь транспортировки контролируются мерными линейками с электронным устройством. За счёт этого исключаются ошибки позиционирования. Производительность транспортных устройств линии 120 т/ч, что вполне обеспечивает выполнение производственной программы.

Опорные ролики рольгангов индуктивно закалены и поэтому имеют длительный срок службы и не требуют технического обслуживания. Для предотвращения ошибочных функций и столкновений во время транспортировки все передаточные тележки оснащены системой контроля загрузки.

3.8. Вспомогательные службы

Для обеспечения бесперебойной работы оборудования в цехе создана ремонтная служба, которая включает в себя службы механика, электрика и энергетика. Служба механика состоит из бригад слесарей-ремонтников и слесарей-сантехников.

Для обеспечения оборудования запасными частями в цехе имеется механическая мастерская, оснащенная металлорежущими станками и электроталью с монорельсом, для передачи и установки крупных деталей на станки.

Ремонтная служба состоит из ремонтных бригад, работающих в три смены, и дежурных бригад, осуществляющих аварийные работы, если в этом есть необходимость.

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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, $K_{cn} = \frac{T_u}{T_o}$,

Баланс рабочего времени основных рабочих представлен в таблице 28.

Баланс рабочего времени вспомогательных рабочих представлен в таблице 29.

Таблица 28 – 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 29 – 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 30. Расчет списочного состава вспомогательных рабочих приведён в таблице 31. В таблице 32 представлено штатное расписание ИТР, служащих и МОП. Принятое количество управленческого и обслуживающего персонала приведено в таблице 33.

Таблица 30 – 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.			K _{сп}
					Явочное		Списочное	
					В смену	В сутки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плавильное отделение ДСПТ-6				3				1,16
Сталевар	5	3	2		6	18	21	
Подручный	5	3	2		6	18	21	
Огнеупорщик	3	3	1		3	9	11	
Шихтовщик	3	3	2		6	18	21	
Заливщик	3	3	2		6	18	21	
Итого					27	81	95	
Формовочное отделение АФЛ «Savelli»				2				1,16
Сборщик форм	3	3	4		8	24	28	
Формовщик	4	3	4		8	24	28	
Оператор	5	3	2		4	12	14	
Итого					20	60	70	
Стержневое отделение Стержневая машина 243				3				1,16
Стерженщик	5	3	2		6	18	21	
Стержневая машина 23229A2A				4				
Стерженщик	4	3	2		8	24	28	
Конвейерное сушило				5				
Сушильщик	3	3	1		5	15	18	
Итого					19	57	67	
Смесеприготовительное отделение Смеситель SGMT1000				2				1,16
Земледел	3	3	2		4	12	14	

Наименование отделений, оборудования и профессий	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Норма обслуживания, чел	Количество агрегатов, шт.	Количество рабочих, чел.			K _{сп}
					Явочное		Списочное	
					В смену	В сутки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Смеситель 15102				3				1,16
Земледел	3	3	2		6	18	21	
Итого					10	30	35	
Термообрубное отделение Выбивная решетка				2				1,16
Выбивщик	3	3	2		4	12	14	
Пост газорезки				3				
Газорезчик	4	3	1		3	9	11	
Машина зачистная ОЛ9968-205				3				
Обрубщик	3	3	1		3	9	11	
Дробеметный барабан 42236				2				
Чистильщик	4	2	1		2	6	7	
Термопечь				4				
Термист	4	3	2		8	24	28	
Итого					20	60	71	
Всего производственных рабочих					96	288	338	

Таблица 31 – Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

Наименование профессии	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Количество рабочих			K _{сп}
			Явочное		Списочное	
			В смену	В сутки		
Крановщик	3	3	5	15	18	1,14
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	3	9	11	
Электрик по ремонту оборудования	4	3	3	9	11	
Кладовщик	2	3	2	6	7	
Лаборант экспресс-лаборатории	4	3	4	12	14	
Водитель внутрицехового транспорта	2	3	4	12	14	
Слесарь-сантехник	3	3	2	6	7	
Контролер ОТК	3	3	6	18	21	
Сварщик	4	3	6	18	21	
Всего вспомогательных рабочих			35	105	124	

Таблица 32 – Штатное расписание ИТР, служащих и МОП

Должность	Количество, чел.	Должностной оклад, руб.	Сумма оклада с учетом районного коэффициента, руб.	
			За месяц	За год
ИТР				
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
Итого	23	239000	274850	6803400
Служащие				
Табельщик	3	7900	9085	327060
Секретарь	1	7400	8510	102120
Бухгалтер	2	10100	11615	278760
Нормировщик	3	8900	10235	368460
Итого	9	34300	39445	1076400
МОП				
Уборщица	6	4800	5520	397440
Сатураторщик	4	3800	4370	209760
Курьер	1	5000	5750	69000
Итого	11	13600	15640	676200

ВСЕГО	43	286900	329935	8556000
-------	----	--------	--------	---------

Таблица 33 – Структура трудящихся в цехе

Категория персонала	Количество человек	Удельный вес в общей численности, %
Рабочие, всего	462	91,5
В том числе:		
• основные	338	66,9
• вспомогательные	124	24,6
ИТР	23	4,5
Служащие	9	1,8
МОП	11	2,2
Итого:	505	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 34.

Таблица 34 – Расчет фонда заработной платы основных и вспомогательных рабочих

Участок	Количество рабочих, чел.	Средняя часовая ставка, руб.	Заплаты 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
Плавильное отделение	95	25.8	161880	4176.5	1670.6	1253.0	626.5	417.7	292.4	8436.5	9702.0	1503.8	11205.8	933.8	9
Формовочное отделение	70	25.6	119280	3053.6	1221.4	916.1	458.0	305.4	213.7	6168.2	7093.4	1099.5	8192.9	682.7	9
Стержневое отделение	67	26.1	114168	2979.8	1191.9	893.9	447.0	298.0	208.6	6019.2	6922.0	1072.9	7995.0	666.2	9
Смесеприготовительноеотделение	35	24	59640	1431.4	572.5	429.4	214.7	143.1	100.2	2891.3	3325.0	515.4	3840.4	320.0	9
Термообрубное отделение	71	25.3	120984	3060.9	1224.4	918.3	459.1	306.1	214.3	6183.0	7110.5	1102.1	8212.6	684.4	9
Итого	338												39446.7	3287.2	48
Вспомогательные рабочие	124	24.4	215264	5252.4	2101.0	1575.7	787.9	525.2	367.7	10609.9	12201.4	1525.2	13726.6	1143.9	9
Всего	462												53173.3	4431.1	57

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 35.

Таблица 35 - 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 (39446.7)	8678.3	2090.7	1144.0	11912.9
Вспомогательные рабочие по цеху (13726.6)	3019.9	727.5	398.1	4145.4
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 36.

Таблица 36– 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 (39446.7)	1972.3	986.2	788.9	394.5	43588.6
Вспомогательные рабочие (13726.6)	686.3	343.2	274.5	137.3	15167.9
ИТР (6803.4)	340.2	170.1	136.1	68.0	7517.8
Служащие (1076.4)	53.8	26.9	21.5	10.8	1189.4
МОП (676.2)	33.8	16.9	13.5	6.8	747.2
Итого	3086.5	1543.2	1234.6	617.3	68210.9

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 м³, стоимость бытовых помещений – 2500 рублей за 1 м³. 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 .

