

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 29000 ТОНН В ГОД**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
По направлению 22.03.02 Металлургия

Идентификационный код ВКР: 920

Исполнитель:
студент группы НТ-411сЛП

(подпись)

Н.А. Юрьев

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 139 лист машинописного текста, 4 рисунков, 52 таблица, 36 источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1.

В дипломном проекте разработана система организации технологического процесса изготовления отливок из сталей для машиностроения с годовым выпуском 29000 тонн.

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

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

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

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

					ДП 22.03.02.920 ПЗ		
	Лист	№ докум	Подп.	Дата			
Разраб.	Юрьев Н.А.				Литер	Лист	Листов
Пров.	Ведерников М.В					У	
Н. контр.	Категоренко Ю.И						
Утв.	Гузанов Б.Н.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА.....	7
1.1. Режим работы цеха	7
1.2. Производственная программа.....	9
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
2.1. Выбор способа производства отливки.....	12
2.2. Характеристика литой детали и ее условия службы.....	16
2.3. Материал отливки и его свойства	17
2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия	18
2.5. Модельно литейная оснастка.....	24
2.6. Определение количества стержней и их размеры	26
2.7. Литейная форма и стержни	28
2.8. Сборка и заливка формы	32
2.9. Расчет литниковой системы.....	35
2.10. Выбивка, обрубка, очистка	43
2.11. Термообработка.....	44
2.12. Контроль	46
2.13. Виды брака.....	46
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ.....	49
3.1. Плавильное отделение.....	49
3.2. Смесеприготовительное отделение.....	61
3.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение.....	67
3.4. Стержневое отделение.....	76
3.5. Термообрубное отделение	82
3.6. Внутрицеховой транспорт.....	87
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	88
4.1. Характеристика технологического процесса.....	89

4.2. Требования к помещениям, вентиляции, эргономике.....	90
4.3. Санитарно-гигиенические требования.	93
4.4.Требования ТБ.....	98
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА	101
5.1. Глобальные экологические проблемы.....	101
5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.....	102
5.3. Основные требования экологизации проекта	105
5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.....	106
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	108
6.1 Расчет численного состава рабочих	108
6.2. Организация и планирование заработной платы.....	113
6.3. Отчисления в социальные фонды	116
6.4. Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений	117
6.5. Определение затрат и планирование себестоимости	120
6.6. Расчет плановых постоянных и переменных затрат	124
6.7. Ценообразование.....	125
6.8. Расчет коммерческой эффективности проекта	126
6.9. Показатели эффективности.....	135
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	138

ВВЕДЕНИЕ

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

Средняя удельная масса литых деталей в продукции машиностроения составляет 40%, а в некоторых видах машин до 70–80% от общего веса.

Из всего объема отливок более 80% изготавливаются в разовых формах, свойства которых определяют качество отливок. В связи с этим изучение материалов, используемых для изготовления формовочных и стержневых смесей, а так же понимание теоретических основ формирования их свойств, и в первую очередь прочностных, являются основой для правильного проектирования литейной технологии и обеспечения высокого качества литых деталей.

Цех стального литья состоит из ряда участков и отделений таких, как:

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

Цех по типу производства относится к крупносерийному типу производства. Цех специализируется на выпуске стального литья весом от 20 до 200 кг. Основная марка стали 32Х06Л по ГОСТ 977-88 [1].

При выборе необходимого оборудования необходимо ориентироваться на применение автоматических линий, комплексов, агрегатов, максимально исключая ручной труд. Такое оборудование позволит цеху выпускать качественное, конкурентоспособное стальное литье с соблюдением

всех норм по технике безопасности и требований по охране окружающей среды.

Кроме того, при проектировании следует учитывать, чтобы оборудование было загружено и интенсивно использовалось, оправдывался высокий уровень механизации и автоматизации труда.

Проектируемый цех относится к сталелитейным цехам серийного типа производства и входит в состав предприятия общего машиностроения.

Мощность цеха 29000 тонн годных отливок в год. В соответствии с производственной программой было выбрано и рассчитано оборудование, с помощью которого можно достичь заданной производительности цеха.

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

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

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

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

1. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА

1.1. Режим работы цеха

Режимы работы литейного цеха определяются очередностью выполнения операций технологического процесса изготовления отливок во времени и пространстве. От принятого режима работы зависит организация производственного процесса. Для литейных цехов применяются последовательные и параллельные режимы работы [2].

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

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

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

Сменность работы при этом режиме зависит от размеров и количества изготавливаемых отливок.

Литейный цех работает по пятидневной рабочей неделе и 8-часовой рабочей смене.

Действительный фонд времени T_d определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Календарный фонд времени определяется по формуле:

$$T_k = D_k \cdot T_c,$$

где D_k – число календарных дней в году;

T_c – число рабочих часов в смене, ч.

$$T_k = 366 \cdot 8 = 2928 \text{ ч.}$$

Номинальный фонд времени определяется по формуле:

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

где B – число выходных дней в году;

Pr – число праздничных дней в году;

K_c – режим сменности.

$$T_n = (366 - 105 - 14) \cdot 8 \cdot 3 = 5928 \text{ ч.}$$

Действительный фонд времени определяется по формуле:

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

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

$$T_d = (247 - 34) \cdot 8 \cdot 3 = 5112 \text{ ч.}$$

Расчёт фонда времени работы оборудования

Для расчета потребного количества оборудования необходимо знать действительный фонд времени работы оборудования. Действительный фонд времени определяем по формуле [2]:

$$T_d = T_n \cdot (1 - \alpha / 100),$$

где α – потери времени на плановый ремонт, %;

Таблица 1- Расчет действительного фонда времени работы оборудования

Отделение	T_n	α	T_d
Смесеприготовительное	5928	6,5	5542,7
Стержневое		4,5	5661,2
Формовочное		5,5	5602
Плавильное		5	5631,6
Термообрубное		6	5572,3

1.2. Производственная программа

Производственная программа является исходным документом для планирования выпуска продукции. Она определяет режим работы цеха. На данные производственной программы мы опираемся при расчете основного оборудования цеха.

Для проектирования литейного цеха составляем производственную программу. Данные представлены в таблице 2. Годовой выпуск литья с учетом ремонтного литья и поставок запасных частей составил 29000 т. Вес жидкого металла составляет 42625,7 т.

Таблица 2 - Производственная программа цеха

Массовая группа	Наименование отливки	Марка сплава	Масса детали, кг	Масса отливки, кг	Масса отливки с ЛПС, кг	Количество отливок на программу, шт.	Брак механического цеха, шт.	Брак литья, шт.	Общее количество отливок на программу с учетом брака, шт.	Масса отливок на программу, кг	Масса отливок с ЛПС на программу, кг	Выход годного, %
0 – 50	Крышка	32X06 Л	29,32	32.31	49.97	68907	3915	5481	78304	2530000	3912847.42	64.66
	Корпус	32X06 Л	29,71	33.13	49.34	79293	4505	6307	90106	2985200	4445812.50	67.15
	Букса	32X06 Л	33,55	36.25	68.13	36171	2055	2877	41103	1490000	2800377.93	53.21
	Решетка	32X06 Л	37,56	37.64	57.75	86522	4916	6882	98321	3700800	5678034.01	65.18
	Козырек	32X06 Л	41,72	52.34	71.80	21016	1194	1672	23882	1250000	1714749.71	72.90
	Щит	32X06 Л	45,60	53.78	72.44	9392	534	747	10673	574000	773160.28	74.24
50 – 100	Корпус	32X06 Л	52,00	60.10	92.50	36737	2087	2922	41747	2509000	3861605.66	64.97
	Погон	32X06 Л	56,70	61.32	89.65	10404	591	828	11823	725000	1059951.89	68.40
	Плита	32X06 Л	68,32	70.10	111.55	1889	107	150	2147	150500	239490.37	62.84
	Ступица	32X06 Л	71,50	76.34	112.58	9801	557	780	11137	850200	1253805.55	67.81
	Венец	32X06 Л	92,12	104.66	164.30	8408	478	669	9555	1000000	1569845.21	63.70
100 – 150	Уголок	32X06 Л	102,30	107.57	161.44	7273	413	579	8264	889000	1334202.47	66.63

	Диск	32X06 Л	122,90	130.41	178.98	16883	959	1343	19186	2502000	3433846.7 9	72.86
	Защита	32X06 Л	137,82	141.88	188.30	5585	317	444	6347	900500	1195123.7 0	75.35
	Хомут	32X06 Л	146,30	148.44	198.91	9011	512	717	10240	1520000	2036804.1 0	74.63
150 200 –	Крышка	32X06 Л	150,00	190.02	248.55	9494	539	755	10788	2050000	2681441.4 3	76.45
	Рейка	32X06 Л	165,22	196.20	251.27	3860	219	307	4386	860500	1102027.7 0	78.08
	Тяга	32X06 Л	177,60	201.10	259.00	1402	80	112	1594	320500	412777.23	77.64
	Стойка	32X06 Л	179,30	193.12	281.35	2396	136	191	2723	525800	766020.25	68.64
	Упор	32X06 Л	181,10	209.40	295.66	3855	219	307	4381	917350	1295242.1 3	70.82
	Вилка	32X06 Л	192,50	221.55	312.84	2978	169	237	3384	749650	1058544.3 7	70.82
ВСЕГО						431279	24505	3430 6	490090	29000000	42625710. 69	

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Выбор способа производства отливки

Технологический процесс изготовления отливки должен отвечать определенным техническим требованиям к деталям и литым заготовкам

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

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

Использование средств механизации и автоматизации литейных процессов, предусматриваемых при разработке технологии, должно сочетаться с техническими решениями, отвечающими требованиям изготовления отливок высокого качества, соответствующего также высокому уровню служебных свойств деталей [2].

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

- тип формы;

- основу материала формы;
- природу связующих добавок;
- тип оснастки;
- способ уплотнения смеси;
- способ упрочнения формы;
- способ воздействия на жидкий расплав;
- способ заливки сплава;
- способ силового воздействия на расплав в процессе заливки и кристаллизации,
- способ поверхностного или объемного упрочнения сплава в отливке.

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

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

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

свободная заливка форм, в 6% - непрерывная. Количество способов литья увеличивается с внедрением новых способов.

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

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

Наиболее экономичен способ изготовления отливок в сырых формах, так как в этом случае не требуются площадь, для установки сушильных агрегатов и складирования форм перед сушкой и дополнительный расход топлива. При изготовлении формы этим способом по сравнению сформовкой посухому значительно сокращается цикл изготовления отливки и снижается ее себестоимость, поэтому нужно отдавать предпочтение формовке посырому.

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

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

- снижение объёма механической обработки.

На основании задания определим серийность производства детали «Решетка» массой 37,56 кг – массовое или крупносерийное производство.

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

Очевидно, что технологичность детали связана с особенностями-применяемых способов литья [2].

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

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

Параметры конструкции отливки, прежде всего, толщина и протяженность ее наиболее тонкостенных элементов оказывают влияние на заполняемость формы сплавом и появление таких дефектов, как спаи и недоливы. Толщина стенок отливок не должна быть меньше некоторых минимальных значений, определяемых жидкотекучестью сплава и технологией изготовления отливок. Литая стенка выполняет определенные важные функции: придает детали требуемую конфигурацию, обеспечивает

необходимую прочность и т.д. Толщина стенки отливки зависит от выполняемой ею функции. Толщина стенок равномерная, что приведет к равномерной кристаллизации, а не будет концентратором напряжений.

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

Деталь «Решетка» имеет сложную конфигурацию с поднутрениями. Для изготовления детали литьем в песчано-глинистые формы необходимо поднутрения детали выполнять с применением стержней.

2.2. Характеристика литой детали и ее условия службы

Отливка «Решетка» применяется в машиностроении для производства металлургических агрегатов. Размеры отливки: 850x200x205 мм. Преобладающая толщина стенки 15 мм, масса 37,64 кг. Отливка относится ко второй группе среди классификации стальных отливок по ГОСТ, [1].

Точность отливки 11-0-0-11 по ГОСТ Р 53464-2009 [8].

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

В качестве материала для отливки выбираем – сталь 32Х06Л по ГОСТ 977-88[1].

2.3. Материал отливки и его свойства

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

Материал, предусмотренный конструктором для изготовления данных отливок 32Х06Л по [1], материал заменитель 20ГЛ по [1]. Сталь 32Х06Л – низколегированная сталь (легированная хромом).

На износостойкость деталей влияют микроструктура и твердость стали.

Исследование механизма изнашивания деталей в условиях, имитирующих процессы, протекающие при эксплуатации станков, позволяют обосновать требования к структуре и свойствам стали. Чтобы удовлетворить этим требованиям, необходимо особое внимание уделять процессам получения жидкой стали.

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

Таблица 3 - Химический состав стали 32Х06Л по [1]

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	P, %	S, %
0,25 – 0,35	0,40 – 0,90	0,20 – 0,40	0,50 – 0,80	≤ 0,05	≤ 0,05

Таблица 4 - Механические свойства

Свойство	Значение
Временное сопротивление, МПа	638
Предел текучести, МПа	441
Относительное удлинение, %	10
Относительное сужение, %	20
Ударная вязкость, кДж/м ²	491

Таблица 5 – Физические и технологические свойства

Свойство	Значение
Температура начала затвердевания, °С	1500
Жидкотекучесть	1,6
Линейная усадка	1,8
Свариваемость	Ограничено свариваемая
Показатель трещеноустойчивости	0,2
Склонность к образованию усадочной раковины	0,8

2.4. Формовочные, стержневые смеси и покрытия

2.4.1. Формовочные смеси

Смесеприготовительный участок предназначен для изготовления стержневых и формовочных смесей. Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита. Подача кварцевого песка и глины в бункера бегунов производится ленточными транспортерами. Кварцевый песок должен быть сухим, не должен быть замусорен посторонними материалами.

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

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

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

Формовочная смесь постоянно перемешивается, одновременно с этим подается воздух для образования псевдооживленного слоя. Это обеспечивает увеличение поверхности теплообмена между воздухом и формовочной

смесью. В начале цикла подается вода, которая и участвует в охлаждении и увлажнении. Затем из загрузочного бункера подается обедненная формовочная смесь. Таким образом охлаждение начинается уже с первых мгновений перемешивания.

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

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

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

Свойства смеси должны соответствовать нормам, указанным в таблице 6.

Состав смеси должен соответствовать указанным в таблице 7.

Таблица 6 – Свойства формовочной смеси

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

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 7 – Состав формовочной смеси

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

2.4.2. Стержневая смесь

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

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

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

В качестве исходных компонентов для приготовления стержневых смесей применяются:

- песок кварцевый основной марки 1К2О2 фракций 016, 02, 025, 03 по ГОСТ 2138-98;

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

В цехе для изготовления стержней для отливки «Решетка» используется cold-box-amine процесс с использованием связующих - фенольной смолы и полиизоцианата и газовым катализатором триэтиламином [4].

Ниже приведен рекомендуемый состав стержневой смеси и ее технологические свойства.

Таблица 8 - Состав стержневой смеси

Состав смеси, массовая доля			
Песок кварцевый сухой	Смола «Резамин А»	Смола «Резамин Б»	Отвердитель «Резамин К» триэтиламин
100 %	0,6 % от песка	0,6 % от песка	8 % от смолы «РезаминА»

Основным компонентом стержневой смеси является сухой кварцевый песок, который должен соответствовать следующим требованиям: температура песка в пределах 18-30° С, влажность - не более 0,5%.

Для приготовления стержневой смеси используются встроенные смесители непрерывного действия фирмы «АНВ» на стержневых автоматах «АНВ-10», «АНВ-20», «АНВ-40». Приготовление стержневой смеси производится на одноколейных высокоскоростных непрерывных смесителях производительностью соответственно 1, 3 и 5 т/ч холоднотвердеющей смеси.

Смеситель оборудован дозатором песка и устройствами подачи жидких компонентов. Конструкция смесителя предусматривает блокировку, обеспечивающую остановку привода лопастного вала и прекращение подачи компонентов смеси при открытых люках для обслуживания смесителя.

Смеситель имеет герметичную систему и исключает выход катализатора, связующих или неготовой смеси.

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

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

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

2.4.3. Литейные покрытия

Литейные покрытия – слои материалов, наносимые на поверхность форм и стержней, придающие поверхности отливки заданные свойства или оформляющие требуемую конфигурацию отливки [2].

Для изготовления отливки «Решетка» применяют разделительные покрытия, наносимые на модели и стержневые ящики для облегчения съема песчано-глинистых форм и противопопригарные краски, которые увеличивают поверхностную прочность, уменьшают осыпаемость и термохимическую стойкость форм и стержней, обеспечивая получение чистых отливок.

