РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 93 листа печатного текста, 30 таблиц, 12 литературных источников, 6 графических иллюстраций.

В соответствии с годовой программой цеха и требованиями на изготовляемые отливки выбрано и рассчитано количество машин, установок и материалы для всех производственных операций.

В дипломном проекте разработан технологический процесс изготовления отливки «Корпус муфты сцепления» из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 7293-85 в соответствии с техническими требованиями на литую деталь. После анализа технологичности отливки предложено изготовление отливки «корпус муфты сцепления» в разовую песчано-глинистую форму с использованием холоднотвердеющей смеси для стержней. Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей, определен состав шихты и технология плавки чугуна.

Специальная часть проекта посвящена современным процессам регенерации формовочной смеси для чугунного литья.

В проекте также рассмотрено его технико-экономическое обоснование и вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

1 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ «КОРПУС МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ» 9
1.1 Анализ технологичности отливки 9
1.2 Выбор положения отливки в форме 9
1.3 Определение поверхности разъема формы 10
1.4 Определение припусков на механическую обработку 11
1.5 Определение формовочных уклонов 11
1.6 Определение количества и конструкции стержней 12
1.7 Определение габаритов опок 13
1.8 Разработка конструкции и расчет литниковой системы 16
1.9 Разработка технологии сборки и заливки форм, охлаждения, выбивки, обрубки, очистки и окраски отливок 19
1.10 Разработка системы контроля технологии качества отливок 20
2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 22
2.1 Проектно-технологические решения 22
2.1.1 Производственная программа 22
2.1.2 Структура литейного цеха 23
2.1.3 Режим работы и фонды времени 24
2.2 Плавильное отделение 26
2.2.1 Выбор оборудования плавильного отделения 26
2.2.2 Составление баланса металла 32
2.2.3 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов 33
2.2.4 Расчет оборудования плавильного отделения 34
2.2.5 Расчет потребности ковшей 35
2.3 Формовочно-заливочно-выбивное отделение 37
2.3.1 Технология изготовления форм 37
2.3.2 Выбор оборудования для участка формовки 39
2.3.3 Определение числа автоматических линий 40
2.4 Стержневое отделение 44
2.5 Смесеприготовительное отделение 48
2.6 Отделение регенерации смеси 50
2.7 Термообрубное отделение 52
2.8 Склады литейных цехов 54
2.9 Внутрицеховые лаборатории и вспомогательные участки цеха 56
2.10 Внутрицеховой транспорт 57
3.ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА 59
3.1 Загрязнение атмосферы 59
3.2 Загрязнения сточных вод 62

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 64
4.1 Общая характеристика литейного цеха 64
4.2 Анализ опасных и вредных факторов рабочей среды и трудового процесса 66
4.2.1 Вредные вещества 66
4.2.2 Вибрация 69
4.2.3 Шум 70
4.2.4 Электромагнитные излучения 71
4.2.5 Освещение 71
4.3 Микроклимат 72
4.4 Электробезопасность 74
4.5 Пожаровзрывобезопасность 75
5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА 77
5.1 Состав и стоимость машин и оборудования 77
5.2 Структура основных фондов 78
5.3 Потребность в оборотных средствах 79
5.4 Баланс использования времени одного производственного рабочего 81
5.5 Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих проектируемого цеха 82
5.6 Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы остальных работников проектируемого цеха 83
5.7 Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы 85
5.8 Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха 85
5.9 Смета цеховых расходов 86
5.10 Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья 87
5.11 Технико-экономические показателей работы литейного цеха 88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 92
ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Спецификации 93

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития литейных технологий и научных исследований зарубежных предприятий существенно выше уровня оборудования, применяемого в отечественных литейных цехах. Применение современных разработок позволяет улучшить условия труда, повысить качество и снизить время изготовления продукции. Исходя из вышесказанного, для получения качественных отливок в проектируемом цехе выбирается оборудование в основном зарубежных производителей.