$C_{зд} = 57000 \cdot 2000 = 114$ млн. руб;

$C_{бп} = 5200 \cdot 2500 = 13$ 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 37.

Таблица 37 – 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, тыс. руб.
%	тыс. руб.								
Здания и сооружения		57000	2 за м ³			114000	2	2280	
Бытовые помещения		5200	2,5 за м ³			13000	2	260	
	Итого					127000		2540	
Печь плавильная	ДСПТ – 6	3	15000	10	1500	16500	49500	7	3465
АФЛ	Savelli	2	45000		4500	49500	99000	9	8910
Смеситель	SGMT1000	2	5000		500	5500	11000	9	990
Смеситель	15102	3	380		38	418	1254	9	112.9
Стержневой машина	243	3	850		85	935	2805	9	252.5
Стержневой машина	23229A2A	4	1300		130	1430	5720	9	514.8
Конвейерное сушило		5	200		20	220	1100	9	99
Выбивная решетка		2	7000		700	7700	15400	9	1386
Дробеметный барабан	42236	2	950		95	1045	2090	9	188.1
Машина зачистная	ОЛ9968-205	3	450		45	495	1485	9	133.7
Термопечь		4	2120		212	2332	9328	9	839.5
	Итого					198682		16891.5	
Подъемно-транспортное оборудование						119209.2	10	11920.9	
Инструмент и оснастка						11000	50	5500	
Хоз. инвентарь						50.5	10	5.1	
Всего						455941.7		36857.5	

4.5. Определение затрат и планирование себестоимости

В себестоимость продукции включаются следующие группы затрат [12]:

- 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 [12]:

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 (общезфирменные) 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 38. Цеховые расходы приведены в таблице 39. Калькуляция себестоимости 1 тонны отливок приведена в таблице 40.

Таблица 38 – Смета расходов на ремонт и эксплуатацию оборудования

Наименование статьи затрат	Сумма, тыс.руб.	Примечание
Эксплуатация оборудования	1986.8	1% от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	9934.1	5% от стоимости оборудования
Внутрипроизводственное перемещение груза	110	5 руб на 1 тонну годного литья
Износ малоценного и	330	15 руб на 1 тонну годного литья

быстроознашивающегося оборудования		
Прочие расходы	1236.1	10 % от общей суммы расходов
Итого:	13597	

Таблица 39 – 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	24622.3
Отчисления на социальные нужды			0.31	6729.3
Амортизация здания и хоз. инвентаря			0.12	2545.1
Затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство			0.16	3487.1
Расходы на охрану труда			0.19	4358.9
Стоимость вспомогательных материалов			42.66	938520
- песок	1.07	2,5	2.675	58850
- глина	0,2	25	5	110000
- регенерат	8.45	4,1	34.645	762190
- жидкое стекло	0,02	17	0.34	7480
Итого			44.56	980262.7
Транспортный налог			0,02	435.9
Прочие расходы			6.67	147104.8
Итого цеховых расходов			51.25	1127803.4

Таблица 40 - 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.
Сырье и основные материалы						
Стальной лом	т	1.441	10500	15.13	31699.8	332847.9
Стружка в брикетах	т	0.112	9100	1.02	2465.54	22436.4
Чугун передельный	т	0.048	25000	1.20	1056.66	26416.5
Ферромарганец	т	0.014	48000	0.67	306.44	14709.1
Ферросилиций	т	0.011	27000	0.30	257.12	6942.2
Итого		1.626		18.32	35785.56	403352.1
Возврат (литники и прибыли)	т	0,509			11203.3	
Угар и потери	т	0,117			2582.26	
Итого за вычетом угара и возвратов		1		18.32	22000	403352.1
Оплата труда основных рабочих				1.98		43588.6
Отчисления на социальные нужды				0.54		11912.9
Технологическая электроэнергия	тыс. кВт/ч	1.45	3,8	5.51	31900	121220
Энергия на технические нужды:						
- Вода	тыс. м ³	0.03	3,2	0.1	660	2112
- Сжатый воздух	тыс. м ³	0.9	6,00	5.4	19800	118800
Расходы на подготовку и освоение производства				13.52		297365.1
Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования				0.62		13597
Отчисления на амортизацию оборудования				0.77		16891.5
Основная себестоимость				46.76		1028839.2
Цеховые расходы				51.25		1127803.4
Цеховая себестоимость				98.01		2156642.6

Общезаводские расходы				2.08		45748.5
Производственная себестоимость				100.09		2202391.1
Непроизводственные расходы				3		66071.7
Полная себестоимость				103.09		2268462.8

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.

$$FC = 36857.5 + 13597 + 31351.6 + 3487.1 + 4358.9 + 147104.8 + 45748.5 + 66071.7 = 348577.1 \text{ тыс.р.}$$

Средние удельные постоянные расходы равны:

$$AFC = FC/M,$$

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

$$AFC = 348577.1/22000 = 15.84 \text{ тыс.р./т.}$$

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.

$$VC = 403352.1 + 55501.5 + 121220 + 120912 + 938520 + 435.9 = 1639941.5 \text{ тыс.р.}$$

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

$$AVC = VC/M.$$

$$AVC = 1639941.5 / 22000 = 74.54 \text{ тыс.р./т.}$$

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

$$TC = 348577.1 + 1639941.5 = 1988518.6 \text{ тыс. р.}$$

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

$$ATC = 15.84 + 74.54 = 90.38 \text{ тыс. р./т.}$$

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:

$$P = 1,9 \cdot S,$$

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

$$P = 1,9 \cdot 103.09 = 195.9 \text{ тыс. р.}$$

Примем цену на тонну годного литья из стали 35Л, равную 196000 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.

$$D = 196 \cdot 22000 = 4312000 \text{ тыс.}$$

Прибыль определим по формуле:

$$\Delta\Pi = D - \text{В.З.},$$

где В.З. – валовые затраты = полной себестоимости, тыс.р.

$$\Delta\Pi = 4312000 - 2268462.8 = 2043537.2 \text{ тыс.р.}$$

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 $M_{\text{пр.кв}}$ (выпуск литья $M_{\text{пр.г}} = 22000$ т, $M_{\text{пр.кв}} = M_{\text{пр.г}} / 4 = 22000 / 4 = 5500$ т) начинают достигать с шестого квартала. В четвертом квартале выпуск литья будет составлять $M_{\text{пр.кв}} \cdot 0,5 = 5500 \cdot 0,5 = 2750$ т; в пятом квартале - $M_{\text{пр.кв}} \cdot 0,75 = 5500 \cdot 0,75 = 4125$ т; в шестом и последующих кварталах - $M_{\text{пр.кв}} = 5500$ 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 41.

Таблица 41 – 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	38.1	38.1	50.8	-	-	-	127
2. Приобретение и монтаж оборудования	-	-	65.8	197.3	65.8	-	328.9
3. Прирост оборотных фондов	-	-	40	-	-	-	40
Итого	38.1	38.1	156.6	197.3	65.8	-	495.9

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 42. Примем объем собственных средств ИФС = $0,6 \cdot \text{ИОК}$. Остальные средства в объеме $0,4 \cdot \text{ИОК}$ распределяются между привлеченными и заемными средствами, т.е. $\text{ИОК} = \text{ИФС} + \text{ИФП}_p + \text{ИФ}_3$.