В качестве разделительного покрытия используется смесь керосина сУСК, а для покраски форм и стержней используется быстросохнущая противопопригарная краска на основе дистенсиллиманита.

Таблица 9 - Состав разделительного покрытия

Наименование компонента	Содержание, %
Керосин осветленный	85 – 89
Связующее литейное УСК – 1%	15 – 11

Требования на противопопригарные, разделительные покрытия:

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

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

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

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

Спиртовая противопопригарная краска на основе дистенселиманита.

Состав противопопригарной краски на основе дистенселиманита должен соответствовать СТП АДК, [3].

Данные представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Состав противопопригарной спиртовой краски на основе ЭС-1,2

Компонент	Количество по объему, %
Покрытие марок ЭС – 1, ЭС – 2	До плотности 1,4 – 1,8 г/см ³
Поливинилбутераль	4 – 6
Этиловый спирт или растворитель 646	100

Порядок приготовления:

В проверенный на крепость этиловый спирт, засыпать небольшими порциями поливинилбутераль при непрерывном перемешивании. Оста-

вить на 4 суток для набухания и полного растворения. Раствор перемешивать 3-4 раза в смену. В полученный раствор засыпать покрытие противопригарное порошкообразное марки ЭС-1 или ЭС-2. Перемешать до получения однородной массы необходимой плотности.

2.5. Модельно литейная оснастка

Для изготовления отливок применяют большое число различных приспособлений, которые называют литейной оснасткой. Часть литейной оснастки, включающую все приспособления необходимые для получения в форме отпечатка модели отливки, называют модельным комплектом.

Модельный комплект состоит из модели отливки и элементов литниково-питающей системы, стержневых ящиков, модельных плит для установки модели отливки и литниковой системы, сушильных плит, приспособлений для доводки и контроля форм и стержней [2].

Стержневой ящик является приспособлением для получения стержней из песчаных смесей. Стержневые ящики служат не только для получения стержней, обеспечивающих образование внутренних полостей в отливке, но и для получения стержней, задающих внешние контуры отливки (при формовке в стержнях).

Холодильники – металлические приспособления, устанавливаемые при формовке на модель или после формовки в полость литейной формы, служащие для ускорения охлаждения массивных частей отливки и ее более равномерной кристаллизации [2].

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

Модельный комплект должен удовлетворять следующим требованиям:
- обеспечить получение отливки определенной геометрической формы;

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

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

Формовочные уклоны в модельных комплектах по ГОСТу, [5]. При применении песчано-глинистых смесей уклоны назначают в зависимости от диаметра или минимальной ширины, углублении или высоты формообразующей поверхности. Для изготовления песчаных форм применяют различные модели, воспроизводящие геометрию отливки, а также модели прибылей, литниковой системы, выпоров. Формовка осуществляется в специальных литых или сварных рамках, называемых опоками.

Стержни изготавливают в стержневых ящиках. Все это вместе называют модельно-стержневой оснасткой или средствами технологического оснащения, дополняющими литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливок.

Габариты опок для формовочной линии 1200x800x350 мм. Опоки обычно изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого и магниевых сплавов. Стальные опоки наиболее прочные и долговечные. На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования [2], [5].

Опоками называют жесткие рамки из чугуна, стали, алюминиевых сплавов, предохраняющие песчаную форму от разрушения как во время

сборки, так и при транспортировке и заливке. Модельные плиты и стержневые ящики применяют металлические, из алюминия, [5], марки АК7ч.

Толщину стенок стержневых ящиков назначают по [5]. Для уменьшения изнашивания по разьему к ящику прикрепляют винтами стальной лист - броню. Разовые песчаные формы в литейном производстве изготавливают в основном в опоках. Важным элементом, определяющим точность сборки форм являются штыри и втулки в опоках.

В модельный комплект входит:

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

2.6. Определение количества стержней и их размеры

Стержни устанавливают в форму при ее сборке в определенной последовательности. Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается их знаками, но в некоторых случаях используют специальные металлические подставки – жеребейки. Основное назначение знаков – обеспечить надежность и точность фиксирования стержня в форме. Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают по ГОСТ, [5] с учетом размеров стержня, способа формовки и положения стержня в форме. Для исключения неправильной установки в форму несимметричного стержня размеры, а иногда и форму знаков на его концах следует принимать разными.

Стержни, находящиеся в контакте с металлом всей внешней поверхностью кроме знаковых частей, нуждаются в устройстве специальных газоотводных каналов, которые выводят газы стержня в знаковые части, а через них в форму, обладающей большей газопроницаемостью, чем сам стержень. Через форму газы выходят в окружающую среду.

Выбранное положение отливки в форме должно обеспечить получение формы с минимальным количеством стержней. После выбора положения отливке 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.

Для изготовления отливки «Решетка» будем использовать два стержня, располагающихся горизонтально.

Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают по [5] с учетом размеров стержня, способа формовки и положения стержня в форме.

Длину горизонтальных стержневых знаков выбирают по таблице 11, в зависимости от длины стержня L и его диаметра D или от величины $(a+b)/2$.

Таблица 11 –Длина горизонтальных знаков стержней по [5]

Размер стержня (a+b)/2 или D, мм	Длина знака при длине стержня L, мм							
	До 50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
До 30	20	25	30	35	-	-	-	-
30-50	20	25	30	35	45	50	-	-
50-80	20	25	30	40	50	55	60	70
80-120	20	25	35	45	55	60	70	80

Таблица 12–Формовочные уклоны на знаковых частях стержня

h_n или h_b , мм	$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$\alpha_1, ^\circ$
До 30	10	15	4
30 – 50	7	10	3
50 – 80	6	8	2
80 – 120	6	8	2
120 – 180	5	6	1
180 – 250	5	6	0

Стержень №1: Из таблицы 11 выбираем длину горизонтального знака (при диаметре 47 мм и длине стержня 46 мм) $l = 20$ мм. Из таблицы 12, формовочный уклон для знака назначим β^0 .

Стержень №2: Из таблицы 11 выбираем длину горизонтального знака (при размере 60,25 мм и длине стержня 46 мм) $l = 20$ мм, из таблицы 12, формовочный уклон для знака назначим 6^0 .

Для лучшей устойчивости и надежной фиксации увеличим длину знаков до 100 мм.

2.7. Литейная форма и стержни

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

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

Выбор планировочных решений линии и размещение всех агрегатов линии приняты по классической схеме, поэтому линия фирмы «Belloi&Romagnoli» очень хорошо вписывается в производственные площади и имеющиеся подземные коммуникации (системы уборки просыпи, горелой смеси и уборки горячих отливок) цеха.

Карусельный формовочный автомат с механизмом перемещения опок, механизм распаровки с механизмом загрузки опок в автомат, позволяют легко и быстро осуществлять замену модельных комплектов, что очень важно в нынешних условиях при переходе по необходимости на производство малых серий отливок с большей номенклатурой.

Как показала практика, при применении автоматических формовочных линий:

- увеличивается производительность труда,
- высвобождается до 50 рабочих,
- уменьшается брак при отливке деталей,
- снижается вес литых заготовок,
- уменьшается трудоемкость изготовления 1 т годного литья,
- облегчается труд формовщиков, повышается культура производства.

Рассмотрев технические характеристики наиболее известных в мире фирм считаю, что самыми надежными в работе, самыми универсальными по компоновочным решениям являются автоматические формовочные линии фирмы «Belloi&Romagnoli». Применяемый на этих линиях способ уплотнения форм классическим прессованием позволяет получать литейные формы высокого качества.

2.7.1. Изготовление полуформ

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

Такая технология позволяет обеспечивать высокое и равномерное уплотнение формовочной смеси. В первых формовочных машинах такого типа использовались активные многоплунжерные головки – уплотнение формовочной смеси производилось многоплунжерной головкой на неподвижном рабочем столе. Такой метод уплотнения несет название пассивный процесс. После того, как смесью заполняется модельная плита

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

Внутренние поверхности опок очищаются предварительно посредством приспособления очистки. До достижения формовочной машины производится очистка горизонтальных поверхностей опоки, а также штырей и втулок. Одно приспособление контролирует, чтобы не осталось на поверхностях опок брызг металла.

Опока транспортируется над находящимся в формовочной машине в позиции готовности модельным устройством. Перед формовочной машиной на поворотном столе стоят нижняя и верхняя опоки. Они последовательно вдвигаются в позицию формовки. Модельное устройство вместе с опокой приподнимается к наполнительной раме.

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

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

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

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

Фрезерование литниковой воронки и полировка (заглаживание неровностей) литниковой чаши в верхней опоке осуществляется при помощи фрезерного приспособления. Сверление вентиляционных каналов осуществляется также в линии верхних опок. В приспособлении кантователя верхняя опока разворачивается на 180^0 назад.

Нижние опоки проходят линию установки стержней с позициями ручной установки стержней. Нижняя опока, находящаяся на тележке, достигает приспособления сборки опок. Тележка и нижняя опока находятся в неподвижном состоянии. Верхняя опока находится в плавающем состоянии и при помощи предварительной центровки и подъемного механизма накладывается на нижнюю опоку и автоматически скрепляется.

Окончательная центровка осуществляется штифтами и втулками в опоках.

2.7.2. Изготовление стержней из ХТС

Оснастка для изготовления стержней (стержневые ящики) складирована в модельной мастерской. Технологический процесс изготовления стержней из холодно-твердеющих смесей основывается на свойстве связующих быстро отверждаться при воздействии катализаторов или газовых отвердителей и включает в себя следующие операции:

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

- зачистка заусенцев на стержне.

Зачистка, отделка стержней производится вручную на столах для зачистки. После зачистки стержни передаются для складирования на участок хранения и комплектации стержней. Места складирования стержней должны быть оборудованы зонтами местной вытяжной вентиляции.

Ответственные стержни, выполняющие полости отливок, требующие повышенной чистоты, подвергаются окраске спиртовыми противопригарными красками [2].

2.8. Сборка и заливка формы

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

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

Соединение верхней и нижней опоки происходит по точно позиционированным направляющим 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.

Стержни устанавливаются в форму в последовательности, указанной на сборочном чертеже или в технической карте. При этом необходимо следить за тем, чтобы знаки стержней точно становились в отпечатки знаков модели.

Устойчивое расположение стержней обеспечивается знаками. Правильность установки стержней проверяют специальными шаблонами [2].

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. В автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) предусмотрена система выталкивания кома.

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

2.8.1. Определение размеров опок

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

Исходя из выше изложенного для снижения трудоемкости изготовления детали, отливку расположим горизонтально, причем вся отливка

будет располагаться в нижней полуформе, а в верхней будут располагаться прибыли и литниковая система. Такое расположение отливки в форме обеспечит легкое извлечение модели из формы.

Поднутрения будем выполнять стержнями №1 и №2.

На конструкции опок имеются соответствующие стандарты или технические условия, в которых указываются соответствующие стандартные размеры и конструкции, материал для изготовления опок, отклонения размеров, массы и припуски на механическую обработку, а также другие требования. Учитывая, что размеры и конструкции опок стандартизированы, подбираются опоки с размерами, равными или большими по сравнению с требуемыми.

После выбора размера опок в свету подбирают ее стандартный размер по высоте. При этом высота нижней и верхней опоки может приниматься при необходимости и неодинаковой [7].

Таблица 13 - Зависимость толщины формовочной смеси от массы отливки

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	От верха модели до верха опоки	От низа модели до низа опоки	От модели до стенки опоки	Между моделями	Между моделью и литниковым ходом
51 – 100	90	100	60	70	50

Рассчитаем размер опоки для отливки

Общая минимальная длина (в опоке 2 отливки)

$$L_{\min} = 60 + 850 + 100 + 100 + 60 = 1170 \text{ мм}$$

Общая минимальная ширина (в опоке 2 отливки)

$$S_{\min} = 60 + 200 + 50 + 50 + 200 + 60 = 620 \text{ мм}$$

Общая минимальная высота верхней опоки

$$H_{\min} = 90 + 115 + 13 = 218 \text{ мм}$$

Общая минимальная высота нижней опоки

$$H_{\min} = 205 + 100 = 305 \text{ мм}$$

В цехе применяются стандартные опоки с размерами 1200x800x350/350. В опоке изготавливается 2 отливки «Решетка».

2.9. Расчет литниковой системы

2.9.1. Припуска на механическую обработку

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

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

1. По принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем степень точности поверхностей (Приложение В, таблица В.1, [8]).

2. По степени точности поверхности определяем ряд припуска отливки (Приложение Е, таблица Е.1, [8]).

3. На основании принятого технологического процесса получения отливки, наибольшего габаритного размера и типа сплава выбираем класс размерной точности отливки (Приложение А, таблица А.1, [8]).

4. По отношению наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки), типу формы (разовые или многократные), намеченной термообработке, определяется степень коробления элементов отливки (Приложение Б, таблица Б.1).

5. По интервалу номинальных размеров и классу размерной точности детали определяем допуск размеров отливки (таблица 1, [8]).

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

7. На основании допуска размеров отливки и допуска формы и расположения поверхности, определяем общий допуск элемента отливки (Приложение И, таблица И.1).

8. По общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (таблица 6, [8]).

Для отливки «Решетка» степень точности поверхности и степень коробления не нормируются, поэтому точность отливки можно записать в следующем виде: 11-0-0-11 ГОСТР 53464 – 2009 [8].

Данная деталь изготавливается практически без механической обработки. Механической обработкой получают только два отверстия диаметром 11 и 22 мм.

Исходя из выше сказанного масса припусков составит 0,08 кг.

Найдем массу отливки по следующей формуле:

$$G_{отл} = G_{дет} + G_{прип},$$

где $G_{дет}$ – масса детали;

$G_{прип}$ – масса припусков на механическую обработку.

Чистый вес (вес детали) – 37,56 кг. Итого вес отливки – 37,64 кг.

2.9.2. Расчет прибыли

Прибылью называется специальный, не предусмотренный чертежом литой детали технологический прилив на поверхности отливки, предназначенный для сосредоточения в нем усадочной раковины в процессе

питания затвердевающей отливки жидким металлом. Кроме того, прибыль служит также выпором и резервуаром, в который могут всплывать продукты разложения литейной формы, шлаковые включения и продукты реакции, происходящие в жидком металле [2].

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 [2]. 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:

$$V_{np} = \frac{V_{ny} \cdot \varepsilon_{v\Sigma}}{\beta - \varepsilon_{v\Sigma}},$$

где β - коэффициент экономичности прибыли (коэффициент β зависит от типа прибыли);

V_{ny} - объем питаемого узла отливки;

$\varepsilon_{v\Sigma}$ - объемная усадка, принимающая участие в формировании усадочной раковины (для данной стали $\varepsilon_{v\Sigma} = 0,045$).

Отливка «Решетка» имеет семь термических узлов (места сочленения ребер жесткости с основанием). Определим объемы питаемых узлов по 3D модели:

$$V_{ny1} = 651 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny2} = 623,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny3} = 912 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny4} = 647,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny5} = 690,5 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny6} = 666,5 \text{ см}^3;$$

$$V_{ny7} = 635,1 \text{ см}^3.$$

Для получения качественной отливки в нашем цехи используются легко отделяемые экзотермические прибыли производства компании ООО «Уралхимпласт – Хюттенес Альбертус».

Рассчитаем объем прибылей (для экзотермических прибылей коэффициент $\beta = 0,14 - 0,17$, принимаем $\beta = 0,17$):

$$V_{np1} = \frac{651 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 234,4 \text{ см}^3;$$

$$V_{np2} = \frac{623,3 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 224,4 \text{ см}^3;$$

$$V_{np3} = \frac{912 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 328,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{np4} = \frac{647,3 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 233 \text{ см}^3;$$

$$V_{np5} = \frac{690,5 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 248,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{np6} = \frac{666,5 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 239,9 \text{ см}^3;$$

$$V_{np7} = \frac{635,1 \cdot 0,045}{0,17 - 0,045} = 228,6 \text{ см}^3.$$

Исходя из проведенных расчетов, мы видим, что прибыли №№ 1, 2, 4, 5, 6, 7 имеют близкий объем, поэтому для данных термических узлов выберем легко отделяемую экзотермическую прибыль марки ЕК 60/120 WB2.

В качестве прибыли для термического узла №3 также выберем стандартную прибыль марки ЕК 70/100 W B2.

Геометрические размеры прибылей и стержней отсекаателей приведены в таблице 14, а внешний вид показан на рисунке 1.