Литейное производство России является основной заготовительной базой машиностроительного комплекса и его развитие зависит от темпов развития машиностроения в целом. Литейное производство занимает лидирующее положение среди заготовительных баз машиностроения, таких, как сварка и кузница. Литье дает возможность получения сложных по конфигурации и геометрии литых заготовок со сложными поднутрениями и внутренними полостями позволит литейному производству и в дальнейшем сохранить свое ведущее положение среди заготовительных производств [1].

С другой стороны, литейное производство является наиболее энергоемким и материалоемким производством. Для производства 1 тонны отливок требуется переплавка 1,1…1,7 тонн металлических материалов, ферросплавов и флюсов, переработка и подготовка 3…5 тонн формовочных песков (при литье в песчано-глинистые формы), 3…4 кг связующих материалов и красок. В себестоимости литья энергетические затраты и топливо составляют 50…60%, стоимость материалов 30…35%. В современных условиях отдельным отраслям присущи неравномерные темпы развития. Удельная доля производства и использования литых заготовок отраслей; в общем объеме производства машиностроительного комплекса составляет:

- автомобильная и тракторная – 60%;

- электротехническая – 6%;
- тяжелое и энергетическое машиностроение – 8%;
- химическое и нефтяное машиностроение – 12%;
- дорожное и коммунальное машиностроение – 10%;
- станкостроение и приборостроение – 2%;
- другие отрасли – 2%.

Объемы производства литых заготовок зависят от выпуска машиностроительной продукции, так как доля литых деталей из черных и цветных сплавов в машинах (автомобилях, тракторах, комбайнах, самолетах, танках и др.) составляет 40…50%, а в металлообрабатывающих станках и кузнечно-прессовом оборудовании до 70% по массе и до 20% от стоимости машин. В настоящее время, как правило, литейные цехи находятся в структуре машиностроительных предприятий и производят отливки для собственных нужд.

Основная масса литейных заводов и цехов являются акционерными обществами или частными предприятиями. В литейном производстве машиностроения и металлургии (по экспертной оценке) занято около 300 тыс. человек, в том числе 90% рабочих, 9,8% инженерных и 0,2% научных работников. Выпуск отливок на одного работающего в 2013 г. составил около 13,3 тонн в год.

1 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ «корпус муфты сцепления»

1.1 Анализ технологичности изготовления детали

Анализ чертежа детали «корпус муфты сцепления» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 6 мм, габаритные размеры детали 320х242х232 мм.

На рисунке 1.1 приведен 3D модель отливки.

При проектировании технологии отливки необходимо обеспечить получение плотного металла без усадочных и газовых раковин на поверхности.

Выбор наиболее эффективного способа изготовления определяется на основе комплексного анализа технической, организационной и экономической целесообразности.

Выбор способа изготовления отливок зависит от ряда факторов (серийности выпуска, конструкции отливки, вида металла, требований к готовой детали и т.д.) и часто требует проведения специальных расчетов.

Конфигурация внутренних полостей, отверстий, обрабатываемых поверхностей и расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства в разовые песчаные формы.

1.2 Выбор положения отливки в форме

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс.

В данном случае отливка должна располагаться в форме вертикально. В этом случае обеспечивается надежное крепление стержней и отсутствие их деформации или смещения под действием собственной массы и при заливке металла. Выбранное положение обеспечит кратчайший путь прохождения металла от литниковой

системы к отливке, минимальное количество разъемов модели и формы, минимальную сложность оснастки, трудоемкость ее изготовления.