Таблица 42 – Оперативный план производства

Показатель	Кварталы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-12
1. Рыночный потенциал цеха, т.	-	-	-	2750	4125	5500	5500	5500	22000
2. Цена 1 тонны годного литья, тыс.р.	-	-	-	196	196	196	196	196	196
3. Объём продаж, тыс.т.	0	0	0	0,5	41250,75	5500	5500	5500	22000
4. Доля предприятия в отраслевом рынке	-	-	-	2750	4125	5500	5500	5500	22000
5. Объём производства, тыс.т.	-	-	-	2750	4125	5500	5500	5500	22000

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 43 приведены источники финансирования.

Таблица 43 – Источники финансирования

Наименование источника	Распределение вложений по кварталам, млн р.						
	1	2	3	4	5	6	Всего
1. Собственные средства	38.1	38.1	221.3	-	-	-	297.5
2. Привлеченные средства	-	-	-	123.8	-	-	123.8
3. Заемные средства	-	-	-	37.3	37.3	-	74.6
Итого	38.1	38.1	221.3	161.1	37.3	-	495.9

План привлечения и погашения кредитных средств приведен в таблице 44.

Таблица 44 - План привлечения и погашения кредитных средств

Наименование операции	Распределение по кварталам, млн р.					
	4	5	6	7	8	9-12
1. Привлечение кредита	37.3	37.3	-	-	-	-
2. Погашение кредита	-	-	-	-	-	74.6
3. Финансовые издержки (процент за кредит)	-	9.3	18.7	18.7	18.7	-
Итого	37.3	46.6	18.7	18.7	18.7	74.6

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 45, 46 и 47.

Таблица 45 – 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)	-	-	-	123.8	-	-	-	-	-
Затраты на приобретение активов	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	123.8	-	-	-	-	-

Таблица 46 – Данные по финансовой деятельности

Наименование показателя	Распределение по кварталам, млн.р								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9–12
Собственный капитал	38.1	38.1	221.3	-	-	-	-	-	-
Заемные средства	-	-	-	37.3	37.3	-	-	-	-
Излишек средств	38.1	38.1	221.3	37.3	37.3	-	-	-	-

Таблица 47 – Данные по операционной деятельности

Показатель	Распределение по кварталам						
	1-3	4	5	6	7	8	9 – 12
1. Объём производства, т.	-	2750	4125	5500	5500	5500	22000
2. Цена продукции, тыс.р./т.	-	196	196	196	196	196	196
3. Доход от продаж, млн.р.	-	539	808.5	1078	1078	1078	4312
4. Налог на добавленную стоимость, млн.р.	-	97.0	145.5	194.0	194.0	194.0	776.2
5. Налоги и сборы, млн.р.	-	8.1	12.1	16.2	16.2	16.2	64.7
6. Валовые затраты, млн.р.	-	255.0	382.4	509.9	509.9	509.9	2039.6
7. Валовая прибыль, млн.р.	-	176.2	264.4	352.5	352.5	352.5	1410.0
8. Резервный фонд, млн.р.	-	16.4	24.2	31.9	30.4	30.4	118.6
9. Резервный фонд нарастающим итогом, млн.р.	-	16.4	40.6	72.5	102.8	133.2	251.8
10. Фонд развития, млн.р.	-	139.2	198.3	255.3	212.5	212.5	770.7
11. Налогооблагаемая прибыль, млн.р.	-	12.6	29.8	49.1	93.4	93.4	456.0
12. Налог на прибыль, млн.р.	-	4.4	10.4	17.2	32.7	32.7	159.6
13. Чистая прибыль, млн.р.	-	163.8	241.8	319.1	303.6	303.6	1185.7
14. Фонд потребления, млн.р.	-	0	0	0	30.4	30.4	118.6
15. Фонд накопления, млн.р.	-	139.2	198.3	255.3	212.5	212.5	770.7
16. Фонд накопления нарастающим итогом, млн.р.	-	139.2	337.5	592.8	805.3	1017.9	1788.6
17. Дивиденды, млн.р.	-	8.2	19.3	31.9	30.4	30.4	177.9

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 48).

Таблица 48 – 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:

$$D = K_2 \cdot \text{ЧП}.$$

Фонд накопления (фонда развития) рассчитываем по формуле:

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

В таблице 49 приведены данные по притокам и оттокам денежных средств в первые 12 кварталов реализации проекта.

Таблица 49 – 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
I. Операционная деятельность									
1. Приток наличности	-	-	-	139.2	337.5	592.8	805.3	1017.9	1788.6
2. Погашение задолженности за кредит	-	-	-	-	-	-	-	-	-74.6
3. Расходы на основные средства	-38.1	-38.1	-221.3	-37.3	-37.3	-	-	-	-
4. Чистый денежный поток	-38.1	-38.1	-221.3	101.9	300.2	592.8	805.3	1017.9	1714
II. Финансовая деятельность									
Приток	38.1	38.1	221.3	-	-	-	-	-	-
5. Собственный капитал									
6. Заемные средства	-	-	-	37.3	37.3	-	-	-	-
7. Чистый денежный поток	38.1	38.1	221.3	37.3	37.3	-	-	-	-
III. Инвестиционная деятельность									
Приток									
8. Поступления от продажи активов (акций)	-	-	-	123.8	-	-	-	-	-
9. Чистый денежный поток	-	-	-	123.8	-	-	-	-	-
10. Излишек средств	0	0	0	263	337.5	592.8	805.3	1017.9	1714
11. Суммарная потребность	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. Сальдо на конец месяца				263	600.5	1193.3	1998.6	3016.5	4730.5

Таблица 50 – 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	0	263	600.5	1193.3	1998.6	3016.5	4730.5
2. Коэффициент дисконта α_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	0	164.1	320.7	539.4	779.5	1010.5	842
4. Чистый дисконтированный поток нарастающим итогом, млн.р.	0	0	0	164.1	484.8	1024.2	1803.7	2814.2	3656.2

Таблица 51 – Дисконтированные значения инвестиций

Наименование показателя	Инвестиции по кварталам				
	1	2	3	4	5
1. Суммарные инвестиции, млн.р.	38.1	38.1	221.3	37.3	37.3
2. Дисконтирующий множитель, α_t	1	0.855	0.731	0.624	0.534
3. Дисконтированные инвестиции, млн.р.	38.1	32.6	161.8	23.3	19.9
4. Дисконтированные инвестиции нарастающим итогом, млн.р.	38.1	70.7	232.5	255.8	275.7

4.9. Показатели эффективности

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.

$$\text{ЧДД} = 3656.2 - 275.7 = 3380.5 \text{ млн.р.}$$

2) индекс доходности (ИД) определяется по формуле:

$$\text{ИД} = S/K,$$

$$\text{ИД} = 3656.2 / 275.7 = 13,26.$$

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

3) срок окупаемости проекта определяем по графику (рисунок 4). В нашем случае срок окупаемости составляет чуть больше 4 кварталов.

4) доля собственных средств предприятия в проекте составляет:

$$(297.5 / 495.9) \cdot 100\% = 60 \%$$

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.

$Q_{кр} = 348577.1 / (196 - 74.54) = 2869,9 \text{ т} < 22000 \text{ т}$, т.е. выпуск отливок превышает точку безубыточности.