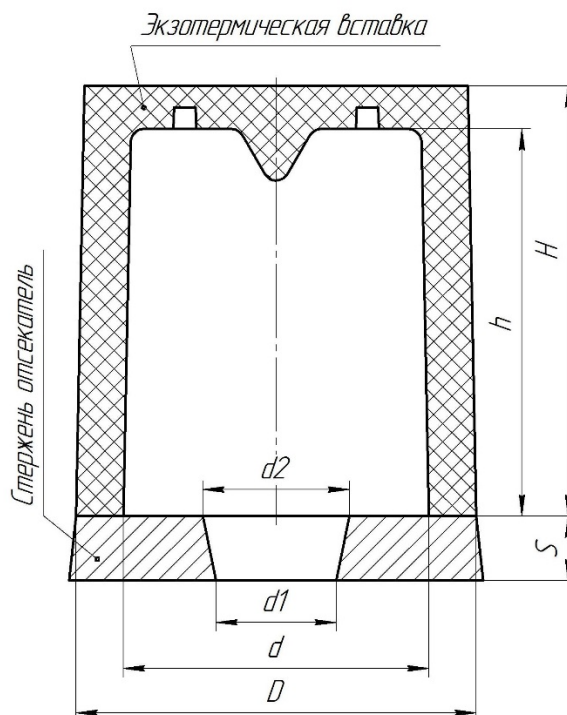


Рисунок 1 – Экзотермическая легко отделяемая прибыль

Таблица 14 - Геометрические размеры легко отделяемой экзотермической прибыли

Марка прибыли	D, мм	d, мм	d1, мм	d2, мм	h, мм	H, мм	S, мм	Объем прибыли, см ³
ЕК 60/120 W B2	80	57	23	28	105	115	13	250
ЕК 70/100 W B2	93	71	28	34	90	100	15	340

Определим массу прибылей по следующей формуле:

$$G_{np} = \sum V_{np} \cdot \rho,$$

где $\sum V_{np}$ – сумарный объем всех прибылей;

ρ – плотность сплава ($\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

$$G_{np} = (6 \cdot 250 + 340) \cdot 7,8 = 14,35 \text{ кг.}$$

2.9.3. 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

$$\tau_{opt} = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{ж}},$$

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

δ - преобладающая толщина стенки отливки, мм;

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

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

$$G_{л.с.} = 0,1 G_{ж}.$$

$$G_{ж} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр}) + 0,1 \cdot G_{ж} = \frac{N \cdot (G_{отл} + G_{пр})}{0,9} = \frac{2 \cdot (37,64 + 14,35)}{0,9} = 115,5$$

кг.

$$\tau_{opt} = 1,6 \cdot \sqrt[3]{15 \cdot 115,5} = 19,2 \text{ с.}$$

Рассчитанную продолжительность заполнения формы надо уточнить путем проверки на допустимую линейную скорость подъема уровня расплава. Поэтому линейная скорость подъема уровня расплава $v_{лр}$ должна быть в пределах допустимой скорости $v_{кр}$ (для стали $v_{кр} = 10 - 20$ 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.

$$v_{лр} = C / \tau_{онт} = 323 / 19,2 = 16,8 \text{ мм/с} .$$

После выбора типа литниковой системы и места подвода металла к отливке рассчитывают площади поперечных сечений и определяют размеры элементов литниковой системы. F_n площадь сечения питателей является узким местом, так как масса заливаемой отливки «Решетка» из стали 32Х06Л составляет 37,64 кг и заливка производится из поворотных ковшей.

Рассчитаем площадь узкого места:

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

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.

$$H_p = 35 - \frac{12,8^2}{2 \cdot 33,3} = 32,54 \text{ см.}$$

$$F_{уз} = \frac{115,5 \cdot 1000}{0,32 \cdot 19,2 \cdot 7,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 32,54}} = 9,54 \text{ см}^2.$$

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

Тогда площадь питателя равна:

$$F_{пит} = 9,54/12 = 0,8 \text{ см}^2.$$

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]:

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

$$\Sigma F_{шл} = 9,54 \cdot 1,2 = 11,45 \text{ см}^2.$$

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

$$F_{шл} = 11,45/2 = 5,73 \text{ см}^2$$

$$F_{ст} = 9,54 \cdot 1,4 = 13,36 \text{ см}^2$$

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

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

Найдем диаметр верха и низа стояка:

$$D_{ст.н.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,36}{3,14}} = 4,1 \text{ см.}$$

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

$$D_6 = H_6 = 3 \cdot 4,5 = 13,5 \text{ см.}$$

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

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

$$F_{\text{пит}} = 0,9a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{\text{пит}}}{0,9}} = \sqrt{\frac{0,8}{0,9}} = 0,94 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 0,94 = 0,75 \text{ см.}$$

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

$$F_{\text{шл}} = 0,81a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{\text{шл}}}{0,81}} = \sqrt{\frac{5,73}{0,81}} = 2,66 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 2,66 = 2,13 \text{ см.}$$

$$h = 0,9 \cdot 2,66 = 2,39 \text{ см.}$$

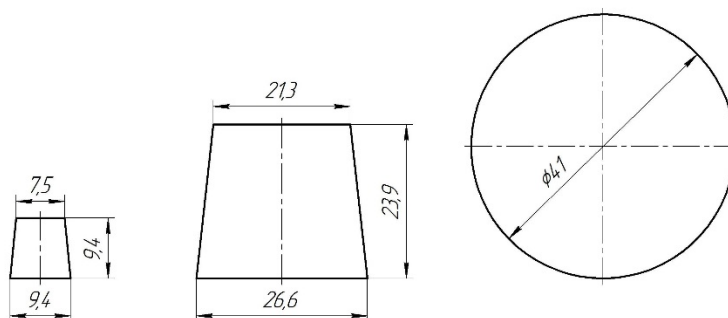


Рисунок 2 – Сечения элементов литниковой системы

2.10. Выбивка, обрубка, очистка

После заливки и выдержки отливок в форме опоки поступают на выбивку. Разборка форм и извлечение отливок осуществляется на выбивных решетках. Опоки выбиваются с помощью выбивной решетки. Отработанная

смесь подается ленточным конвейером на смесеприготовительный участок для дальнейшего использования. Отделение литников и прибылей на участке выбивки производится с помощью резаков.

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливов и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников.

Механизация очистки поверхности отливок на участке обрубки осуществляется с помощью одностороннего обдирочно-шлифовального станка, машины зачистной 0Л9968-205, а так же с применением пневматических машинок и сменных борфрез [9].

Отливки поступают в очистное отделение цеха для обрубки, очистки и отделки. Эти операции выполняются в строгой технологической последовательности, зависящей от особенностей отливок. Процесс очистки включает в себя: отделение литников, выпоров и прибылей, очистку от оставшейся формовочной смеси, удаление заусенцев и окалины после т/о [6].

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

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

2.11. Термообработка

Обычно после затвердевания отливки имеют 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 последующе-

го охлаждения изменяют структуру стальных отливок и получают необходимые прочность, пластичность, износостойкость, обрабатываемость и особые физические свойства [8]. Стальные отливки могут подвергаться следующим видам термообработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка. Термообработка среднеуглеродистых сталей зависит от марки стали и требуемых механических свойств, а режим оговаривается технологической инструкцией или указанным при разработке технологии отливки в технических условиях.

Многие стали проходят упрочнение путём закалки — ускоренного охлаждения (на воздухе, в масле или в воде). Быстрое охлаждение приводит, как правило, к образованию неравновесной мартенситной структуры.

Сталь непосредственно после закалки отличается высокой твёрдостью, остаточными напряжениями, низкой пластичностью и вязкостью. Сталь сразу после закалки имеет твёрдость выше 50 HRC, но в таком состоянии материал непригоден для дальнейшего использования из-за высокой склонности к хрупкому разрушению.

Последующий отпуск - нагрев до 450-500°C и выдержка при этой температуре приводят к уменьшению внутренних напряжений за счёт распада мартенсита закалки, уменьшения степени тетрагональности его кристаллической решётки (переход к отпущенному мартенситу). При этом твёрдость стали несколько уменьшается (до 45-48 HRC). Подвергаются улучшению стали с содержанием углерода 0,3-0,6 % С.

Сталь 32Х06Л подвергается закалке с отпуском [1]. Отливки нагревают до температуры 920-960°C, охлаждают в водной среде при температуре 30°C, затем снова нагревают до температуры 450-500°C и охлаждают на воздухе.

2.12. Контроль

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

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

Химический состав стали должен соответствовать нормативной документации действующей на предприятии.

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

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

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

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

2.13. Виды брака

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

предотвращения возникновения этого вида брака применяют шаблоны, которые позволяют точно установить стержни в форме.

Перекося. Чаще всего возникает в результате отсутствия штырей на опоках или износа втулок, или из-за неточного набора моделей на модельные плиты. Этот вид брака возникает в основном по вине модельщиков или мастеров на участке [9].

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

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

Несоответствие размеров отливки чертежу может быть следствием неправильно назначенной усадки при изготовлении модельного комплекта, а также неточной сборки формы. Этот дефект может быть устранен доводкой модельного комплекта, повышением точности сборки формы.

Несоответствие массы отливки заданной чертежом возникает чаще всего по тем же причинам, что и несоответствие размеров. Кроме того, увеличение массы возможно вследствие деформации формы при заливки ее жидким металлом.

Спай и недолив в отливках образуется от неслившихся потоков металла, потерявших жидкотекучесть до заполнения всей формы. Такие потоки получаются при заливки формы недостаточно перегретым металлом

через питатели малого сечения, при чрезмерно влажной формовочной смеси или недостаточной газопроницаемости формовочной смеси.

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

Перекося в отливках образуется при небрежной сборки формы в результате смещения полуформы или неправильной центровке опок, из-за износа втулок и штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели в стержневом ящике.

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

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

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

Газовые раковины – пустоты в теле отливки. Они бывают открытые или закрытые и возникают при чрезмерной газотворности или недостаточной газопроницаемости формовочной смеси, плохой вентиляции формы и стержня или неправильным ее устройством, низкой температуры заливаемого металла. Устранение этих причин ведет к снижению газовых раковин.

Усадочные раковины возникают вследствие недостаточного питания массивных узлов отливки, технологической конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, повышенной усадки.

Несоответствие химического состава металла 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 [9].

3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

3.1. Плавильное отделение

Преимущества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока

Работами отечественных специалистов доказана целесообразность применения ДППТ любой вместимости. Отработаны технологии, показана экономическая и техническая эффективность их применения для плавки сплавов на основе алюминия, меди, различных марок стали, чугуна, включая синтетический [10]. Это позволяет существенно расширить область применения и рассматривать ДППТ как конкурентоспособный агрегат не только на металлургических предприятиях, но и в литейном производстве вместо малых и средних ДСП и индукционных печей различных типов [10].

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

- снижение пылегазовыбросов в 7-15 раз;

- уменьшение угара легирующих элементов при переплаве сталей и сплавов на 35-85%;

- снижение угара шихты на 0,5-1,5% и за счет этого дополнительный слив металла 20-40 кг/т;

- снижение уровня шума во все периоды плавания на 15 дБ;

- возможность выплавки стали с заданными свойствами из любой металлошихты, включая стальную.

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

- увеличена удельная вводимая мощность и производительность по расплавлению в 3-4 раза;

- снижен удельный расход электроэнергии на 20-35%;

- угар металла составляет менее 0,5-1,5%;

- увеличена стойкость футеровки (до двух лет), предельно просты условия её эксплуатации;

- высокое качество металла за счет существенного уменьшения количества неметаллических включений;

- брак отливок снижен в 2 раза;

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

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

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

Основные предпосылки внедрения этих печей:

- более низкий расход электродов 1,5-2,0 кг/т;

- экономия электроэнергии 3-5%;

- эффективное, более равномерное распределение теплоты;
- снижение расхода огнеупорных материалов;
- естественное перемешивание расплава;
- более простой уход за печью;
- уменьшение отрицательного влияния на питающую сеть, возможность подключения в сети с меньшей мощностью короткого замыкания.

Отсутствие водоохлаждаемых элементов и нагревателей под металлом и массивная футеровка подины увеличивают надежность и взрывобезопасность печей, особенно по сравнению с индукционными.

ДППТ не боятся отключений электропитания в любой период плавки, могут работать с полным и частичным сливом расплава, допускают длительные простои между плавками. Отсутствие ограничений по уровню удельной вводимой мощности позволяет проектировать высокопроизводительные печи. Для футеровки ДППТ можно использовать широкую гамму огнеупорных материалов, не предъявляя к ним повышенных требований. Переплав в ДППТ не требует специальной подготовки шихтовых материалов, а их предварительный нагрев позволяет дополнительно снизить расход электроэнергии [10].

Подину печи изготавливают из нескольких слоев: первый, соприкасающийся с жидким металлом, - набивной из огнеупорного порошка, который может быть выполнен из кварцевого песка (кислый процесс) или магнезитового порошка (основной процесс), второй слой выполняют из динасового или шамотного кирпича, а последующие слои - из шамотного кирпича, диатомита и асбеста. Стены печи многослойны.

Футеровку для выплавки стали 32Х06Л применяем основную. Перед плавкой электродуговую печь футеруют. Свод выкладывают по шаблону магнезитовым кирпичом, а затем футеруют смесью, состоящей из огнеупорной массы: 52% кварцевого песка, 26% огнеупорной глины, 22% воды. Под и откосы печи футеруют магнезитовым кирпичом. При этом оставляют зазор между кожухом печи и футеровкой 50-60 мм, который

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

3.1.1. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи

Процесс плавки разделён на три периода, которые проводят при постоянной мощности дуги [10]. Период 1 - подготовительный, его проводят на высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав. Длинная дуга обеспечивает стабильный электрический режим, интенсивный нагрев печных газов, плавный нагрев всего объёма шихты.

Локальный перегрев металла не возникает, так как капли металла, нагреваясь, преодолевают силы поверхностного натяжения и немедленно стекают вниз.

В периоде 1 отгоняются органические загрязнения шихты, пары которых выходят из отверстия в своде и догорают до завершённых оксидов.

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

Период 2 - энергетический. Обеспечивается стабильный электрический режим при колебании мощности не более $\pm 5\%$. Этот режим способствует быстрому расплавлению шихты и не приводит к заметному локальному перегреву металла. Ток дуги удваивают, а напряжение в 2 раза

снижают. В начале периода 2 анодное пятно дуги располагается на расплаве. Основная мощность дуги излучением и конвекцией печных газов передаётся на шихту, которая продолжает плавиться, и около 20% мощности дуги передаётся через анодное пятно в расплав. Перегрев расплава под дугой в периодах 2 и 3 предотвращается размещением подовых электродов, формирующим тороидальное вращение металла в вертикальной плоскости, при котором поток металла с большой скоростью подтекает под дугу и уходит вглубь расплава.

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

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

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

Период 3 - технологический. Третий режим по сравнению с первым проводится при короткой дуге с напряжением, сниженным в четыре раза, и силе тока, в четыре раза увеличенной. При этом происходит доплавление шихты, нагрев расплава, рафинирование и перемешивание расплава и шлака.

В процессе рафинирования нагрев металла ведётся на полной мощности при коротких включениях дуги. Доля энергии, передаваемой в этот период непосредственно от дуги к расплаву, превышает 80% подведенной. Интенсивная теплопередача от дуги к расплаву реализуется под воздействием поля электромагнитных сил в расплаве. Этому способствует специальная схема размещения подовых электродов и токоподводов к ним.

Соответствующие режимы регулирования силы тока дуги обеспечивают устойчивое управляемое перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения расплава из-под дуги вглубь ванны.

Это предотвращает локальный перегрев, так как нагреваемый под дугой металл быстро замещается набегающим «холодным» расплавом.

Перемешивание также препятствует возникновению локальных вихрей над подовыми электродами, предотвращая их разрушение. Скорость теплопередачи от дуги к расплаву увеличивается пропорционально росту силы тока. Это позволяет поддерживать указанный механизм плавления в широком интервале подводимой удельной мощности (от 0,3 до 8,0 кВт/кг шихты) в печах малой, средней и большой (до 100 т) вместимости, обеспечивая их высокую производительность.

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

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

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

При подаче легирующих элементов в расплав, благодаря перемешиванию металла, они быстро растворяются и равномерно распределяются по всему объёму. Усвоение ферросплавов при плавке стали составляет 98-100%, усвоение углерода при плавке синтетического чугуна - 80%. Угар углерода при длительной выдержке чугуна не превышает угара в ин-

дукционных печах, а при наведении карбидного шлака - отсутствует. Угар легирующих элементов при длительной (более 8 часов) выдержке высоколегированной стали практически отсутствует. В ДППТ можно вести обработку металла активными шлаками, кислородом.