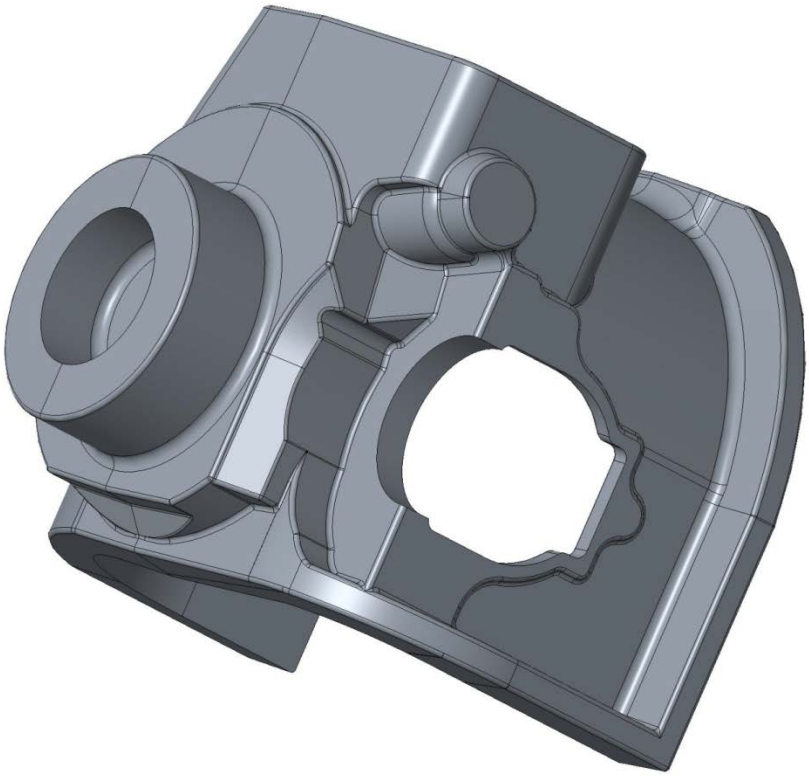

Рисунок 1.1 - 3D модель отливки

1.3 Определение поверхности разъема

Разъем формы необходим для извлечения модели, сборки формы и удаления полученных отливок. От выбранного разъема зависит трудоемкость изготовления модельной оснастки и литейной формы, трудоемкость обрубных операций и точность размеров отливки.

При изготовлении данной отливки песчаная форма имеет одну поверхность разъема. Отливка в данном случае располагается в обеих полуформах.

Выбранный разъем обеспечивает следующие технические решения:

- минимальное количество разъемов, обеспечивающих удобство формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- поверхность разъема является плоскостью
- простая конструкция моделей без отъемных частей

- минимальное количество стержней.

Выбранное положение отливки в форме и разъем обеспечивает отвод газов из полости в форме, образующихся при заливке расплавленного металла.

1.4 Определение припусков на механическую обработку

Размер отливки отличается от размеров детали на величину припусков на механическую обработку. Припуски на механическую обработку для отливок из черных и цветных металлов и сплавов назначаются по ГОСТ Р53464-2009 в зависимости от класса точности и ряда припусков на механическую обработку. Точность отливки 12-9-8-12 ГОСТ Р53464-2009.

Таблица 1.1 – Припуски на механическую обработку устанавливаются по ГОСТ Р53464-2009 и представлены ниже

Номинальный размер, мм	Допуск на размер, мм	Припуск на сторону
224	2,8	3
196	2,6	3
198	2,6	3
ø 80	1,8	2
44	2,1	3

Величины припусков приведены на чертеже элементов литейной формы.

1.5 Определение формовочных уклонов

Для лёгкого извлечения модели из формы, на её рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92. При использовании алюминиевых моделей формовочные уклоны для данной отливки до 0º30’.

При массовом и серийном производстве отливок выполняется постоянный монтаж моделей на плитах. Модельная оснастка из алюминиевого сплава наиболее экономичная, лёгкая, износостойкая (выдерживает до 100000 съёмов при машинной формовке).

1.6 Определение количества и конструкции стержней

Конструкция стержня должна обеспечивать удобное его изготовление, сушку, транспортировку и установку в форму. Стержень должен занимать в форме точно фиксированное положение, не деформируясь под действием собственной массы и от действия жидкого металла. Вместе с тем должно быть обеспечено легкое его удаление из отливки.

Конструкции стержней определяются чертежом отливки, конструкция и размеры знаков стержней, величины зазоров между знаками форм и стержней, конструктивное оформление и размеры фиксаторов на знаках выполняются в соответствии с ГОСТ 3212-92.