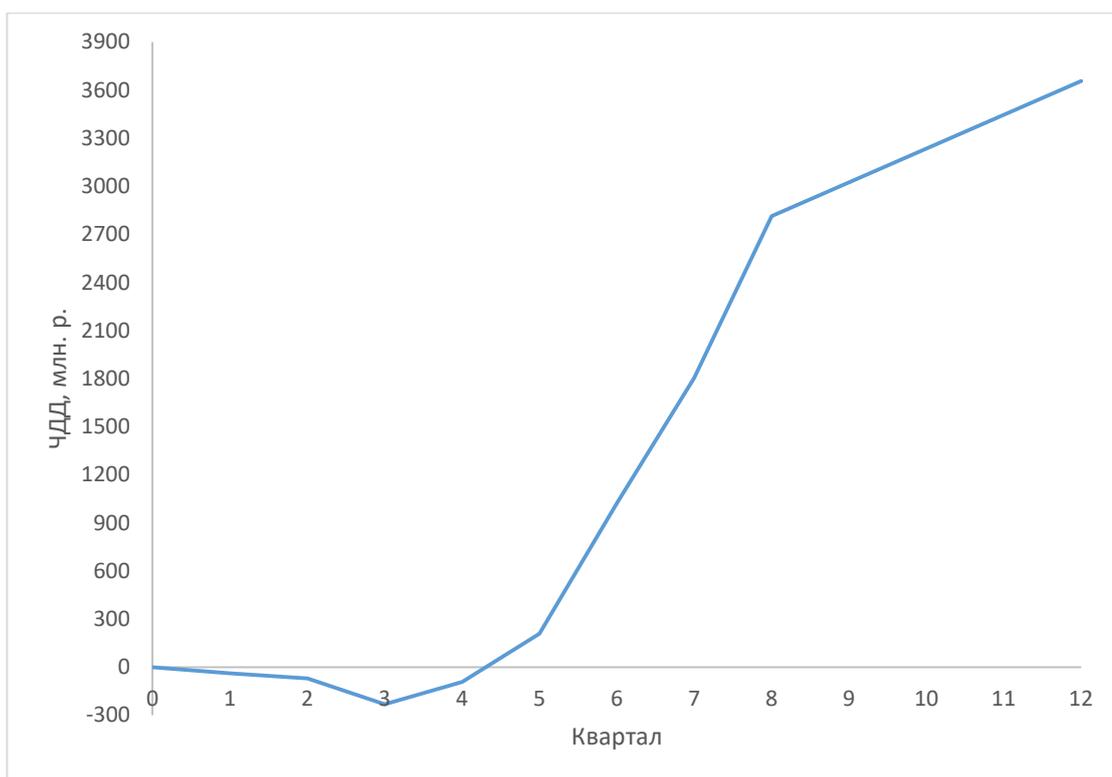


Рисунок 4 – Финансовый профиль проекта

В таблице 52 приведены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 52 - Техничко-экономические показатели цеха

Показатели	Единица измерения	Величина показателей
1. Годовой выпуск продукции	т.	22000
2. Выход годного	%	66
3. Численность работающих, всего	чел.	505
в том числе: основных	чел.	338
вспомогательных	чел.	124
ИТР	чел.	23
служащих	чел.	9
МОП	чел.	11
4. Фонд основной заработной платы	млн.руб.	68.2
5. Капитальные вложения	млн.руб.	455.9
6. Себестоимость	млн.руб.	2268.5
7. Прибыль	млн.руб.	2043.5
8. ЧДД	млн.руб.	3380.5
9. ИД		13.26
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

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Полностью безопасных и безвредных производств нет. Задачей охраны труда является сведение к минимальной вероятности поражения или заболевания работающих.

Вопросам безопасности труда уделяется в настоящее время большое внимание. Неудовлетворенное состояние охраны труда оказывает влияние не только на трудящихся, непосредственно занятых на этом предприятии, но и на окружающую его среду. Для создания нормальных условий труда, предотвращения несчастных случаев и профессиональных заболеваний, важное значение имеет общее устройство предприятия (планировка, конструкция здания, вентиляция, освещение и т.д.)

При проектировании данного цеха приняты меры, которые способствуют облегчению ручного труда, предохранению рабочих от травматизма и улучшающих условия труда:

- 1) комплексная механизация большинства операций: подача смеси на формовочные машины, подача песка на сушилку и засыпка сухого песка в бункер, применение тележек для перевозки грузов;
- 2) применены формовочные машины с поворотом полуформ;
- 3) организация приточной и вытяжной вентиляции, установка местных отсосов от всех точек пылевыделения;
- 4) организация механизмов, площадок;
- 5) звукоизоляция вытяжных и приточных вентиляционных установок и другого оборудования создающего шум.

Для улучшения условий труда на участках планируются комнаты отдыха для рабочих. Для предотвращения сквозняков в цехе предусматривается установка у всех ворот специальных тепловых пушек с боковой подачей воздуха.

5.1.1 Характеристика планируемого цеха

Архитектурно – планировочные решения.

Производительность цеха 22000 тонны стальных отливок в год. Строительство цеха осуществляется в соответствие с требованиями [17]. Производственное здание располагается по отношению к жилой застройке с подветренной стороны розы ветров преобладающего направления. Здания подсобного и обслуживающего назначения располагаются в санитарно-защитной зоне, которая засажена зеленью на 25% и имеет протяженность 500 метров (санитарно-защитная зона отделяет территорию цеха от жилой площади). Расстояние между литейными и другими цехами не менее 25 метров. Здание цеха имеет прямоугольную конфигурацию.

Материалы покрытия полов устойчивы в отношении химического воздействия и не допускают осаждения вредных веществ.

В плавильном, формовочно-заливочно-выбивном, стержневом, термообрубном отделениях и на магистральных проездах в качестве материала полов использованы стальные перфорированные плиты толщиной 3 мм.; на железнодорожных путях—брусчатка; в шихтовом дворе—бетонные плиты с железобетонным покрытием.

Шихтовый двор, плавильное, термообрубное и смесеприготовительное отделение ограждены от других участков цеха защитными звукоизолирующими кожухами.

Очистка оборудования, строительных конструкций, воздухопроводов вентиляционных систем, пола и стен от пыли осуществляется пылесосами и гидросмывом.

5.1.2 Условия труда

Одной из самых распространённых профессий в цехе являются плавильщики. Они производят такие операции как плавка металла в электродуговых печах; выбивка сводов. Эти операции сопровождаются следующими вредными производственными факторами: пыль, содержащая оксиды металлов, нагревающий микроклимат, инфракрасное излучение, среднечастотный шум, локальная вибрация.

Работа плавильщика относится к Пб категории тяжести работ. Исходя из этого, устанавливаются нормируемые значения показателей микроклимата в рабочей зоне [33]. Сравнительная характеристика допустимых показателей в рабочей зоне плавильщика приведены в таблице 53 [18].

Таблица 53- Показатели микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	П б (233- 290)	17-19	16-20	40-60	0,2
Теплый		19-21	18-22	40-60	0,2
Холодный	П б	15-22	14-23	15-75	0,2-0,4
Теплый		16-27	15-28	15-75	0,2-0,5

5.1.3 Производственная пыль

Производственная пыль оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека, раздражая слизистые оболочки дыхательных путей и оседает в легких, а также отрицательно влияет на органы зрения, слуха и кожные покровы человека.

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны регламентируется [34].