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

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

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

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

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

Конструктивные особенности дуговых печей постоянного тока

При разработке ДППТ использован опыт создания дуговых печей переменного тока и плазменных печей с керамическим тиглем постоянного тока, разработанных ранее [10]. ДППТ состоит из частей и механизмов, однотипных с ДСП и одинаковой ёмкости ванны. Она имеет стальной футерованный кожух, свод, который может быть водоохлаждаемым, стены ванны (могут быть из водоохлаждаемых панелей), механизм наклона печи для слива металла и удаления шлака, механизм перемещения графитированного электрода, механизм подъёма и поворота свода или выката ванны для завалки печи шихтой, рабочее окно с дверцей в кожухе.

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

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

Подовые электроды выполняются по особой технологии, безопасны в работе и представляют собой металлические стержни, охлаждаемые водой.

Для безопасности эксплуатации каналы охлаждения вынесены за кожух печи, а в теле подовых электродов установлены датчики контроля их состояния.

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

Управляемое перемешивание расплава без применения специальных устройств для его осуществления облегчает и ускоряет технологические процессы. Сочетание заданного направления и скорости движения металла с тепловым потоком от дуги позволило удерживать локальный нагрев расплава

на уровне температуры, не превышающей 5-7% от средней температуры расплава во все периоды плавления. Это обеспечило, в частности, возможность выплавки в ДППТ высококачественных алюминиевых сплавов.

Конструкция печи постоянного тока позволяет проводить реконструкцию действующих печей переменного тока с остановкой печи для реконструкции на 2-3 недели. При создании агрегата из одного источника электропитания и двух тиглей футеровка обоих тиглей может быть основной, кислой или один тигель может быть выполнен с основной футеровкой, а второй с кислой.

3.1.2. Расчет количества печей

Таблица 15- Характеристики ДППТ – 6

Номинальная вместимость, т	Ориентировочное время расплавления под током, мин.		Угар, %	Угар графитированных электродов, кг/т	Диаметр графитированных электродов, мм
	Чугун/Сталь	Сплавы на основе Al/Cu			
6,0	40-45/55-60	25-30/35-40	0,2 – 1,5	До 1,5	300

Для расчета количества печей составим баланс металла по цеху.

Таблица 16 – Баланс металла

Наименование статьи баланса	т	%
Годные отливки	29000	65
Литники и прибыли	13625,7	30,5
Скрап	1278,8	3
ИТОГО жидкого сплава	43904,5	98,5
Угар и безвозвратные потери	658,5	1,5
Итого металлозавалка	44563	100

Выбираем печь ДППТ-6. Количество печей определим ниже.

Число печей для приготовления жидкого металла определяем по формуле :

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

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_∂ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность печи, т/ч.

$$N = \frac{44563 \cdot 1,2}{5631,6 \cdot 6} = 1,6 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы необходимо 2 печи ДППТ-6.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле [11]:

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

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_з = \frac{1,6}{2} \cdot 100\% = 80\%.$$

3.1.3. Расчет количества ковшей

На участке стального литья для заливки форм применяем 6-ти тонные чайниковые ковши. Ковши футеруются, для футеровки ковшей применяются диносовый кирпич ЭБ–2 ГОСТ 1566–71. Кладка производится с заполнением всех швов раствором. Зазор между кирпичами должен быть не более 2 мм.

Второй слой кирпича кладется с перекрытием швов первого слоя. Сушится ковш газовой горелкой, продолжительность сушки не менее 1,5 ч.

Состав огнеупорного раствора для футеровки ковшей:

кварцевый песок ГОСТ 2138-84 60%

глина огнеупорная ТУ 14-8-262-78 40%

вода от 15 до 20%

Для набивной футеровки применять формовочную смесь (ковшовая).

Состав формовочной смеси:

смесь оборотная 80%

глина огнеупорная ТУ 14-8-262-78 20%

вода от 15 до 20%

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

$$n_k = T_p + T_e + T_\phi + T_c / T_p + n_z,$$

где T_p - время работы ковша, ч;

T_e - время остывания и выбивки ковша, ч;

T_ϕ - время на футеровку и ремонт ковша, ч;

T_c - время сушки ковша, ч;

n_z - количество запасных ковшей, шт.

Количество крановых поворотных ковшей необходимое для обеспечения работы цеха:

$$n_k = (6 + 6 + 6 + 2) / (6 + 1) = 2,9 \text{ шт.}$$

Для обеспечения работы печи необходимо 3 ковша емкостью 6 т на одну печь. Один ковш находится в работе, один ковш находится на ремонте и один ковш в резерве. Так как на сталеплавильном участке 2 печи, то необходимо 6 ковшей, печи работают в сутках 3 смены – общее количество ковшей составляет 18 шт.

3.1.4. Расчет шихты для стали 32Х06Л

Химический состав стали 32Х06Л по ГОСТ 977-88[1]:

$$C = 0,25 - 0,35$$

$$Mn = 0,4 - 0,9 (- 20\%)$$

$$Si = 0,2 - 0,4 (- 15\%)$$

$$Cr = 0,5 - 0,8 (- 12\%)$$

$$\text{Для Mn: } x - 0,2 = 0,8x,$$

$$0,8x_1 = 0,4 \rightarrow x_1 = 0,5$$

$$0,8x_2 = 0,9 \rightarrow x_2 = 1,125$$

$$\text{Среднее значение: } x = 0,8125$$

$$\text{Для Si: } y - 0,15 = 0,85$$

$$0,85y_1 = 0,2 \rightarrow y_1 = 0,24$$

$$0,85y_2 = 0,4 \rightarrow y_2 = 0,475$$

$$\text{Среднее значение } y = 0,35$$

$$\text{Для Cr: } z - 0,12 = 0,88$$

$$0,88z_1 = 0,5 \rightarrow z_1 = 0,57$$

$$0,88z_2 = 0,8 \rightarrow z_2 = 0,91$$

$$\text{Среднее значение } z = 0,74$$

Таблица 16 - Расчет шихты

Наименование	%/кг	C	Mn	Si	Cr
Стальной лом	15	$0,25 \cdot 0,15 = 0,0375$	$0,4 \cdot 0,15 = 0,06$	$0,45 \cdot 0,15 = 0,0675$	$0,6 \cdot 0,15 = 0,09$
Стружка в брикетах	20	$0,16 \cdot 0,2 = 0,032$	$0,8 \cdot 0,2 = 0,16$	$0,36 \cdot 0,2 = 0,072$	$0,4 \cdot 0,2 = 0,08$
Чугун перелдильный	2,5	$3,0 \cdot 0,025 = 0,075$	$0,3 \cdot 0,025 = 0,0075$	$0,4 \cdot 0,025 = 0,01$	$0,2 \cdot 0,025 = 0,005$
Возврат	30,5	$0,3 \cdot 0,305 = 0,0915$	$0,7 \cdot 0,305 = 0,2135$	$0,3 \cdot 0,305 = 0,0915$	$0,7 \cdot 0,305 = 0,2135$
ФХ0,01 А	0,2	$0,1 \cdot 0,002 = 0,0002$	-	$0,8 \cdot 0,002 = 0,0016$	$68 \cdot 0,002 = 0,136$
Сталь высечка	31,8	$0,3 \cdot 0,318 = 0,0954$	$1,0 \cdot 0,318 = 0,318$	$0,4 \cdot 0,318 = 0,1272$	$0,3 \cdot 0,318 = 0,0954$

ИТОГО:	100	0,3316	0,759	0,3698	0,6199
--------	-----	--------	-------	--------	--------

Для раскисления стали в ковше используется алюминий вторичный в количестве 0,1 кг на 100 кг стали.

3.2. Смесеприготовительное отделение

Смесеприготовительный участок предназначен для изготовления стержневых и формовочных смесей. Отработанная смесь поступает из бункера, после очистки от металлических включений с помощью полигонального сита. Подача кварцевого песка и глины в бункера бегунов производится ленточными транспортерами. Кварцевый песок должен быть сухим, не должен быть замусорен посторонними материалами [11].

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

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

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

Перемешивающий блок включает в себя два вращающихся узла, которые, помимо вращения вокруг своей оси, перемещаются, перекрывая

всю поверхность ванны. Установленные в перемешивающем блоке высокоскоростные роторы обеспечивают быструю активизацию добавок.

За счет использования на каждом вращающемся узле планетарного редуктора процесс перемешивания осуществляется с высокой скоростью.

Каждый вращающийся узел состоит из трех перемешивающихся лопастей с полотнами – скребками, подчищающими поверхность дна ванны. Все узлы снабжены износостойкими накладками. Чистота стенок смесительной ванны поддерживается благодаря двум скребкам, которые также оснащены острыми накладками из износостойкого материала.

Обедненная формовочная смесь подается в бегуны через дозирующую воронку, установленную в верхней части крышки. Подача песка осуществляется через проем с заслонкой-регулятором, оснащенной гидроприводом. Комбинированное действие вращающихся узлов определяется суммой скоростей, создаваемых в ванне планетарным устройством, бегунами интенсивного перемешивания и лопастями – скребками. В результате за ограниченное время цикла перемешивания формовочной смеси придаются оптимальные свойства [2].

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

Разгрузка регенерированной формовочной смеси производится через отверстие, расположенное в днище ванны. Крышка разгрузочного люка поворачивается гидравлическим цилиндром в горизонтальной плоскости. Основные преимущества гидравлического привода по отношению к традиционному редукторному электродвигателю:

- высокая надежность и прочность при одинаковых технических характеристиках;

- возможность подбора оптимальной скорости перемешивания путем изменения частоты вращения вала гидравлического двигателя;

- поглощение инерции, возникающей при незапланированных остановках (отключениях электропитания), при помощи разгрузочного клапана;
- повторный пуск при полной загрузке бегунов с максимально возможным моментом;
- минимальное количество деталей и узлов, нуждающихся в обслуживании;
- возможность размещения гидравлической установки в чистом изащищенном помещении.

Так же в комплект поставки включает машину охлаждения формовочной смеси. Физический принцип, который используется в данной машине – удаление тепла, образующегося при испарении воды, вступающей в контакт с формовочной смесью, за счет принудительной вытяжки пара, образующегося в ванне.

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

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

Контроль соответствия химического состава осуществляется специальными датчиками, которыми оснащен лопастный смеситель R6000, входящий в комплект автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli», (Италия).

Таблица 17 - Техническая характеристика смесительной установки Р6000

Характеристика	Значение
Производительность смесеприготовительной установки, т/ч	60
Зарядка, кг	1200
Мощность, кВт/ч	55
Цикл, с	110

Расход формовочной и стержневой смеси представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Производственная программа смесеприготовительного отделения

Массовая группа	Наименование отливки	Масса отливки, кг	Общее количество отливок на программу с учетом брака, шт.	Масса отливок на программу, кг	Расход формовочной смеси на программу, м ³	Расход стержневой смеси на программу, м ³
0 – 50	Крышка	32,31	78304	2530000	21252	457,9
	Корпус	33,13	90106	2985200	25075,7	540,3
	Букса	36,25	41103	1490000	12516	269,7
	Решетка	37,64	98321	3700800	31086,7	669,8
	Козырек	52,34	23882	1250000	10500	226,3
	Щит	53,78	10673	574000	4821,6	103,9
50 – 100	Корпус	60,10	41747	2509000	21075,6	454,1
	Погон	61,32	11823	725000	6090	131,2
	Плита	70,10	2147	150500	1264,2	27,2
	Ступица	76,34	11137	850200	7141,7	153,9
	Венец	104,66	9555	1000000	8400	181
100 – 150	Уголок	107,57	8264	889000	6898,6	267,6
	Диск	130,41	19186	2502000	19415,5	753,1
	Защита	141,88	6347	900500	6987,9	271,1
	Хомут	148,44	10240	1520000	11795,2	457,5
150 – 200	Крышка	190,02	10788	2050000	15088	617,1
	Рейка	196,20	4386	860500	6333,3	259
	Тяга	201,10	1594	320500	2358,9	96,5
	Стойка	193,12	2723	525800	3869,9	158,3
	Упор	209,40	4381	917350	6751,7	276,1
	Вилка	221,55	3384	749650	5517,4	225,6
ИТОГО:			490090	29000000	234239,9	6597,2

3.2.1. Расчет смесителей

Количество бегунов находим по формуле:

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

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

1,02 – коэффициент учитывающий потери формовочной смеси;

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

T_∂ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность оборудования, т/ч.

$$N = \frac{234239,9 \cdot 1,25 \cdot 1,02 \cdot 1,1}{5542,7 \cdot 60} = 0,98 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одного смесителя модели Р6000.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

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

где N – расчетное количество оборудования, шт.;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

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

3.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение

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

Самый распространенный вид литья - литье в разовые песчаные формы. Этим методом можно изготовить отливки любого размера и веса, независимо от их серийности. В проектируемом цехе используется литье в песчаные формы [11].

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

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

Прессование это единственный способ формовки, обеспечивающий равномерную и плотную набивку по всему объему формы.

Кроме того, прессование обеспечивает хорошие условия труда формовщиков и высокую производительность оборудования. При установке в форму модели при прессовании достигается различная степень уплотнения – над моделью плотность набивки выше, а в карманах она ниже. Определяющим фактором для плотности набивки карманов является соотношение высоты модели и опоки. Использование высоких моделей приводит к различным дефектам вследствие низкой плотности формовочной смеси в карманах модели. Для обеспечения равномерности уплотнения при прессовании необходимо, чтобы глубина проникновения прессовой колодки соответствовала высоте модели. Эта задача решается двумя способами:

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

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

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

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

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

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

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

Технология изготовления форм многоплунжерной головкой состоит из следующих операций:

1. Заполнение формовочной смесью дозатора формовочной машины. Для равномерности заполнения опоки дозатор оснащен заслонками. Установка опоки с наполнительной рамкой на модель.
2. Заполнение опоки с наполнительной рамкой формовочной смесью из дозатора формовочной машины.
3. Подъем рабочего стола формовочной машины. Уплотнение формовочной смеси многоплунжерной головкой пассивного типа.
4. Протяжка модели. Съем готовой формы с формовочной машины.

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

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

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

Импульсным уплотнением реализована предельная дискретность прессовой колодки – на уровне молекул. Но для получения качественных отливок даже такой степени уплотнения недостаточно. Степень уплотнения на контрладе полуформы достигает всего 20-40 ед., т.е. необходимо проводить доуплотнение, так же, как на встряхивающих формовочных машинах.

В формовочной линии практически на всем оборудовании используется гидропривод

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

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

Внутренние поверхности опок очищаются предварительно посредством приспособления очистки. До достижения формовочной машины производится очистка горизонтальных поверхностей опоки, а также штифтов

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

Таблица 19 - Технические данные АФЛ «Belloi&Romagnoli»

Параметр	Значение
Размеры опок в свету(ДхШхВ), мм	1200x800x350/400/500
Производительность, форм/ч	60
Время цикла, с	72
Потребность в формовочной смеси, т/ч	80
Количество разливных мест	60
Время охлаждения, мин	115 (в зависимости от массы)
Общий уровень шума, дБ	82
Формовочная машина	Отдельная станция с турникетом подготовленным для уплотнения «Multipress»
Количество формовочных машин	1
Система формовки	Уплотнение под высоким давлением при помощи «Multipress»
Гидропривод	Централизованный
Давление в гидравлическом контуре, бар	100
Температура масла, °С	50±5
Система электроуправления	Централизованная
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	10
Установленная мощность, кВт	350
Расход сжатого воздуха, нм ³ /ч	180

Опока транспортируется над находящимся в формовочной машине в позиции готовности модельным устройством. Перед формовочной машиной на поворотном столе стоят нижняя и верхняя опоки. Они последовательно вдвигаются в позицию формовки. Модельное устройство вместе с опокой приподнимается к наполнительной раме.

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

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

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

С помощью передающего приспособления нижняя опока укладывается на тележку в транспортной линии, а верхняя опока транспортируется к ветви верхних опок транспортной линии. Фрезерование литниковой воронки и полировка (заглаживание неровностей) литниковой чаши в верхней опоке осуществляется при помощи фрезерного приспособления. Сверление вентиляционных каналов осуществляется также в линии верхних опок. В приспособлении кантователя верхняя опока разворачивается на 180° назад.

Нижние опоки проходят линию установки стержней с позициями ручной установки стержней. Нижняя опока, находящаяся на тележке, достигает приспособления сборки опок. Тележка и нижняя опока находятся в неподвижном состоянии. Верхняя опока находится в плавающем состоянии и при помощи предварительной центровки и подъемного механизма накладывается на нижнюю опоку и автоматически скрепляется.