Стержень №1 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня 117хø76 мм. Зазор между знаком формы и стержня для модельного комплекта второго класса точности, изготовленного из металла, равен S_1=0,5 мм для нижней полуформы, S_1=1 мм для верхней полуформы. Уклон на знаке стержня 5º. Эскиз стержня представлен на рисунке 1.2, а на рисунке 1.3 представлена 3D модель стержня №1.

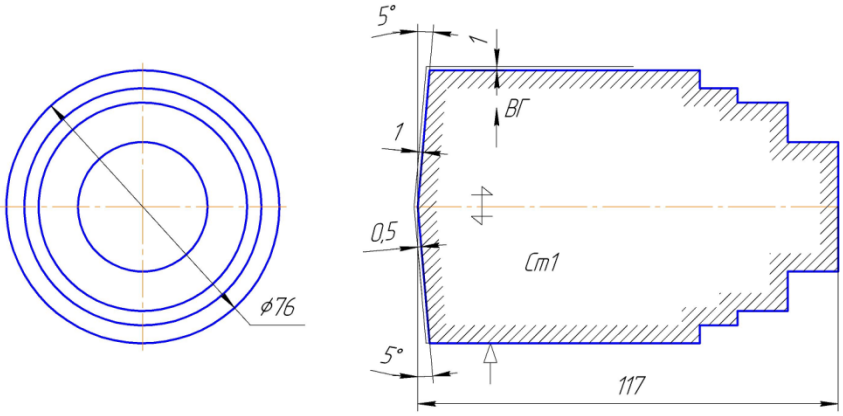

Рисунок 1.2 – Эскиз стержня №1

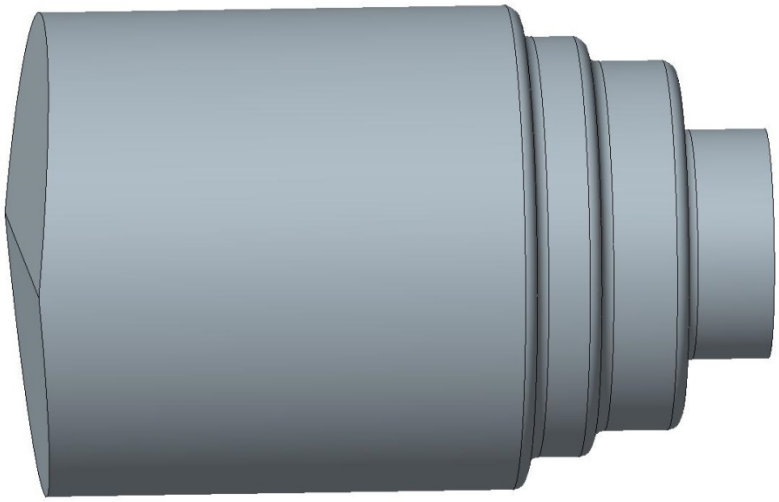

Рисунок 1.3 – Эскиз стержня №1

Стержень №2 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня 278x225x290 мм. Зазор между знаком формы и стержня для модельного комплекта второго класса точности, изготовленного из металла, равен S_1=1,0 мм для нижней полуформы, S_1=0,5 мм для верхней полуформы. Высота нижнего знака составляет 30 мм, длина бокового знака составляет 30мм, уклон на знаке стержня 5º. Эскиз стержня №2 представлен на рисунке 1.4.

1.7 Определение габаритов опок

Габариты опоки определяются габаритами формуемых отливок, числом отливок в форме, расположением и размерами прибылей и литниковой системы, размерами стержневых знаков.

При выборе размеров опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличения затрат труда на уплотнение формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси, а использование очень маленьких опок может вызвать брак отливок вследствие продавливания металлом низа формы, ухода металла по разъему и т.п.

Рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы зависят от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые

размеры опок в свету с учетом изготовления 4 отливок в форме на автоматической формовочной линии фирмы OMEGA.