Таблица 54 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³
Кремне содержащаяся пыль:	
- кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 2 до 10%,	4
- кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 10 до 70%,	2
Пыль содержащая оксиды железа	4-6
Оксид углерода	20
Марганца оксиды	30
Оксид азота	2,000

В проектируемом цехе производятся следующие мероприятия по оздоровлению воздушной среды:

- плавильное отделение размещается с подветренной стороны здания, чтобы предотвратить попадания дымовых газов и нагретого воздуха в другие отделения цеха;

- плавильные электроды оборудованы укрытиями пыле и газовыделения, укрытия присоединены к вытяжной вентиляционной системе, которая оборудована эффективными устройствами для очистки отходящих газов;

- предусмотрены оконные проемы и аэрационные фонари;

- в цехе предусмотрены изолированные комнаты отдыха для рабочих;

- рабочие обеспечены спецодеждой, обувью и средствами индивидуальной защиты в соответствии с нормами [35]

5.1.4 Микроклимат

В литейном цехе в плавильном отделении по [18].

- в холодный период 17-19 °С, скорость движения воздуха $v < 0,4$ м/с;

- в теплый период 20-25 °С.

Относительная влажность при $t = 25$ °С:

- в холодный период $< 75\%$, скорость движения воздуха $< 0,4$ м/с;
- в теплый период $< 75\%$, скорость движения воздуха $\delta = 0,2—0,4$ м/с.

Интенсивность теплового излучения должна быть не более 140 Вт/м^2 , при этом не должно подвергаться излучению не более 25% тела. В данном проекте предусмотрены системы вентиляции и отопления для поддержания температурно-влажностного режима в производственных помещениях, защита от источников теплового излучения.

5.1.5 Вентиляция

В плавильном отделении вентиляция разработана с требованиями [19].

В проектируемом цехе применим механическую, приточно-вытяжную вентиляцию. Для локализации источников вредных веществ и пыли применяем местную вытяжную вентиляцию.

В плавильном отделении наиболее неблагоприятными являются операции плавки, заливки металла в формы.

Над плавильными агрегатами устанавливаем зонты для удаления газообразных продуктов, аэрозолей конденсации и пыли.

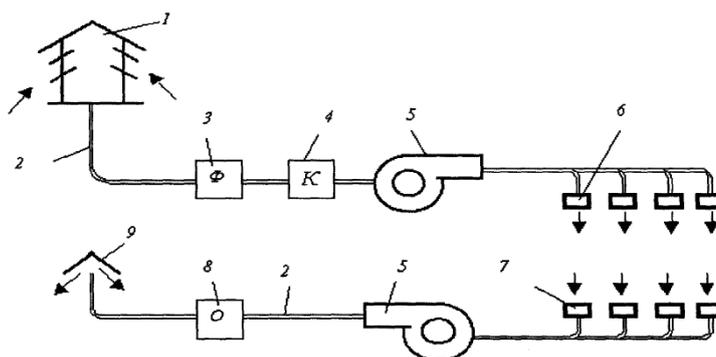


Рисунок 3 - Схема механической приточно-вытяжной вентиляции.

1 – воздухозаборное устройство; 2 – воздуховоды; 3 – фильтры; 4 – калорифер; 5 – вентилятор; 6 – ответвления воздуховодов, приточные насадки зонты; 7 – ответвления воздуховодов, вытяжные отверстия, зонты; 8 – пылеосадитель; 9 – устройство для выброса воздуха, которое должно быть расположено на 1-1,5 м выше конька крыши.

Естественная вентиляция осуществляется под действием разности температур наружного и внутреннего воздуха. Для увеличения

воздухообмена на крыше здания установим вытяжные шкафы с дефлекторами, которые позволят увеличить воздухообмен за счет ветрового напора. Дефлекторы представляют собой специальные насадки, устанавливаемые на вытяжные воздуховоды и использующие энергию ветра.

Пылеосадительные камеры применяют для осаждения крупной и тяжелой пыли с размером частиц более 100 мкм. Скорость воздуха в поперечном сечении корпуса 2 не более 0,5 м/с. Поэтому габариты камер получаются довольно большими, что ограничивает их применение.

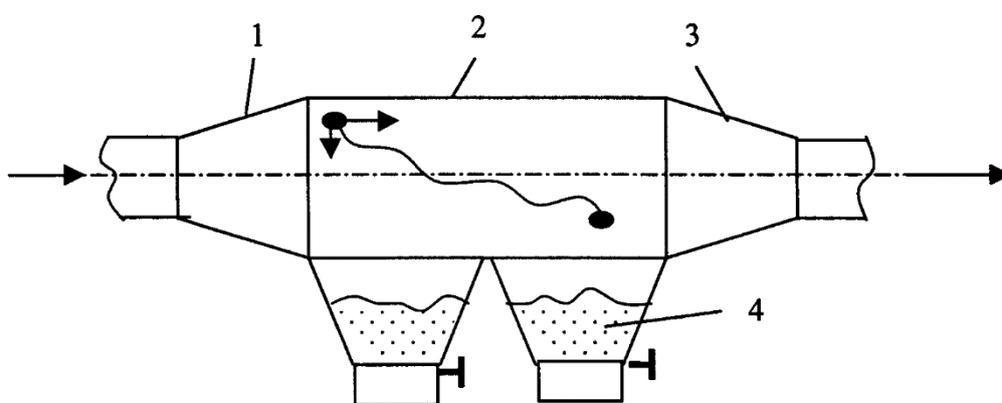


Рисунок 4 - Пылеосадительная камера.

1 – входной патрубок; 2 – корпус; 3 – выходной патрубок; 4 – бункер.

5.1.6 Шум

В литейных цехах наибольший уровень шума наблюдается на участках формовки, выбивки отливок, зачистки обрубки.

Принимаем меры в соответствии с [20]. Чтобы снизить уровень шума на 60 дБ при формовке, у формовочных машин поставим звукоизолирующие ограждения. В инерционных выбивных решетках для снижения шума устанавливаем облицовку телескопического кожуха решетки с внутренней стороны, выполненную из стального войлока или стекловолокна толщиной 50 мм.

Для снижения уровня шума широко используют звукоизолирующие кожухи. Кожухи применим на галтовочных и дробеметных барабанах.

Кожухи снабжаются звукоизолирующим покрытием из поропласта, войлока толщиной 25-50мм. В шлифовальных станках используем для снижения шума на 9 дБ эластичные шлифовальные круги.

5.1.7 Вибрация

В литейном цехе источником общей вибрации является сотрясение пола и других элементов здания вследствие ударного воздействия выбивных решеток, формовочных машин. Источником локальной вибрации являются шлифовальные станки, сверлильные станки, галтовочные барабаны.

Вибрационная безопасность обеспечивается в соответствии с [32].

Шлифовальные, сверлильные станки, галтовочные барабаны установим на виброгасящем основании. Виброгаситель крепят на защищаемом объекте, он колеблется в противофазе с объектом, благодаря чему достигается эффект гашения колебаний объекта. Кроме этого предусматривается использование виброизолирующих перчаток и рукавиц. Выбивные решетки и шлифовальные машины для уменьшения колебаний строительных конструкций устанавливаем на специальный виброизолирующий фундамент.

5.1.8 Освещение

В разработанном проекте промышленное освещение в соответствии с [21] должно обеспечивать достаточную освещенность рабочих мест, рациональное направление света. В проекте предусматривается как естественное, так и искусственное освещение, осуществляемое электрическими лампами.