Окончательная центровка осуществляется штырями и втулками в опоках.

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

Охлажденные формы после транспортировки достигают линию выбивки отливок из форм.

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

Далее ком смеси выдавливается и внутренняя поверхность опоки очищается.

Под приспособлением выталкивания верхних опок находится стационарная виброрешетка. Ее задача также состоит в том, чтобы размельчить отработанную смесь и через транспортный желоб подводить к системе отработанной смеси. Блокирующее приспособление на конце желоба синхронизирует передачу отливки с подъемным движением механизма опускания.

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

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

Перед выталкиванием кома захваты автоматически разъединяются.

Соединение верхней и нижней опоки происходит по точно позиционированным направляющим 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.

3.3.1. Расчет количества формовочных линий

Для расчета количества формовочных линий, воспользуемся данными производственной программы формовочного и стержневого отделений, которая приведена в таблице 20.

Найдём необходимое количество формовочных линий:

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

где Q – количество форм на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

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

T_d – действительный фонд времент работы оборудования, ч;

t - время необходимое для смены моделей и наладкувгод, ч;

Pr – производительность оборудования, форм/ч.

$$N = \frac{171117 \cdot 1,1 \cdot 1}{(5602 - 110) \cdot 60} = 0,57 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одной-формовочной линии «Belloi&Romagnoli» .

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

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

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_z = \frac{0,57}{1} \cdot 100\% = 57\%.$$

Таблица 20 – Производственная программа формовочного и стержневого участков

Массо- вая группа	Наименова- ние отливки	Масса отлив- ки, кг	Общее количество отливок на программу с учетом брака, шт.	Количество стержней на отливку, шт.	Количество стержней на программу, шт.	Количество отливок в форме, шт.	Количество форм на про- грамму, шт.
0 – 50	Крышка	32,31	78304	6	469824	4	19576
	Корпус	33,13	90106	3	270318	4	22527
	Букса	36,25	41103	4	164412	6	6851
	Решетка	37,64	98321	2	196642	2	49161
	Козырек	52,34	23882	3	71646	4	5971
	Щит	53,78	10673	3	32019	2	5337
50 – 100	Корпус	60,10	41747	2	83494	2	20874
	Погон	61,32	11823	2	23646	4	2956
	Плита	70,10	2147	3	6441	2	1074
	Ступица	76,34	11137	1	11137	6	1856
	Венец	104,66	9555	3	28665	4	2389
100 – 150	Уголок	107,57	8264	2	16528	4	2066
	Диск	130,41	19186	2	38372	6	3198
	Защита	141,88	6347	1	6347	1	6347
	Хомут	148,44	10240	2	20480	2	5120
150 – 200	Крышка	190,02	10788	2	21576	2	5394
	Рейка	196,20	4386	0	0	2	2193
	Тяга	201,10	1594	2	3188	2	797
	Стойка	193,12	2723	1	2723	2	1362
	Упор	209,40	4381	2	8762	1	4381
	Вилка	221,55	3384	3	10152	2	1692
ИТОГО:			490090		1486372		171117

3.4. Стержневое отделение

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

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

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

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

Между модельной оснасткой и пескострельной головкой подходит продувная плита, прижимая её стержневым ящиком к пескострельной головке.

Следует подвод газообразного отвердителя (катализатора). После окончания времени продувки газом снимают стол машины, отводят продувную плиту, размыкают боковые пневмоцилиндры и раскрывают двери защитной кабины.

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

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

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

Все отдельные движения и операции управляют пневмосистемой.

Продувная плита изготовлена из алюминия. Компактная конструкция машины вместе с газогенератором сокращает время монтажа на участке её применения до минимума.

Описание механизмов машины.

Колонна машины. Состоит из: массивной сварочной конструкции со стабильной основой, пустотелой колонны, выполняющей функцию воздушного резервуара; в верхней части которой, совмещены пескострельная головка и пескострельный резервуар.

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

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

Таблица 21 – Характеристики стержневого автомата фирмы «АНВ»

Основные характеристики	АНВ - 10	АНВ - 20	АНВ - 30
Объём впрыскиваемой порции, л	10	20	30
Прижимное усилие машинного стола, daN	4200	6500	11000
Удерживающее усилие машинного стола, daN	8400	13000	22000
Ход цилиндра машинного стола, мм	300	400	400
LW взрыв. головка – машинный стол, мм	540	740	840
Натяжное усилие боковин, daN	2600	4200	6500
Удерживающее усилие боковин, daN	5200	8400	13000
Ход цилиндров боковины, мм	200	400	400
LW при открытых боковинах, мм	740	990	990
Натяжная плита высота x глубина, мм	200x400	400x600	400x600
Удерживающие усилие натяжных плит, кг	550	1300	1650
Максимальный вакуум, бар	-0,8	-0,8	-0,8
Ход цилиндра верхней части, мм	320	320	320
Ход цилиндра выбрасывателя, мм	90	110	110
Плита выбрасывателя ШХГ, мм	180x280	240x380	300x400
Вес машины, кг	3000	4500	5000
Вес защитной кабины, кг	800	900	1000
Размеры стержневого ящика			
Макс. ширина стерж. ящика верт./гор., мм	400/700	450/990	500/990
Мин. ширина стержневого ящика, мм	150	200	200
Макс. высота стержневого ящика, мм	450	670	770
Мин. высота стержневого ящика, мм	240	340	440
Макс. глубина стержневого ящика, мм	700	800	1000
Макс. диапазон выстреливания ШЧГ, мм	360x360	550x550	550x550
Макс. диапазон газирования ШЧГ, мм	440x440	600x600	600x600
Макс. вес стержневого ящика, кг	300	800	1000
Макс. вес верхней части стерж. ящика, кг	250	300	400
Макс. давление выстреливания, бар	5,5	5,5	5,5
Время цикла машины (переменные)			
Стержневой ящик с гориз. разделением, сек	12	17	18
Стержневой ящик с верт. разделением, сек	13	18	19
Стержневой ящик с гориз./верт. разделением, сек	15	20	21
Гидравлика / энергия / расход			
Макс. давление гидравлики, бар	250	250	250
Макс. рабочее давление гидравлики, бар	210	210	210
Кол-во масла для гидравлики, л	200	200	200
Общая мощность при 400 В, 50 Гц	5	8	8
Расход воздуха при 6 барах прим., мЗ/ч	5	7	7
Отсасываемый объём кабины прим., мЗ/ч	2000	3500	4000

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

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

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

Газогенератор. Для равномерного и быстрого отверждения литейных стержней применяют газообразные отвердители и газогенераторы. Газогенератор служит для эффективного испарения жидких отвердителей и катализаторов. Испарение происходит в нагревателе газогенератора.

Газообразный отвердитель (катализатор) вводят через продувную систему в заполненную стержневой смесью модельную оснастку.

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

В корпусе газогенератора размещены бочка для снабжения жидким амином, ёмкость для подачи метилового формиата, насос для дозировки амина, насос для дозировки метилового формиата и нагреватель. Вентильный блок находится за корпусом газогенератора. Пульт управления газогенератора расположен перед пескострельным автоматом. Из-за обеспечения качественной вентиляции рабочего места, вентиляционную систему включа-

ют до пуска газогенератора. Во время рабочего цикла дверь газогенератора надо держать всегда в замкнутом состоянии.

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

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

Дозировку отвердителя (катализатора) проводят непосредственно до начала процесса изготовления стержней из-за того, что испарение катализатора происходит за короткое время. Из-за того, что нагреватель располагает достаточным объёмом, не существует опасность, что во время испарения отвердителя (катализатора) его газовое давление не может нарастать до значений, при которых протекает его конденсация. Если это было бы возможно, расход отвердителя (катализатора) нарастает, а верхние и нижние части стержня не отверждаются из-за конденсации амина. Основное правило, которое надо соблюдать при процессах с холодным отверждением и газовой продувкой, это чем газообразнее отвердитель (катализатор), тем выше скорость отверждения и тем лучше качество стержня.

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

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

3.4.1. Расчет стержневых машин

Количество стержневых машин определяем по формуле:

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

где Q – количество стержней на годовую программу, шт;

1,1 – коэффициент учитывающий брак форм;

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

T_∂ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

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

Pr – производительность оборудования, стержней/ч.

Рассчитаем количество стержневых машин АНВ – 10 для изготовления мелких стержней с производительностью 300 стержней/ч:

$$N = \frac{1204861 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 103) \cdot 300} = 0,83 \text{ шт.}$$

Рассчитаем количество стержневых машин АНВ – 20 для изготовления средних и крупных стержней с производительностью 180 стержней/ч:

$$N = \frac{281511 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 110) \cdot 170} = 0,35 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно одной стержневой машин АНВ – 10 и одной стержневой машин АНВ – 20.

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 АНВ – 10:

$$K_3 = \frac{0,83}{1} \cdot 100\% = 83\%.$$

Для АНВ – 20:

$$K_3 = \frac{0,35}{1} \cdot 100\% = 35\%.$$

3.5. Термообрубное отделение

После выбивки отливки подвергаются термической обработке для снятия внутренних напряжений и получения определенной структуры металла и физико-механических свойств. Пройдя термическую обработку, отливки на передаточной тележке подаются на обрубное отделение, где производится обрубка, очистка литников, выпоров, прибылей при помощи пневмозубил и газопламенной резки [12].

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливок и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников [12].

Механизация очистки поверхности отливок на участке обрубки осуществляется с помощью одностороннего обдирочно-шлифовального станка, машины зачистной 0Л9968-205, а так же с применением пневматических машинок и сменных борфрез.

Для очистки отливок в цехе применяются дробеметный барабан периодического действия модели 42236, так как имеет высокую производительность.

Чем сложнее сталь по своему химическому составу, т.е. чем больше в ней содержится углерода, различных примесей и добавок, тем она менее теплопроводна. При разработке технологии нагрева крупных изделий

из легированной стали сложного состава скорость нагрева иногда назначают в 2-3 раза меньше, чем может дать нагревательный агрегат, чтобы не вызвать больших внутренних напряжений из-за большой разницы температуры между поверхностью и сердцевиной изделия [13].

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

Температуру нагрева при термообработке устанавливают в зависимости от марки стали и назначения термической обработки.

Сталь 32Х06Л подвергается закалке с отпуском. Отливки нагревают до температуры 880-900⁰С, охлаждают в водной среде при температуре 30⁰С, затем снова нагревают до температуры 670-700⁰С и охлаждают на воздухе [13]. Детали, поступающие на термический участок, проходят контроль: проверяется марка стали и номер детали по сопроводительному документу (накладной), внешний вид и поверхностные дефекты на соответствие требованиям чертежа. Контейнер с деталями транспортируется к агрегату для термообработки. Закально-отпускной толкательный агрегат состоит из двух печей. Нагрев осуществляется природным газом. Печи трехзонные [14].

Контроль температуры осуществляется с помощью потенциометра КСП-3. Детали, в количестве 4 штук укладываются с помощью грузозахватного приспособления на поддон (две стопки по две штуки).

Толкателем поддон с деталями проталкивается в пространство печи, разогретой до технологической температуры $880 \pm 10^{\circ}\text{C}$, заслонка печи закрывается. Темп толкания – 0,5 часа.

Время нахождения деталей в печи – 5 часов. После выхода из печи поддон с деталями опускают в воду, температура воды – 30°C . Закаленные детали затем поступают в отпускную печь, разогретую до температуры $670 \pm 20^{\circ}\text{C}$. Темп толкания-0,1 часа.

Время нахождения деталей в печи –3 часа. После проведения отпуска поддон с деталями охлаждается в воде. Температура воды в баке охлаждения должна быть не менее 15°C .

Готовые отливки подвергаются окончательному контролю ОТК.

Незначительные дефекты на неответственных поверхностях отливок могут быть исправлены.

Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка. Годные отливки отгружаются потребителям.

Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются в скрап на переплав.

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

Количество печей для термообработки отливок определяем по следующей формуле, учитывая что производительность печи 3,5 т/ч:

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

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_{∂} – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

Pr – производительность оборудования, стержней/ч.

$$N = \frac{29000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 3,5} = 1,6 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно двухпечей для термообработки.

Коэффициент загрузки оборудования определим по формуле:

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

где N – расчетное количество оборудования, шт;

N_{np} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_з = \frac{1,6}{2} \cdot 100\% = 80\%.$$

Пройдя термическую обработку, отливки на передаточной тележке подаются на обрубное отделение, где производится обрубка, очистка литников, выпоров, прибылей при помощи пневмозубил и газопламенной резки.

Очистка отливок заключается в очистке поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смеси и удалении заливов и неровностей, следов после обрезки или отбивки литников [12].

Для очистки отливок в цехе применяем дробеметный барабан периодического действия модели 42236, так как имеет высокую производительность.

Техническая характеристика очистного барабана модели 42236 указана в таблице 22.

Таблица 22 – Техническая характеристика очистного барабана

Характеристика	Значение
Назначение	Выбивка, очистка
Тип пода	Металлический
Объем загрузки, м ³	1,2
Наибольшая масса загрузки барабана, кг	3000
Наибольшая масса очищаемого изделия, кг	500
Наибольшая объемная диагональ очищаемого изделия, мм	700
Масса дробы, выбрасываемая дробеметным аппаратом, кг/мин	800
Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	18200
Габариты (ДхШхВ), мм	6000х7000х6000

Рассчитаем необходимое количество дробеметных 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.

$$N = \frac{29000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 3} = 1,9 \text{ шт.}$$

Для выполнения производственной программы достаточно двух-дробеметных барабан модели 42236.

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.

$$K_3 = \frac{1,9}{2} \cdot 100\% = 95\%.$$

3.6. Внутрицеховой транспорт

Подача сырья в цех и вывоз готовой продукции осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом [14].

Участки цеха оборудованы электромостовыми кранами грузоподъемностью от 5 до 25 т, которые предназначены для транспортировки форм и заливки форм жидким металлом, а также для ремонтных мероприятий.

В автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) предусмотрен свой транспорт: рольганги, передаточные тележки, передаточные агрегаты, кантователи.

Путь транспортировки контролируются мерными линейками с электронным устройством. За счёт этого исключаются ошибки позиционирования. Производительность транспортных устройств линии 80 т/ч, что вполне обеспечивает выполнение производственной программы.

Опорные ролики рольгангов индуктивно закалены и поэтому имеют длительный срок службы и не требуют технического обслуживания.

Для предотвращения ошибочных функций и столкновений во время транспортировки все передаточные тележки оснащены системой контроля загруженности. Пневмотранспорт предназначен для транспортировки сухих сыпучих веществ на различные расстояния. В нашем проекте мы используем пневмотранспорт фирмы «Belloi&Romagnoli», тип применяемого нагнетателя BR600. Принцип передачи песка «полная труба». Производительность 6 тонн в час.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

С развитием новых технологий большое значение уделяется охране труда, тяжелые и вредные этапы труда автоматизируются и механизмируются.

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых – обязанность администрации. На стадии проектирования необходимо учитывать все требования по устранению и ослаблению вредных воздействий на трудящихся, предупреждению несчастных случаев и содержанию мест работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии. В настоящем проекте обеспечиваются основные требования охраны труда с учетом внедрения передовой технологии и улучшения технологического процесса.

Для регламентации условий труда важное значение имеют различные классификации по тяжести работы, по опасности помещений. По энергетическим затратам литейное производство относится к средней тяжести 150–250 ккал/ч выполняемых работ. Каждое производственное здание должно быть надежным в эксплуатации, долговечным и удовлетворять противопожарным требованиям. Высота пешеходных галерей, эстакад, переходов при регулярном проходе работающих 2 м, ширина – 1,5 м. Все площадки на высоте 0,5 м от пола, лестницы, переходные мостики, люки ограждаются перилами высотой не менее 1,2 м со сплошной облицовкой по низу на высоте 0,2 м. Лестницы должны иметь уклон не более 75° . На рабочих местах при легкой работе и работе, не требующей постоянного передвижения, полы устраивают теплыми [16].

Площадь остекленных проемов составляет от 20 до 30% площади наружных стен. Для проветривания производственных помещений предусматривают открывающиеся устройства в окнах площадью не менее 20% общей площади световых проемов. В системе механической приточной вентиляции рекомендуется предусматривать очистку воздуха от пыли в рабочей зоне помещений [15].

Охрана труда и здоровье трудящихся на производстве является наиважнейшей задачей. При решении задач необходимо четко представлять сущность процессов и отыскать способы, устраняющие влияние на организм вредных и опасных факторов и исключаящие по возможности травматизм и профессиональные заболевания.

При улучшении и оздоровлении условий работы труда важными моментами, является комплексная механизация и автоматизация технологических процессов на производстве. Так как охрана труда наиболее полно осуществляется на базе новой технологии и научной организации труда, то при проектировании нового цеха используются новейшие разработки.

Все вышеупомянутые вопросы мы учли в данном дипломном проекте. Использование вместо встряхивающих формовочных машин автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli», (Италия), принцип формообразования в которой прессы ведёт к резкому снижению выброса пыли, уровня вибрации, высвобождает людей от тяжелого ручного труда, снижает количество опасных физических факторов воздействующих на лиц обслуживающих данную линию (движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования).

4.1. Характеристика технологического процесса

Проектируемый цех включает в себя следующие отделения:

Плавильное отделение и шихтовый двор. Здесь производятся такие операции как плавка металла в электродуговых печах; ремонт ковшей их сушка и подогрев, выбивка сводов. Эти операции сопровождаются следующими вредными производственными факторами: пыль, содержащая оксиды металлов, нагревающий микроклимат, инфракрасное излучение, среднечастотный шум, локальная вибрация.

Формовочно-заливочно-выбивное отделение. Изготовление полуформ сопровождается шумом и выделением кварцесодержащей пыли. При заливке форм металлом выделяется пыль, содержащая свободный диоксид кремния, оксиды металлов, оксид углерода. Имеется нагревающий микроклимат и инфракрасное излучение. Выбивка форм сопровождается выделением кварцесодержащей пыли, имеется вибрация и шум.

Стержневое отделение. Здесь производится изготовление стержней пескодувным способом из холоднотвердеющей смеси. Все операции в этом отделении сопровождаются выделением кварцесодержащей пыли, диоксида углерода, продуктов испарения связующих и катализаторов, аэрозоля красок и шумом. Свежеприготовленная смесь ХТС выделяет в атмосферу цеха вредные газы.

Смесеприготовительное отделение. При изготовлении смесей в бегунах наблюдается выделение кварцесодержащей пыли, имеется среднечастотный шум.

Отделение финишных операций. Здесь производятся следующие операции: выбивка стержней, очистка литья дробеструйно-дробеметным методом, газовая резка, термическая обработка, грунтовка и окраска отливок. Все операции характеризуются большим выделением пыли, теплоты, шума и вибрации.

4.2. Требования к помещениям, вентиляции, эргономике.

Микроклимат производственных помещений

Одним из наиболее важных факторов в обеспечении высокой производительности труда и профилактике заболеваний является благоприятный климат на рабочем месте. Величина температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, устанавливаемые для рабочей зоны производственных помещений с учетом тяжести выполняемой работы и периода года, подразделяются на оптимальные и допустимые.

Автоматическая формовочная линия фирмы «Belloi&Romagnoli», (Италия) позволяет проводить дистанционное управление процессом, увеличивая расстояние между рабочим и источником тепла или излучения.

Корпуса смесителя и бункера отработанной смеси имеют встроенную теплоизоляцию с водяным охлаждением (расход воды 7 м³/ч), которая согласно техническим характеристикам снижает уровень теплового излучения на 95%.

Одним из этапов является и изменение системы вентиляции по СНиП 41-01-2003 [16]. Совместно с запуском формовочной линии планируется запуск приточно-вытяжной вентиляции. Местная вытяжная вентиляция устанавливается непосредственно на рабочих местах. На вытяжной вентиляции применяются предохранительные сетки на всасывающем патрубке. Местная приточная вентиляция установлена на заливочной площадке. Количество подаваемого воздуха регулируется клапанами и заслонками.

Для обеспечения воздухообмена согласно нормам в цехе предусмотрена общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Для получения расчетного воздухообмена вентиляционные проёмы в стенах, а также в кровле здания (аэрационные фонари) оборудуют фрамугами, которые открываются и закрываются с пола помещения.

Воздух производственной среды постоянно подвергается воздействию опасных и вредных факторов, формируемых протекающими в этой среде технологическими процессами.

К этим факторам относятся выделения пыли, жидких и газообразных химических веществ.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентрации.

В таблице 22 приведены значения ПДК основных вредных веществ, выделяющихся в литейном цехе на участке формовки.

Таблица 22 - ПДК основных вредных веществ

Наименование вредного вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м	Реальное содержание, мг/м ³
Окислы железа	4	4	2,8
Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70% (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.)	3	2	1,5

Основными источниками выброса пыли являются: выбивные решётки участок формовки.

Автоматическая формовочная линия фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) позволяет проводить дистанционное управление процессом, увеличивая расстояние между рабочим и источником выброса вредных примесей. Для очистки воздуха на линии предусмотрено 18 местных, автономных фильтров с автоматическим очистным устройством. Зонты фильтров расположены по всей длине линии.

Данная система обладает высокой степенью очистки загрязненного воздуха от сухих частиц различных видов пыли и дыма, размером от 300 до 0,05 мкм и менее. Эффективность очистки достигает 99,9%. Фильтр имеет большую производительность при минимальной потере давления и обеспечивает низкие эксплуатационные затраты.

Также смесеприготовительная установка имеет герметичный бункер, в котором происходит смешивание. Над выбивной решёткой и под ней находятся мощные вытяжные зонты, по периметру находятся экраны, которые максимально ограничивают выброс пыли в стороны.

Автоматическая формовочная машина «Belloi&Romagnoli», в которой формообразование происходит за счёт прессования, снизит уровень выброса пыли на рабочем месте формовщика.

В целях поддержания нормальной температуры в рабочей зоне формовщика в холодное время года, предусмотрена система водяного отопления по всему периметру производственной площади, в конторках установка тепловых завес на воротах цеха (калориферов) и установка оконных рам с двойным остеклением.

На паропроводах, подающих пар к калориферам, необходимо сделать тепловую изоляцию с экраном из алюминиевой фольги.

При проектировании на 1 формовщика приходится: объем производственного помещения 540 м³, площадь 36 м², высота производственных помещений – 15 м, что не противоречит требованиям СНиП 2.01.02-85 [17].

4.3. Санитарно-гигиенические требования.

Работа формовщика относится к 2б категории тяжести работ. Исходя из этого, устанавливаются нормируемые значения показателей микроклимата в рабочей зоне согласно ССБТ ГОСТ 12.1.005-88* [18]. Сравнительная характеристика допустимых показателей в рабочей зоне формовщика приведены в таблице 23 [19].

Таблица 23 - Микроклимат в рабочей зоне формовщика

Показатель микроклимата	Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Допустимые в соответствии с СПиН 2.2.4.548-96	Холодный	Пб (233-290)	15 – 22	15 – 75	0,2 – 0,4
	Теплый	Пб (233-290)	16 – 27	15 – 75	0,2 – 0,5
Фактические	Холодный	Пб (233-290)	12 – 20	40 – 50	0,2 – 0,3

	Теплый	Пб (233-290)	18 – 28*	50 – 60	0,3 – 0,5
--	--------	--------------	----------	---------	-----------

Для отопления цеха в зимний период запроектированы калориферы. В летнее время открывают окна фонари и включают кондиционеры, что создаст благоприятный микроклимат для работы формовщика.

Освещение производственных помещений

Освещение является одним из важнейших производственных условий работы. Через зрительный аппарат человек получает около 90% информации.

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

В соответствии со СНиП 23-05-95* [23] освещение должно обеспечивать санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности во времени и правильность направления светового потока.

Для безопасного продолжения работы или выхода людей из помещений при внезапном отключении света предусмотрена система аварийного освещения. Светильники аварийного освещения присоединены к сети, независимой от сети рабочего освещения, то есть автономны.

В цехе, конкретно на рабочем месте формовщика используем совмещенное освещение. На протяжении всей формовочной линии установлено локализованное освещение, позволяющее следить за ходом работы линии. Также на рабочем месте формовщика и вдоль проходов в цехе (эвакуационные пути) предусмотрено аварийное освещение, позволяющее рабочему в случае аварии покинуть опасную зону.

Цех имеет самостоятельные отделения и участки, характеризующиеся различными разрядами зрительных работ и расстоянием от объекта различения до глаз работающего. У формовщика разряд зрительных работ – Шб средний, то есть в соответствии со СНиП 23-05-95 [23] норма освещённости при искусственном освещении при системе комбинированного (общее + местное) освещения составляет всего – 750 лк, в том числе от общего 200 лк. Коэффициент освещенности при комбинированном освещении КЕО $e_n = 3,0\%$.

Защита от шума и вибрации

Шум – беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, отрицательно действует на организм человека, мешает полноценной работе и приводит к ряду профессиональных заболеваний.

Допустимый уровень шума для производства регламентируется ГОСТ 12.1.003-90 [24]. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [25] предельно допустимый, эквивалентный (по энергии) уровень звука для непостоянных шумов устанавливается 80 дБА.

В данный момент в цехе источниками выделения шума являются: дробеметные барабаны, стержневые и формовочные машины, выбивные решетки, транспорт, галтовочные барабаны, пневмомолотки. В смесеприготовительном, стержневом, формовочном, термообрубном отделениях цеха уровень звукового давления колеблется в пределах 60-80 дБА [26].

Внедрение автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» (Италия) позволяет снизить уровень звукового давления до 60-70 дБА. Прежде всего, это происходит за счет изменения способа формообразования, то есть ударный процесс (встряхивание) заменён на безударный (прессование).

В линии на приводах предусмотрена система шумоподавления – это адсорбционные глушители, содержащие звукопоглощающий материал, которые находятся в корпусе линии вблизи источников шума.

В качестве средств индивидуальной защиты от шума применяются берушные вкладыши (беруши «PHONSTOP», коэффициент шумопонижения – 18 дБ ГОСТ 12.4.051-87 [28]), наушники ГОСТ 12.4.091-80 [27], шлемофоны.

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией.

Вибрация оказывает вредное воздействие как на отдельные, так и на организм в целом, вызывая вибрационную болезнь. Страдает в первую очередь нервная система и анализаторы.

Устранение вредного воздействия вибрации достигается путём снижения вибрации в источнике вибродемпфирования, динамического гашения вибрации, виброизоляции, использования виброгасящих оснований.

Допустимые уровни вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-90 [29]. В литейном цехе уровень вибрации не должен превышать 92 дБ.

По результатам опытных замеров в проектируемом цехе уровень вибрации колеблется в пределах 86 дБ [29].

В автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli»(Италия) применяется автоматическая формовочная машина Belloi&Romagnoli, в которой формообразование происходит за счёт прессования, уровень вибрации на рабочем месте формовщика снизится до минимума.

Предлагаемые мероприятия надежно защитят обслуживающий персонал на производстве во время всей смены от вредного воздействия шума и вибрации.

Техника безопасности при использовании грузоподъемных механизмов

В цехе находятся следующие грузоподъемные механизмы: мостовые краны и заливочные краны. Подъем и перемещение грузов, производимых

в технологических целях, выполняется в соответствии с требованиями техники безопасности.

На автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli»(Италия) передача форм происходит при помощи напольного транспорта (передаточные тележки) без использования ГПМ при этом в зоне нахождения людей запрещено.

Для обеспечения безопасности формовщика при работе с ГПМ и в зоне работы ГПМ необходимо соблюдать следующие требования:

- к работе на грузоподъемных механизмах допускаются аттестованные по соответствующим профессиям (крановщик, стропальщик и т. д.);

- перед началом работ проверяется исправность ГПМ, то есть проверка ГПМ на холостом ходу, проверка тормозов и т.д., а также произвести осмотр грузозахватных приспособлений и грузоподъемной тары, т.е. наличие бирок, табличек с указанием даты испытаний (ЧТО и ПТО) и допускаемой грузоподъемности;

- подвешивание опок к крюку грузоподъемного устройства должно осуществляться с помощью строп или цепей. Все цепи должны иметь бирку с указанием даты испытания и грузоподъемности;

- грузоподъемная тара (металлический ящик с размерами 1000x1000x400), используемая в цехе, изготовлена только согласно специально разработанным чертежам;

- перед подъемом ковша его сначала приподнимают на высоту 20-25 см от пола и убедившись в исправности тормоза, подают звуковой сигнал (на кранах), продолжают работу;

- место установки ковша должно быть заранее подготовлено (очищено от металлического скрапа) и должно обеспечивать устойчивое положение ковша и возможность снятия грузозахватных приспособлений;

- ремонт и обслуживание ГПМ проводится специальным ремонтным персоналом.

Все ГПМ снабжены конечными выключателями, звуковой сигнализацией, тормозными и удерживающими устройствами.

4.4. Требования ТБ

4.4.1. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность в цехах промышленных предприятий обеспечивается мероприятиями пожарной профилактики. Пожарная профилактика достигается путём комплекса технических и организационных мероприятий направленных на предотвращения взрывов и пожаров, на их локализацию и создания условий для успешного тушения пожаров.

Цех отнесён к пожароопасной категории Г, как связанное с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскалённом и расплавленном состоянии, процесс обработки, которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и в котором газообразные вещества используются в качестве топлива. В соответствии со СНиП 2.0102-85 [15] здание литейного цеха относится к II степени огнестойкости.

Основными причинами возникновения пожара в литейном цехе являются:

- неисправность электрооборудования и проводки;
- нарушение технологического процесса при разливке металла;
- сварочные работы в тоннелях.

Пожарная безопасность в цехе и непосредственно на рабочих местах, должна обеспечиваться:

- наличием системы оповещения и управления эвакуацией;
- наличием средств индивидуальной и коллективной защиты людей;
- наличием средств пожаротушения:
- не загромождать эвакуационные пути и выходы;
- покрыть стены и потолок цеха огнезащитными покрытиями;
- не устанавливать на окна металлические решётки и армированные стёкла;
- эвакуационное освещение должно включаться автоматически при прекращении электропитания рабочего освещения;
- регулярно проводить обучение персонала действиям в случае возникновения пожара.

Количество огнетушителей для помещения категории Г, классе пожара В составит: пенный огнетушитель вместимостью 10 литров – 6 шт, порошковый огнетушитель емкостью 5 литров – 6 шт, расстояние между дублирующими огнетушителями, должно быть не более 40м, также применяется етсмякошмы и асбополотно.

В помещениях АБК и в тоннелях цеха запрещается курить и применять открытый огонь, о чём на наружных дверях указанных помещений и внутри них должны быть установлены запрещающие знаки безопасности. Курение разрешается только в специально отведенных и оборудованных местах.

При изготовлении форм на линии используется вода, бентонит, песок, крахмал. Материалов, способных образовывать взрывоопасную среду нет.

Соблюдение правил пожарной безопасности позволит предотвратить возникновение пожаров.

4.4.2. Электробезопасность.

Все электрооборудование в цехе стального литья должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» [20], а его эксплуатация – «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» [21].

Меры по обеспечению электробезопасности по ГОСТ 12.1.019-2009 [22]. По степени опасности поражения людей электрическим током цех относится к помещениям 3 класса – с повышенной опасностью, так как в цехе практически все технологическое оборудование, работает от электрического тока. В цехе присутствуют постоянно два или более условия повышенной опасности (сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура).

Меры по обеспечения электробезопасности формовщика:

- все электрошкафы и электрощитки, расположенные на формовочном участке, должны быть надежно закрыты;

- в электрической схеме формовочной линии предусмотрена защита потребления от перегрузки и коротких замыканий;

- при работе с электрооборудованием не следует прикасаться к его токоведущим частям, оборудованию и металлоконструкциям, которые оказались под напряжением из-за нарушения изоляции;

- все нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при не исправной изоляции имеют защитное зануление;

- применение предупредительных плакатов на опасных местах.

Например: «Стой! Опасно для жизни!», «Под напряжением!», «Не включать! Работают люди!», «Стой! Напряжение», «Не влезай! Убьет»;

- сопротивление изоляции должно составлять 1 кОм на каждый вольт напряжения установки.

Для защиты от поражения электрическим током в помещениях с особой опасностью применяют пониженные напряжения питания электроустановок 36 и 12 В. Такие установки расположены в туннелях и местах пересыпки земли, а также где наблюдается повышенная влажность.

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

5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

5.1. Глобальные экологические проблемы

Проблема защиты окружающей среды является одной из наиболее важных проблем многих стран мира. Загрязнение атмосферы уже сейчас угрожает существованию растительной и животной жизни.

Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу индустриально-развитых стран могут повлечь за собой самые серьезные последствия. Поэтому для сохранения природного равновесия, нужны организованные действия по защите окружающей среды.