Естественное освещение осуществляется через оконные проемы и световые фонари. В качестве источника искусственного освещения на участке предусматриваются люминесцентные лампы.

Расчет искусственного освещения ведем в соответствии с [33] по формуле:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot \eta}$$

где E —световой каждой из ламп ;

S —площадь помещения, м²;

Z —отношение средней освещенности к минимальной;

K —коэффициент запаса;

η —коэффициент использования светового потока;

N —количество установленных светильников.

Выбираем люминесцентные светильники ОДОР $R_{\text{п}} = 70\%$, $R_{\text{с}} = 50\%$, где $R_{\text{п}}$ и $R_{\text{с}}$ — коэффициенты отражения потолка и стен.

Для светильников ОДОР $\eta = 61\%$. В светильнике установлены две лампы со световым потоком по 4070 лм и мощностью по 80 Вт каждая.

Принимаем общее освещение 200 лк. Коэффициент запаса света 1,5.

После расчета получаем расчетный световой поток одного светильника 8079 лм. Таким образом, в цехе устанавливаем 150 светильников типа ОДОР мощностью 80 Вт, со световым потоком 4070 лм при равномерном их размещении на потолке. Кроме рабочего освещения предусматривается ремонтное освещение, которое выполнено в виде переносных ламп накаливания и используется при ремонте технологического оборудования.

5.1.9 Электробезопасность

В планируемом цехе в соответствии с [22] электрическую сеть выполняем изолированными проводами. Проводка осуществляется в металлических трубках трубчатыми проводами. Проводку через конструктивные элементы здания выполняем с помощью изоляционных

трубок в сетях с напряжением до 1000 В. В пыльных помещениях электрическую сеть выполняем из кабеля с резиновой изоляцией, который прокладывают в каналах, закрываемых съемными покрытиями.

Электрические установки печей закрываем сплошными ограждениями. Для обеспечения электробезопасности рабочих используем электротехнические защитные средства: диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими ручками, токоискатели, диэлектрические галоши, боты, коврики, подставки. Для эффективности безопасности используем защитное заземление. Защита достигается путем уменьшения напряжения прикосновения в следствие стекания тока с электроустановки на землю при пробое фазы на установке.

5.1.10 Пожарная безопасность

По пожарной опасности проектируемый цех относится в соответствии с [23] к категории «Г», т.е. производство, связанное с расплавленным металлом. Здание негорючее, II степени огнестойкости. Особую опасность представляют в пожарном отношении плавильно-заливочное отделение, кладовые и бытовые помещения. В целях пожарной безопасности установлены пожарные краны на расстоянии, обеспечивающем перекрестность струи. Оборудуются стенды, ящики с песком, имеются асбестовые одеяла. Проведена пожарная сигнализация. Во всем здании предусмотрен внешний и внутренний водопровод. Обеспечена возможность безопасной эвакуации людей. для тушения горючих материалов применяются огнетушители типа ОП- 4 и ОП-5. для тушения электрооборудования предусмотрены углекислотные огнетушители типа ОУ- 8 и ОХП-5. Разработанные мероприятия позволяют внедрить современные средства техники безопасности, обезопасить трудящихся от влияния на них вредных факторов, что приведет к снижению травматизма и снижению профессиональных заболеваний.

5.2. Экологичность проекта

5.2.1. Глобальные экологические проблемы современности.

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

Во-первых, большинство производств находится в городах, поэтому концентрация вредных веществ в воздухе, почве, атмосфере города наиболее максимальная, что оказывает сильное негативное влияние на здоровье людей.

Во-вторых, исчезают многие виды животных и растений, и появляются новые опасные микроорганизмы.

В-третьих, ухудшается ландшафт, плодородные земли превращаются в свалки, реки в сточные канавы, изменяется местами водный режим и климат. Но самой большой опасностью грозит глобальное изменение (потепление) климата, возможное, например, из-за увеличения в атмосфере углекислоты. Это способно привести к таянию ледников. В результате под водой окажутся огромные и густонаселенные районы в разных регионах мира.

Литейное производство не является экологически чистым и безопасным. При выполнении технологических операций в литейном цехе выделяется значительное количество загрязнителей в виде пыли, газов, избыточной теплоты и шума.

Одним из критериев опасности является оценка уровня запахов. На атмосферный воздух приходится более 70 % всех вредных воздействий литейного производства.

Интенсивные и опасные выделения образуются в процессе плавки металла. Выброс загрязняющих веществ, химический состав пыли и отходящих газов при этом различен и зависит от состава металлозавалки и степени ее загрязнения, а также от состояния футеровки печи, технологии плавки, выбора энергоносителей.

Проблема предупреждения выделения вредных веществ, их локализации и обезвреживания, утилизации отходов является особенно острой.

Используя современное оборудование и технологии, применяемые в литейном производстве, можно добиться значительного снижения негативной нагрузки на окружающую среду.

5.2.2. Анализ связей технологического процесса отливки экологическими системами.

Технологические процессы изготовления отливок характеризуются большим числом операций. Схема технологического процесса приводится на рисунке 5.

В качестве сырья используются отходы собственного производства, чугун передельный, стружка, стальной лом.

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия.

Материальные отходы подразделяются на жидкие (сточные воды), твердые (скрап, угар и потери, горелая смесь, пыль) и газообразные (оксид углерода, оксиды азота).

Пыль, основной составляющей которой в литейных цехах является кремнезём, образуется при приготовлении и регенерации формовочных и стержневых смесей, плавке литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, выпуске жидкого металла из печи, внепечной обработке его и заливке в формы, на участке выбивки отливок, в процессе обрубки и очистки литья, при подготовке и транспортировке исходных сыпучих материалов.