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

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

Предпосылки для повышения кислотности атмосферной воды возникают, когда промышленные предприятия выбрасывают большие объе-

мы оксидов серы и оксидов азота. Наиболее характерные источники таких загрязнений – это выхлопные газы автомобилей, металлургическое производство и тепловые электростанции (ТЭЦ). К сожалению, современный уровень развития технологий очистки не позволяет отфильтровывать соединения азота и серы, которые возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья, используемого в промышленности. В итоге такие оксиды попадают в атмосферу, соединяются с водой в результате реакций под действием солнечного света, и выпадают на землю в виде осадков, которые и называют «кислотные дожди».

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

Большинство технологических процессов в литейном цехе сопровождается выделением в производственные помещения пыли и газов.

Неизбежный рост промышленного производства и, следовательно, дальнейшее увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу могут повлечь за собой самые серьезные последствия.

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

5.2. Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Технология производства отливок из стали для машиностроения сопровождается использованием исходного сырья получением чистой

продукции и образованием отходов. Схема технологического процесса (ТП) приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема технологического процесса

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

Энергоресурсами служат природный газ, электроэнергия.

Входе ТП образуются материальные и энергетические отходы: материальные отходы подразделяются на жидкие (сточные воды), твердые (скрап, шлак, пыль, и т.д.) и газообразные (оксид углерода, диоксид азота).

К энергетическим загрязнениям относятся шум и тепловые выбросы, электромагнитное излучение, вибрация.

Сточные воды образуются при охлаждении оборудования, печей.

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

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

При выплавке металлов формируются шлаки, основу которых составляют оксиды. Это наиболее массовый вид отходов. Работа металлургических агрегатов сопровождается выносом пыли с отходящими газами. При мокрой газоочистке эта пыль в отстойниках превращается в кашеобразную массу (шлам).

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

Вибрационные колебания возникают на участке выбивки, где происходит выбивка отливок.

Источником электромагнитного излучения и шума является работающее оборудование, тепловые выбросы образуются в процессе плавки и разливки металла а так же вибрация.

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

Основные характеристики технологического процесса приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Основные материально-энергетические показатели ТП

Показатели	Количество	Ед. изм.
1. Сырье		
Лом и отходы	43,36	тыс. т/год
Чугун передельный	1,1	тыс. т/год
Ферросплавы	0,09	тыс. т/год
Сжатый воздух	0,15	млн м ³ /год
Вода оборотная	19,2	тыс. м ³ /год
2. Энергия		
Электрическая	11	млн. кВт·ч
Природный газ	55	тыс. м ³ /год
Пар	32	тыс. кДж/год
3. Продукция		
Отливки	29	тыс. т/год
4. Отходы материальные		
Угар и потери	0,66	тыс. т/год
Пыль	1,1	тыс. т/год
Шлак	1,9	тыс. т/год
Оксид углерода	0,55	тыс. т/год
Диоксид азота	0,22	тыс. т/год
Сточные воды	3,5	тыс. м ³ /год
Взвешенные вещества	13	тыс. т/год
5. Отходы энергетические		
Шум	85 – 130	дБА
Тепло отходящих газов	1,5	млн. кДж/год
Вибрация	50	Дб

5.3. Основные требования экологизации проекта

Литейное производство является экологически не безопасным, поэтому необходимо соблюдение санитарно-гигиенических норм, приведенных в таблице 25.

Таблица 25 – ПДК вредных веществ и ПДУ воздействия, выбрасываемых цехом

Показатели технологического процесса	Единица измерения	Нормируемое значение
Пыль металлургическая	мг/м ³	0,5/0,15
Оксид углерода	мг/м ³	0,5/0,05
Диоксид азота	мг/м ³	0,085/0,04
Взвешенные вещества	мг/л	20
Производственный шум	дБА	80
Температура	⁰ С	16 – 24

Вибрация	Дб	50
----------	----	----

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

5.4. Мероприятия по экологизации технологического процесса.

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

Для очистки отходящих газов предусматривается использование скрубберов, циклонов, газоочистных фильтров.

Установка автоматической формовочной линии фирмы «Belloi&Romagnoli» позволит значительно снизить выброс пыли в воздух рабочей зоны.

Уменьшение выброса тепловой энергии в атмосферу достигается применением котлов–утилизаторов. В дальнейшем, тепло отходящих газов используется для подогрева воздуха приточной вентиляции.

В проектируемом цехе предусматривается использование твердых отходов. Отработанная формовочная и стержневая смесь подвергается регенерации и последующему использованию в технологическом процессе.

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

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

Планируемый средний удельный расход воды представлен в таблице 26.

Таблица 26 - Средний удельный расход воды, м³/час

Оборотная во-	Свежая вода из источников	Безвозвратные потери	Сточные воды
---------------	---------------------------	----------------------	--------------

да			
66	12	2,4	9,6

При проектировании нового цеха для сравнения экологичности ТП использовался общепринятый мартеновский способ.

Для снижения количества выбросов в воздух рабочей зоны предусматривается установка ДППТ-6, что позволит при сохранении объема выплавляемого металла уменьшить количество выбросов в атмосферу за счет использования современного оборудования по очистке газопылевых выбросов.

Сравнительный анализ выбросов мартеновской печи и печи ДППТ – 6 представлен в таблице 27, [29], [30].

Таблица 27 - Сравнительный анализ выбросов

Показатель	Мартен	ДППТ – 6
Пыль, мг/м ³	23,2	11,4
Количество шлака на 1 т. металла, т	0,81	0,16
Оксид железа, мг/м ³	3,0 – 4,75	3,0 – 3,75
Оксид углерода, мг/м ³	19,75 – 19,95	14,35 – 16,5
Оксид азота, мг/м ³	4,08 – 4,53	3,02 – 3,41
Кремний содержащая пыль, мг/м ³	1,6 – 1,95	1,5 – 1,75

Из таблицы видно, что при использовании ДППТ-6 происходит снижение выбросов примерно в 1,5-2 раза.

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс экологичным, ресурсо- и энергосберегающим, поскольку количество вредных воздействий на окружающую среду будет сведено к минимуму, за счет применения современного автоматизированного оборудования, имеющего высокую степень очистки от вредных веществ, внедрению оборотного водоснабжения и регенерации смеси.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Расчет численного состава рабочих

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

Расчёт явочной численности рабочих выполняем по формуле:

$$N_{я} = H_i \cdot A_i \cdot C_i,$$

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

A_i – количество одновременно работающих однотипных агрегатов, шт.;

C_i – число смен в сутки.

Списочное число рабочих определяем по формуле:

$$N_{cn} = N_{я} \cdot K_{cn},$$

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

Баланс рабочего времени основных рабочих представлен в таблице 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	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.			К _{сп}
					Явочное		Списочное	
					В смену	В сутки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плавильное отделение ДППТ-6				2				1,16
Сталевар	5	3	1		2	6	7	
Подручный	5	3	1		2	6	7	
Огнеупорщик	3	3	1		2	6	7	
Шихтовщик	3	3	1		2	6	7	
Заливщик	3	3	1		2	6	7	
Итого					10	30	35	
Формовочное отделение АФЛ «Belloi&Ramagnoli»				1				1,16
Сборщик форм	3	3	2		2	6	7	
Формовщик	4	3	2		2	6	7	
Формовщик	5	3	2		2	6	7	
Итого					6	18	21	
Стержневое отделение Автомат АНВ - 10				1				1,16
Стерженщик	4	3	2		2	6	7	
Автомат АНВ - 20				1				
Стерженщик	5	3	2		2	6	7	
Итого					4	12	14	
Смесеприготовительное отделение Сушильные печи песка				2				1,16
Сушильщик	3	2	1		2	6	7	

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 Р6000				1				1,16
Земледел	4	3	2		2	6	7	
Итого					4	12	14	
Термообрубное отделение Выбивная решетка				1				1,16
Выбивщик	3	3	2		2	6	7	
Пост газорезки				2				
Газорезчик	4	3	1		2	6	7	
Машина зачистная ОЛ9968-205				4				
Обрубщик	3	3	1		4	12	14	
Обдирочно-шлифовальный станок				4				
Шлифовщик	4	2	1		4	12	14	
Термопечь				2				
Термист	3	3	2		4	12	14	
Итого					16	48	56	
Всего производственных рабочих					40	120	140	

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	4	12	14	1,14
Слесарь по ремонту оборудования	3	3	2	6	7	
Электрик по ремонту оборудования	4	3	2	6	7	
Кладовщик	2	3	2	6	7	
Лаборант экспресс-лаборатории	4	3	3	9	11	
Водитель внутрицехового транспорта	2	3	2	6	7	
Слесарь-сантехник	3	3	2	6	7	
Контролер ОТК	3	3	5	15	18	
Сварщик	4	3	5	15	18	
Всего вспомогательных рабочих			27	81	96	

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	40000	46000	552000
Зам. начальника цеха	2	34000	39100	938400
Зам. начальника цеха по кадрам	1	31000	35650	427800
Зам. начальника цеха по сбыту	1	32000	36800	441600
Начальник технологического бюро	1	25000	28750	345000
Технолог	3	15000	17250	621000
Старший мастер	5	22000	25300	1518000
Экономист	2	12000	13800	331200
Механик	1	26000	29900	358800
Энергетик	1	25000	28750	345000
Итого	18	262000	301300	5878800
Служащие				
Табельщик	3	6900	7935	285660
Секретарь	1	6100	7015	84180
Бухгалтер	2	8100	9315	223560
Нормировщик	3	9500	10925	393300
Итого	9	30600	35190	986700
МОП				
Уборщица	6	5800	6670	480240
Сатураторщик	3	5500	6325	227700
Итого	9	11300	12995	707940
ВСЕГО	36	303900	349485	7573440

Таблица 33 – Структура трудящихся в цехе

Категория персонала	Количество человек	Удельный вес в общей численности, %
Рабочие, всего	236	86,7
В том числе:		
• основные	140	51,5
• вспомогательные	96	35,2
ИТР	18	6,7
Служащие	9	3,3
МОП	9	3,3
Итого:	272	100

6.2. 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.	Заграты времени на программу, чел. ч.	Зарплата за отработанное время, тыс. руб.								Зарплата, тыс. руб.			
				По ставке	Приработок сдельщика	Премии	Стимулирующие доплаты	Компенсационные доплаты	Прочие доплаты	Итого	С учетом районного коэффициента	За неотработанное время	Годовой фонд	Среднемесячная по отделению	Среднемесячная рабочего
Плавильное отделение	35	23,9	59640	1425.4	570.2	427.6	213.8	142.5	99.8	2879.3	3311.2	513.2	3824.4	318.7	9.1
Формовочное отделение	21	24,1	35784	862.4	345.0	258.7	129.4	86.2	60.4	1742.0	2003.3	310.5	2313.9	192.8	9.2
Стержневое отделение	14	24,6	23856	586.9	234.7	176.1	88.0	58.7	41.1	1185.5	1363.3	211.3	1574.6	131.2	9.4
Смесеприготовительное отделение	14	23,6	23856	563.0	225.2	168.9	84.5	56.3	39.4	1137.3	1307.9	202.7	1510.6	125.9	9.0
Термообрубное отделение	56	23,5	95424	2242.5	897.0	672.7	336.4	224.2	157.0	4529.8	5209.2	807.4	6016.7	501.4	9.0
Итого	140												15240.1	1270.0	45.6
Вспомогательные рабочие	96	23,3	166656	3883.1	1553.2	1164.9	582.5	388.3	271.8	7843.8	9020.4	1127.6	10148.0	845.7	8.8
Всего	236												25388.1	2115.7	54.4

6.3. 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 (15240.1)	3352.8	807.7	442.0	4602.5
Вспомогательные рабочие по цеху (10148.0)	2232.6	537.8	294.3	3064.7
Управленческий и обслуживающий персонал по цеху (7573,4)	1666.1	401.4	219.6	2287.2

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 (15240.1)	762.0	381.0	304.8	152.4	16840.3
Вспомогательные рабочие (10148.0)	507.4	253.7	203.0	101.5	11213.5
ИТР (5878.8)	293.9	147.0	117.6	58.8	6496.1
Служащие (986.7)	49.3	24.7	19.7	9.9	1090.3
МОП (707.9)	35.4	17.7	14.2	7.1	782.2
Итого	1648.1	824.0	659.2	329.6	36422.5

6.4. 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 3000 рублей за 1 м³, стоимость бытовых помещений – 3500 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, тыс.руб/ m^3 .

$$C_{зд} = 100000 \cdot 3000 = 300 \text{ млн. руб.};$$

$$C_{бп} = 5000 \cdot 3500 = 17,5 \text{ млн.руб.}$$

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

Затраты на инструмент и приспособления принимаем в количестве 200 руб. на 1 тонну годных отливок.

Стоимость хозяйственного инвентаря можно принять из расчета 2000 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	Мар-ка(модель) оборудования	Количество	Стоимость единицы оборудования			Общая сто-имость, тыс. руб.	Амортизационные отчис-ления		
			Цена, тыс.руб.	Монтаж			Норма, %	Сумма, тыс. руб.	
		%		тыс. руб.					
Здания и сооружения		100000	3 за м ³			300000	2	6000	
Бытовые помещения		5000	3,5 за м ³			17500	2	350	
	Итого					317500		6350	
Печь плавильная	ДППТ – 6	2	60000		6000	66000	132000	7	9240
АФЛ	Bel-loi&Romagnoli	1	70000		7000	77000	77000	9	6930
Смеситель	P6000	1	40000		4000	44000	44000	9	3960
Стержневой автомат	АНВ - 10	1	30000	10	3000	33000	33000	9	2970
Стержневой автомат	АНВ - 20	1	37000		3700	40700	40700	9	3663
Термическая печь		2	20000		2000	22000	44000	9	3960
Машина зачистная	ОЛ9968-205	4	450		45	495	1980	9	178,2
Обдирочно-шлифовальный станок		4	80		8	88	352	9	31,7
Дробеметный барабан	42236	2	27000		2700	29700	59400	9	5346
Сушильная печь песка		2	190		19	209	418	9	37,7
	Итого						432533		36316.6
Подъемно-транспортное оборудование						340920	10	34092	
Инструмент и оснастка						5800	50	2900	
Хоз. инвентарь						472	10	4,7	
Всего						1097225		79663.3	

6.5. 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 (общефирменные) 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	4325.3	1% от стоимости оборудования
Текущий ремонт оборудования	26626.5	5% от стоимости оборудования
Внутрипроизводственное перемещение груза	145	5 руб на 1 тонну годного литья
Износ малоценного и быстроизнашивающегося оборудования	435	15 руб на 1 тонну годного литья
Прочие расходы	3153.2	10 % от общей суммы расходов
Итого:	34685	

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			0,68	19582.1
Отчисления на социальные нужды			0,34	9954.4
Амортизация здания и хоз. инвентаря			0,22	6354.7
Затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство			0,05	1347.2
Расходы на охрану труда			0,06	1684
Стоимость вспомогательных материалов			61.96	1796724
- песок 1К016А	0,85	2,5	2.125	61625
- бентонит	0,5	45	22,5	652500
- регенерат	9,1	4,1	37,3	1081700
- связующее	0,004	6,2	0,03	870
- отвердитель	0,0002	5,9	0,001	29
Итого			63.31	1835646.4
Транспортный налог			0,01	280,5
Прочие расходы			9,5	275389
Итого цеховых расходов			72,82	2111315.9

Таблица 40 - Калькуляция себестоимости 1 тонны годных отливок

Статьи затрат	Единицы измерения	На 1 т литья			На программу	
		Количество	Цена, руб./т.	Сумма, тыс.руб.	Количество	Сумма, тыс.руб.
Сырье и основные материалы						
Стальной лом	т	0,699	10200	7,1	20276.165	206816.9
Стружка в брикетах	т	0,307	9000	2,8	8912,6	80213.4
Чугун передельный	т	0,038	24800	0,94	1114,075	27629.1
Ферросплавы	т	0,003	52000	0,16	89.126	4634.6
Стальной высечка	т	0,489	9700	4,74	14171.034	137459
Итого		1,536		15,74	44563	456753
Возврат (литники и прибыли)	т	0,469			13591.715	
Угар и потери	т	0,067			1971.285	
Итого за вычетом уга- ра и возвратов		1		15,74	29000	456753
Оплата труда основ- ных рабочих				0,58		16840.3
Отчисления на соци- альные нужды				0,34		9954.4
Технологическая электроэнергия	тыс. кВт/ч	1.2	3.8	4.56	34800	132240
Энергия на техниче- ские нужды:						
- Вода	тыс.м ³	0.03	3,2	0.096	870	2784
- Сжатый воздух		0.95	6,00	5.7	27550	165300
Расходы на подготов- ку и освоение произ- водства				9,2		267931.6
Расходы на ремонт и эксплуатацию обору- дования				1,2		34685
Отчисления на амор- тизацию оборудова- ния				1,3		36316.6
Основная себестои- мость				38.72		1122804.9
Цеховые расходы				72,8		2111315.9
Цеховая себестои- мость				111.52		3234120.8
Общезаводские рас- ходы				0,8		22443
Производственная се- бестоимость				112.32		3256563.8
Непроизводственные расходы				1,68		48848.5
Полная себестоимость				114		3305412.3

6.6. 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.

$$FC = 79663.3 + 34685 + 29536.5 + 1347.2 + 1684 + 275389 + 22443 + 48848.5 = 493596.5 \text{ тыс. р.}$$

Средние удельные постоянные расходы равны:

$$AFC = FC/M,$$

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

$$AFC = 493596.5 / 29000 = 17 \text{ тыс. р./т.}$$

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.

$$VC = 456753 + 26794.7 + 132240 + 168084 + 1796724 + 280.5 = 2580876.2 \text{ тыс. р.}$$

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

$$AVC = VC/M.$$

$$AVC = 2580876.2 / 29000 = 89 \text{ тыс. р./т.}$$

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

$$TC = 493596.5 + 2580876.2 = 3074472.7 \text{ тыс. р.}$$

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

$$ATC = 17 + 89 = 106 \text{ тыс. р./т.}$$

6.7. Ценообразование

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

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

Рассчитаем цену по формуле:

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

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

$$P = 1,5 \cdot 114 = 171 \text{ тыс. р.}$$

Примем цену на тонну годного литья из стали 32Х06Л, равную 180000 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.

$$D = 180 \cdot 29000 = 5220000 \text{ тыс.}$$

Прибыль определим по формуле:

$$\Delta\Pi = D - \text{В.З.},$$

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

$$\Delta\Pi = 5220000 - 3305412,3 = 1914587,7 \text{ тыс.р.}$$

6.8. 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 осу-

ществляется 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 $M_{\text{пр.г}} = 29000$ т, $M_{\text{пр.кв}} = M_{\text{пр.г}} / 4 = 29000 / 4 = 7250$ т) начинают достигать с шестого квартала. В четвертом квартале выпуск литья будет составлять $M_{\text{пр.кв}} \cdot 0,5 = 7250 \cdot 0,5 = 3625$ т; в пятом квартале - $M_{\text{пр.кв}} \cdot 0,75 = 7250 \cdot 0,75 = 5437,5$ т; в шестом и последующих кварталах - $M_{\text{пр.кв}} = 7250$ 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	95,3	95,3	126,9	-	-	-	317,5
2. Приобретение и монтаж оборудования	-	-	86,5	259,5	86,5	-	432,5
3. Прирост оборотных фондов	-	-	140	-	-	-	140
Итого	95,3	95,3	353,4	259,5	86,5	-	890

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 $ИФС = 0,6 \cdot ИОК$. Остальные средства в объеме $0,4 \cdot ИОК$ распределяются между привлеченными и заемными средствами, т.е. $ИОК = ИФС + ИФП_p + ИФ_3$.

Таблица 42 – Оперативный план производства

Показатель	Кварталы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-12
1. Рыночный потенциал цеха, т.	-	-	-	3625	5437,5588	7250	7250	7250	29000
2. Цена 1 тонны годного литья, тыс.р.	-	-	-	588	5437,50,75	588	588	588	588
3. Объём продаж, тыс.т.	-	-	-	3625		7250	7250	7250	29000
4. Доля предприятия в отраслевом рынке	0	0	0	0,5	5437,5	1	1	1	1
5. Объём производства, тыс.т.	-	-	-	3625		7250	7250	7250	29000

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, $ИФП_p = 0,25 \cdot ИОК$ и $ИФ_z = 0,15 \cdot ИОК$.

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	95.3	95.3	21.4	-	-	-	212
2. Привлеченные средства	-	-	-	88.4	-	-	88.4
3. Заемные средства	-	-	-	26.5	26.5	-	53
Итого	95.3	95.3	21.4	114.9	26.5	-	353.4

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	26,5	26,5	-	-	-	-
2. Погашение кредита	-	-	-	-	-	53
3. Финансовые издержки (процент за кредит)	-	6,6	13,2	13,2	13,2	-
Итого	26,5	33.1	13,2	13,2	13,2	53

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)	-	-	-	88.4	-	-	-	-	-
Затраты на приобретение активов	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	88.4	-	-	-	-	-

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	95.3	95.3	21.4	-	-	-	-	-	-
Заемные средства	-	-	-	26.5	26.5	-	-	-	-
Излишек средств	95.3	95.3	21.4	26,5	26,5	-	-	-	-

Таблица 47 – Данные по операционной деятельности

Показатель	Распределение по кварталам							
	1-3	4	5	6	7	8	9 – 12	

1. Объём производства, т.	-	3625	5437.5	7250	7250	7250	29000
2. Цена продукции, тыс.р./т.	-	180	180	180	180	180	180
3. Доход от продаж, млн.р.	-	652.5	978.75	1305	1305	1305	5220
4. Налог на добавленную стоимость, млн.р.	-	117.5	176.2	234.9	234.9	234.9	939.6
5. Налоги и сборы, млн.р.	-	9.8	14.7	19.6	19.6	19.6	78.3
6. Валовые затраты, млн.р.	-	336.1	504.1	672.1	672.1	672.1	2688.6
7. Валовая прибыль, млн.р.	-	185.9	278.9	371.9	371.9	371.9	1487.4
8. Резервный фонд, млн.р.	-	17.2	25.3	33.4	31.8	31.8	124.2
9. Резервный фонд нарастающим итогом, млн.р.	-	17.2	42.5	75.9	107.7	139.5	263.7
10. Фонд развития, млн.р.	-	145.8	207.7	267.4	222.6	222.6	807.3
11. Налогооблагаемая прибыль, млн.р.	-	13.2	31.2	51.4	97.9	97.9	477.7
12. Налог на прибыль, млн.р.	-	4.6	10.9	18.0	34.2	34.2	167.2
13. Чистая прибыль, млн.р.	-	171.5	253.3	334.3	318.0	318.0	1241.9
14. Фонд потребления, млн.р.	-	0	0	0	31.8	31.8	124.2
15. Фонд накопления, млн.р.	-	145.8	207.7	267.4	222.6	222.6	807.3
16. Фонд накопления нарастающим итогом, млн.р.	-	145.8	353.5	620.9	843.5	1066.2	1873.4
17. Дивиденды, млн.р.	-	8.6	20.3	33.4	31.8	31.8	186.3

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:

$$ФР = 0,1 \cdot ЧП.$$

Фонд потребления рассчитываем по формуле:

$$ФП = K_1 \cdot ЧП.$$

Отчисления на дивиденды рассчитываем по формуле:

$$Д = К_2 \cdot ЧП.$$

Фонд накопления (фонда развития) рассчитываем по формуле:

$$ФН = ЧП - ФР - Д.$$

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	-	-	-	28.8	69.8	122.5	166.4	210.4	369.5
2. Погашение задолженности за кредит	-	-	-	-	-	-	-	-	-53
3. Расходы на основные средства	-95.3	-95.3	-21.4	-114.9	-26.5	-	-	-	-
4. Чистый денежный поток	-95.3	-95.3	-21.4	-86.1	43.3	122.5	166.4	210.4	316.5
II. Финансовая деятельность									
Приток	95.3	95.3	21.4	-	-	-	-	-	-
5. Собственный капитал									
6. Заемные средства	-	-	-	26.5	26.5	-	-	-	-
7. Чистый денежный поток	95.3	95.3	21.4	26.5	26.5	-	-	-	-
III. Инвестиционная деятельность									
Приток									
8. Поступления от продажи активов (акций)	-	-	-	88.4	-	-	-	-	-
9. Чистый денежный поток	-	-	-	88.4	-	-	-	-	-
10. Излишек средств	0	0	0	28.8	69.8	122.5	166.4	210.4	316.5
11. Суммарная потребность	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. Сальдо на конец месяца				28.8	98.6	221.1	387.5	597.9	914.4

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	28.8	98.6	221.1	387.5	597.9	914.4
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	17.971	52.652	99.937	151.125	200.297	162.763
4. Чистый дисконтированный поток нарастающим итогом, млн.р.	0	0	0	17.971	70.624	170.561	321.686	521.982	684.746

Таблица 51 – Дисконтированные значения инвестиций

Наименование показателя	Инвестиции по кварталам				
	1	2	3	4	5
1. Суммарные инвестиции, млн.р.	95.3	95.3	21.4	26.5	26.5
2. Дисконтирующий множитель, α_t	1	0,855	0,731	0,624	0,534
3. Дисконтированные инвестиции, млн.р.	95.300	81.482	15.643	16.536	14.151
4. Дисконтированные инвестиции нарастающим итогом, млн.р.	95.300	176.782	192.425	208.961	223.112

6.9. 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.

$$\text{ЧДД} = 684.746 - 223.112 = 461.634 \text{ млн.р.}$$

2) индекс доходности (ИД) определяется по формуле:

$$\text{ИД} = S/K,$$

$$\text{ИД} = 684.746 / 223.112 = 3,1.$$

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

3) срок окупаемости проекта определяем по графику (рисунок 4). В нашем случае срок окупаемости составляет почти 5,5 кварталов т.е. 1,4 года.

4) доля собственных средств предприятия в проекте составляет:

$$(212 / 353.4) \cdot 100\% = 60 \%$$

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, млн.р.;

P – цена одной тонны годного литья, млн.р.;

AVC – средние удельные переменные расходы, млн.р.

$Q_{кр} = 493596.5 / (180 - 89) = 5424,1 \text{ т} < 29000 \text{ т}$, т.е. выпуск отливок превышает точку безубыточности.

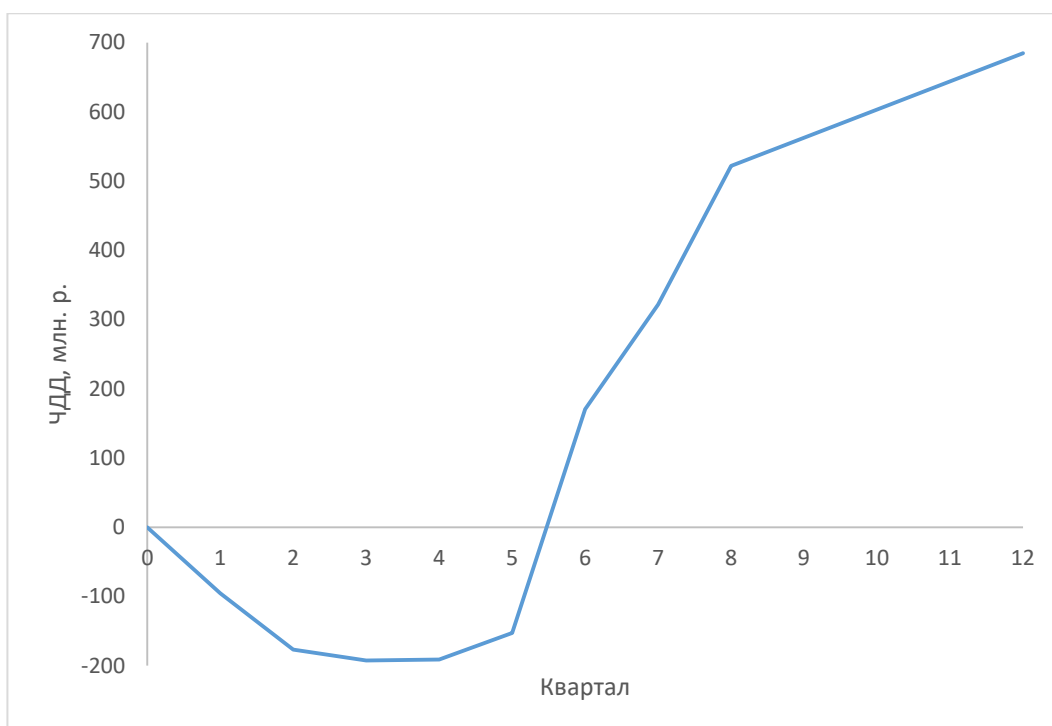


Рисунок 4 – Финансовый профиль проекта

В таблице 52 приведены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 52 - Техничко-экономические показатели цеха

Показатели	Единица измерения	Величина показателей
1. Годовой выпуск продукции	т.	29000
2. Выход годного	%	68
3. Численность работающих, всего	чел.	272
в том числе: основных	чел.	140
вспомогательных	чел.	96
ИТР	чел.	18
служащих	чел.	9
МОП	чел.	9
4. Фонд основной заработной платы	млн.руб.	36,4
5. Капитальные вложения	млн.руб.	1097,2
6. Себестоимость	млн.руб.	13108,6
7. Прибыль	млн.руб.	3943,4
8. ЧДД	млн.руб.	461,6
9. ИД		3,1
10. Срок окупаемости	год	≈1,4

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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия. Введ. 01.07.1988. –М.: Изд-во стандартов 1990. 63с.
2. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. Урал. гос. проф. – пед. Ун-т . 2000.662с.
3. СТП АДК 155-2001. Формовочные и стержневые смеси. Противо-пригарные краски, разделительные покрытия.Изд-во ОАО НПК УВЗ 2001.35 с.
4. СТП АДК 723-2005. Холодно-твердеющие смеси. Изд-во ОАО НПК УВЗ 2005.21 с.
5. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. Введ. 01.07.1993. – М .: Изд-востандартов 1992. 15с.
6. Д.М. Кукуй, В.А.Скворцов, В.Н. Эктова. Теория и технология литейного производства. Минск: изд. Дизайн ПРО, 2000. 416 с.
7. Могилев В. К., Лев О. И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. М.: Машиностроение, 1988. 272 с.
8. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски-размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 09.12.2009. – М .: Изд-во стандартов 1990. 45с.
9. А.М.Михайлов, Б.В.Бауман, Б.Н. Благов. Литейное производство. М.: Машиностроение, 1987. 480с.
10. А.В. Егоров. Расчет мощности и параметров печей черной металлургии. М.: Металлургия. 1990. 278с.
11. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1990 – 1995 г. М.: Машгиз, 1990. 146 с.
12. А. Вёрёш. Очистка отливок. Перевод с венгерского. М. Машиностроение 1982. 252 с.

13. Термическая обработка и свойства литой стали. Учебник. Под редакцией Н.С. Крещановского. М.: Машгиз. 1985. 356 с.
14. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Учебник для Вузов. Под редакцией Кнорре Б.В. 2 изд.- М.: Машиностроение, 1979. 376с.
15. Руководство Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.: Машиностроение, Дата введения 1 ноября 2005 г.
16. СНиП 41-01-2003 Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование, Москва 2004.
17. СНиП 2.01.02-85 Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы. Москва 1991.
18. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88* Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов 1989, Дата введения 1989-01-01.
19. Отчет отдела охраны труда по фактическим замерам показателей микроклимата в литейных цехах металлургического производства. 2010 г.
20. «Правила устройств электроустановок». 7-я редакция. М.: Машиностроение, 2006, 132 с.
21. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей». М.: Машиностроение, 2001, 139 с.
22. ГОСТ 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда.Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов». М.:Машиностроение, Введен в действие 01.01.2011 г. 32 с.
23. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Приняты и введены в действие постановлением Минстроя России от 2 августа 1995 г. № 18-78 в качестве строительных норм и правил Российской Федерации взамен СНиП II-4-79 М.: Машиностроение, 111 с.

24. ГОСТ 12.1.003-90 «Шум. Общие требования безопасности». Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня 1990 г. № 2473. М.: Изд-во стандартов 1990.

25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Утверждены и введены в действие постановлением Госкомсан-эпид-надзора России от 31 октября 1996 г. № 36.

26. Отчет отдела охраны труда по замерам шума на рабочих местах в литейных цехах ОАО НПК «Уралвагонзавод». 2011 год. 123 с.

27. ГОСТ 12.4.091-80 Система стандартов безопасности труда. Каски шахтерские пластмассовые. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов 1981, Введен в действие 01.07.1981 г.

28. ГОСТ 12.4.051-87 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов 1987, Утвержден Госстандарт СССР 29.10.1987 г. 15 с.

29. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд-во стандартов 1991, Дата введения 01.07.1991 г.

30. Проект нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферу для «ПО УВЗ». Книга 1. Пояснительная записка. Родэ Р.В., Н.Тагил.: «ПО УВЗ», 2003. 120 с.

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

32. Ссылка http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00097030_0.html.

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

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

35. ГОСТ 3.1125-88 «Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок». М.: ИПК Издательство стандартов. Введен 01.01.89 г. 13с.

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