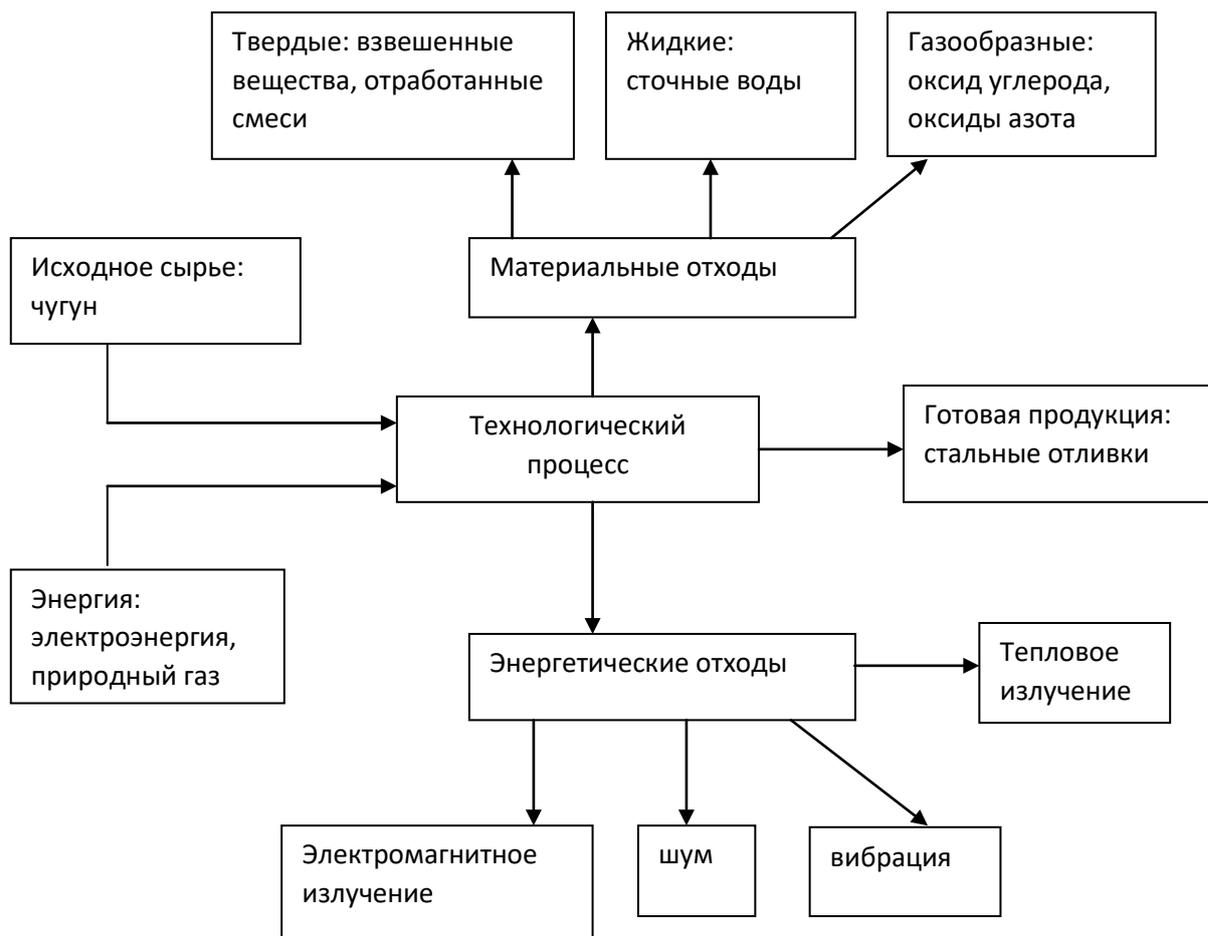


Рисунок 5- Схема технологического процесса

В воздушной среде литейного цеха, кроме пыли, в больших количествах находятся оксиды углерода, углекислого газа, азот и его окислы, пары углеводородов и др. Они выделяются при сушке формовочных земель, заливке форм, плавке металла, выбивке опок. При этих же процессах возможно поступление в воздух сернистого газа. Источниками загрязнений являются плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушила для форм, стержней и ковшей.

Применение органических связующих при изготовлении стержней и форм приводит к значительному выделению токсичных газов в процессе сушки и, особенно при заливке металла. К газам и парам, загрязняющим воздух литейного цеха, относят: акролеин, ацетон, ацетилен, бензол, оксид азота и углерода, выделяющийся при плавке. Значительная избыточная теплота выделяется технологическим оборудованием, примерно 14-62%

общего расхода теплоты на расплавление металла. Интенсивность теплового потока на ряде рабочих мест достигает 0,5-11 кВт/м². Значительная часть оборудования литейного цеха является источником высокой звуковой мощности. При изготовлении форм и стержней с тепловой сушкой и в нагреваемой оснастке загрязнение воздушной среды токсичными компонентами возможно на всех стадиях технологического процесса: при изготовлении смесей, отверждении стержней и форм и охлаждении стержней после извлечения из оснастки.

Сточные воды поступают главным образом от установок гидравлической и электрогидравлической очистки отливок, гидрорегенерации отработанных смесей и мокрых пылеуловителей. Основными примесями образующихся сточных вод являются взвешенные вещества и масла. Также сточные воды загрязнены глиной, песком, зольными остатками от выгоревшей части стержневой смеси и связующими добавками формовочной смеси. Вредные вещества поступают в бассейны морей и океанов. Температура сточных вод также является вредным фактором. Попадание горячей воды в бассейны водоёмов вызывает уменьшение уровня кислорода в воде, что естественно неблагоприятно влияет на флору и фауну. Теплая вода также снижает способность водоёмов к самоочищению.

К энергетическим загрязнениям относятся электромагнитное излучение, шум, вибрация и тепловое излучение.

Наибольшее загрязнение окружающей среде дает плавильное отделение цеха. При производстве 1 тонны литья в цехе выделяется 200-300 тыс. ккал. теплоты, причем половина ее приходится на плавильное отделение. Источником тепловыделения в плавильном отделении являются плавильные печи, расплавленный металл и шлак. Работа печей и их загрузка шихтой сопровождается шумом. К оборудованию литейных цехов, создающему интенсивный производственный шум, относятся: пневматические формовочные и стержневые машины, рубильные

молотки, выбивные решетки, голтовочные барабаны и др. Источниками вибрации являются такие отделения как стержневое, формовое, отделение выбивки форм и стержней. А электромагнитному излучению подвергаются рабочие плавильного отделения, отделение выбивки форм и стержней.

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

Основные характеристики ТП приведены в таблице 55.

Таблица 55 - Основные материально-энергетические показатели технологического процесса

№	Показатели	Количество	Единицы измерения
1	2	3	4
1	Сырье:		
	Отходы собственного производства	11203.3	т/год
	Стальной лом	31699.8	
	Стружка в брикетах	2465.54	
	Чугун передельный	1056.66	
	Ферромарганец	306.44	
	Ферросилиций	257.12	
	Вода оборотная	660000	м ³ /год
2	Энергия		
	Электрическая	31,9	млн. кВт*ч/год
3	Продукция		
	Отливки из стали	22000	т/год
4	Отходы материальные		
	Скрап	1328.1	т/год
	Угар и потери	690.6	
	Пыль кварцевого песка	1294,35	
	Горелая смесь	30800	
	Смазочные материалы	1,21	т/год
	Отработанные смеси	168	
	Оксид углерода	7000	
	Оксиды азота	14	
	Взвешенные вещества	1400	
Сточные воды	84	м ³ /год	
5	Отходы энергетические		
	Шум	85	дБ
	Тепло отходящих газов	8400	тыс.ккал теплоты/год
	Вибрация	2-63	Гц
	Электромагнитное излучение	2-6	А/м

5.2.3. Требования по экологизации проекта.

Содержание токсичных веществ в окружающей среде ограничивают специальными законами и нормативными документами, в которых указываются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в окружающей среде. В таблице 56 приведены ПДК загрязняющих веществ, выбрасываемых литейными цехами, и класс опасности этих веществ.

Таблица 56 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, выбрасываемых цехом.

№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности (по степени воздействия на организм человека)	ПДК _{м.р.} мг/м ³
1	Азота диоксид	2	0,085
2	Азота оксид	3	0,400
3	Углерод оксид	4	5,000
4	Акролеин	2	0,03
5	Ацетон	4	0,35
6	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния более 70%	3	0,150
7	Бензол	2	0,005

Энергетические отходы нормируются ПДУ (предельно-допустимый уровень) звукового давления и вибрации. В таблице 57 приведены ПДУ энергетических отходов, образующихся во время технологического процесса в литейном производстве.

Таблица 57 - Санитарно-гигиенические нормы показателей технологического процесса.

№	Показатели технологического процесса (параметрические загрязнения)	Санитарно-гигиеническая норма (ед.изм)
1.	Электромагнитное излучение	8-10 А/м
2.	Вибрация	1-90 Гц
3.	Шум	92-107 дБ
4	Тепловое излучение	20 ккал/м ³ ч

5.2.4. Пути экологизации производства.

В литейном цехе во время технологического процесса происходит образование различных отходов. Чтобы максимально снизить ущерб окружающей среде, цехом принимаются меры по снижению негативного воздействия от загрязняющих веществ. А именно:

1. Все выбросы проходят очистку в сухих фильтрах рукавного типа с системой самоочистки. Степень очистки от пыли составляет 99,5%.
2. Продукты сгорания газа, поступающие в цех от приточных систем, удаляются общеобменной вентиляцией (организованные источники).
3. Все зоны с выделениями вредных веществ оборудованы местной вытяжной вентиляцией.
4. Поверхностные стоки поступают в существующую пром-ливневую канализацию и далее на очистные сооружения промливневых стоков.
5. Просыпи смеси при изготовлении форм возвращаются в систему регенерации.
6. На полигон твердых отходов завода передается пыль, оседающая на пол и строительные конструкции цеха.
7. Тара связующих и крепителей многоразового пользования и подлежит возврату поставщику.
8. Отработанные смазочные материалы передаются на сжигание на ТЭЦ.

Помимо выбросов в атмосферу, происходит ещё и истощение природных ресурсов, таких как песок, за счёт чрезмерного использования.

5.2.5. Предложения по экологизации технологического процесса.

В условиях быстро возрастающей интенсификации литейного производства и, связанного с этим, увеличения вредных выделений на единицу объема цеха вопросы по оздоровлению и защите окружающей среды на стадии проектирования решаются путем выполнения следующих мероприятий:

1. Размещение плавильного отделения в наиболее высоком пролете с подветренной стороны здания, чтобы предупредить попадания дымовых газов и нагретого воздуха в другие отделения цеха. Выбивные решётки и формовочные машины, для уменьшения колебаний строительных конструкций, устанавливаем на специальные виброизолирующий фундамент.

2. Производить высокоэффективную очистку от пыли и вредных составляющих всех отходящих газов от печей, участка заливки и выбивки, установок очистки литья. На накопительных бункерах системы пневмотранспорта устанавливаются фильтры рукавного типа, самоочищающиеся импульсом воздуха. Все выбросы проходят очистку в сухих фильтрах рукавного типа с системой самоочистки. Материал фильтров – полиэстр 500гр/м²; степень очистки от пыли составляет 99,5%. Далее выбросы поступают либо в цех, либо удаляются в атмосферу.

3. Применение наиболее совершенных технологических процессов и оборудования, обеспечивающих отсутствие или незначительное выделение в воздух рабочих помещений, в атмосферу и в сточные воды вредных веществ в концентрациях, не превышающих санитарно-гигиенические нормы;

4. Комплексной автоматизации и механизации технологических процессов;

5. Продукты сгорания газа, поступающие в цех от приточных систем, удаляются общеобменной вентиляцией (организованные источники). Все зоны с выделениями вредных веществ оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

6. Чтобы снизить уровень шума при формовке, у формовочных машин

устанавливается звукоизолирующее ограждение. В инерционных выбивных решётках для снижения шума устанавливается облицовка телескопического кожуха решетки с внутренней стороны, выполненная из стального волокна или стекловолокна толщиной 50мм. Для снижения уровня шума широко используются звукоизолирующие кожухи. Кожухи применяются на галтовочных и дробемётных барабанах. Они имеют свои преимущества: звукоизолирующее покрытие из поропласта, войлока толщиной 25 — 50 мм. В качестве средств индивидуальной защиты от шума применяются противозумные наушники ВНИИЦОТ-4А, которые снижают уровень шума на 20-30 дБ.

Выполнение данных мероприятий позволит сделать данный технологический процесс экологичным, поскольку используемая в проекте технология выплавки стали 35Л в дуговой печи постоянного тока влажным пылесадителем относится к малоотходным экологически безопасным технологиям с комплексным использованием сырья. Эта технология обеспечивает широкое использование отходов производства, отработанных формовочных и стержневых смесей, а также использование тепла отходящих газов. Влияние вредных выбросов на окружающую среду и живущее рядом население сведено к минимальному.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов П.Н. Технология литейного производства. -М.: Машгиз, 1957.-418с.
2. Логинов И.З. Проектирование литейных цехов. Минск: Высшая школа, 1975.-362с.
3. Основы проектирования литейных цехов и заводов (под редакцией Кнорре Б.В.)М.: Машиностроение, 1979.-375с.
4. Технология литейного производства. Учебник для ВУЗов / Чуркин Б.С., Гофман Э.Б., Майзель С.Г. и др. Екатеринбург, 2000.-662с.
5. Могилев В.К., Лев И.О. Справочник литейщика. М.: Машиностроение, 1988.-272с.
6. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. М.: Машиностроение, 1985.-320с.
- 7.Жиделева В.В., Каптейн Ю.Н. Экономика предприятия. Учебное пособие. М.: Инфра-м,2003.-133с.
- 8.Методические указания к дипломному проектированию часть 1. Екатеринбург: 1991.-90с.
- 9.Чуркин Б.С. Экономика и управление производством. Учебное пособие. Екатеринбург: 1993.-90с.
- 10.Миляев В.М., Гофман Э.Б.. Проектирование литейных цехов. Учебное пособие. Екатеринбург, 1994.-52с.
- 11.СНиП «Генеральные планы промышленных предприятий, нормы проектирования». Санитарные правила и номы. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. - 20с.

12. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы. - М.: Информационно издательский центр Минздрава России, 1997. - 20с.

13. СНиП 2.04.05-91* Отопление вентиляция и кондиционирование. Санитарные правила и нормы. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.-64с.

14. СНиП 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.

15. СНиП 23-05-95* «строительные нормы и правила РФ по естественному и искусственному освещению», 2001.

16. ГОСТ 12.1.030-96 Электробезопасность. Требования к заземлению занулению. Введ. 01.01.96. -М.: Изд-во стандартов, 1996.-52с.

17. ГОСТ 12.1.004.91. Пожарная безопасность. Введ. 01.01.91. - М.: изд-во стандартов, 1991 .-48с.

18. Товчиричко И.П.. Пикоев О.Б. Охрана труда на предприятиях местной промышленности . Справочное пособие, М.: Легпромбытиздат. 1 99.-3 52с.

19. Долина Г.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергия. 1973.-316с.

20. Новиков Ю.В. Охрана окружающей среды. М.: Высшая школа. 1 987.-28с.

21. ГОСТ 977-88 Отливки стальные общие технические условия. Введен 22.12.1988.-М. ; Изд-во стандартов 1995. 37с.

22. 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.

23. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. Введен 01.07.1993.-М. ; Изд-во стандартов 1993 16с.

24. Metallurgy чёрных металлов - Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А.

25. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС). Выпуск № 2. Часть № 1. Утвержден Постановлением Минтруда РФ от 15.11.1999 № 45 (в редакции Приказа Минздравсоцразвития РФ от 13.11.2008 № 645) .

26. ГОСТ 21.1.012 - 2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. Введён 1.07.2008. Изд-в стандартов 2008 (Редакция 2009г.).

27. ССБТ ГОСТ 12.1.005.-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введён 01.01.1989.

28. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27 апреля 2003 г.).

29.ГОСТ 12.1.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. Дата введения 01.07.90. Ограничения срока действия снято по решению Международного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №4-93).