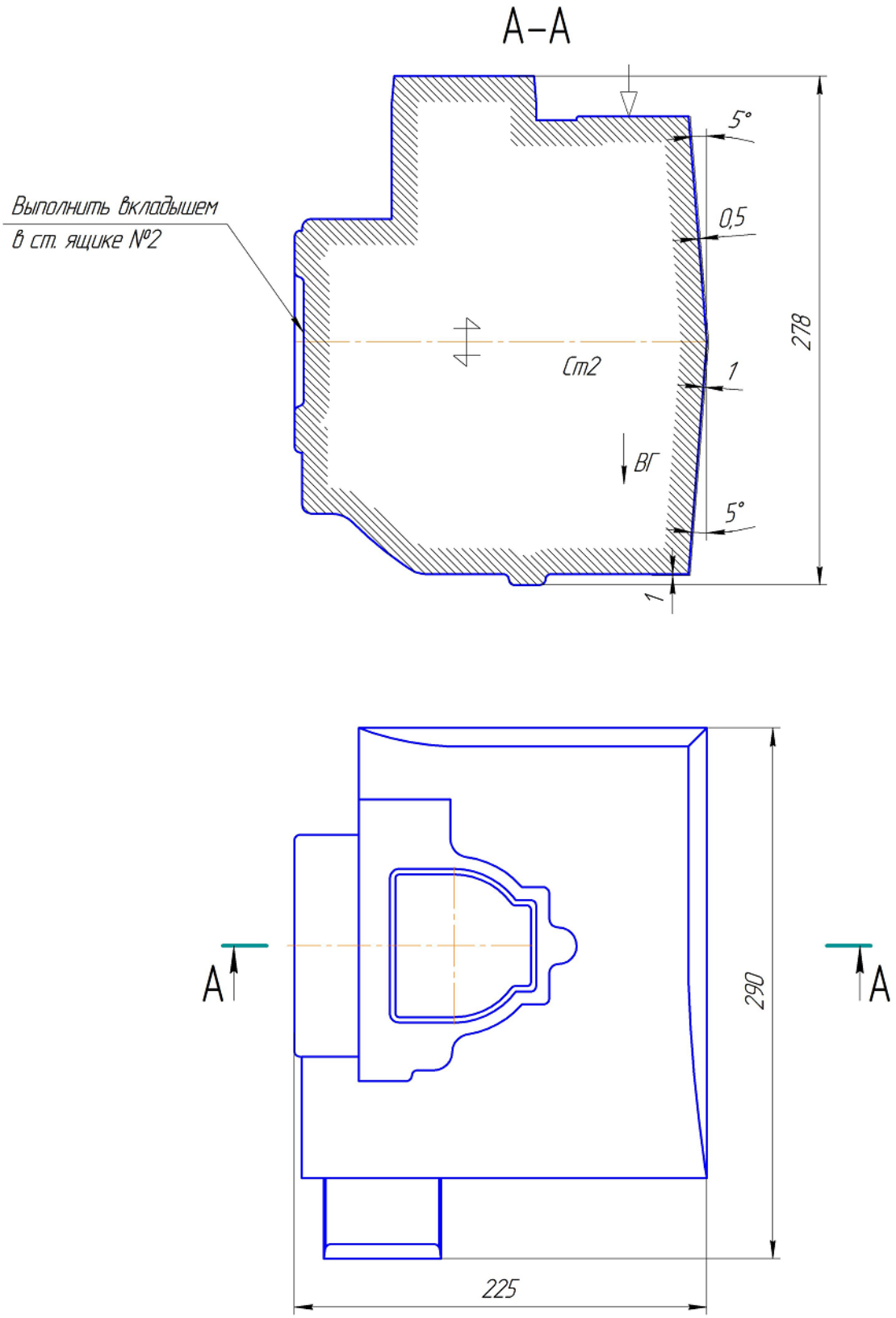

Рисунок 1.4 – Эскиз стержня №2

Выбрано применение комплексной автоматической линии заливки и выбивки для изготовления отливок с применением ХТС по ALPHA-SET процессу фирмы OMEGA.

Состав формовочной смеси:

- кварцевый песок $2К_2О_202$ ГОСТ 2138-91 5%;
- регенерат 95 %;
- связующее Avenol NB-400 1,6% сверх 100%;
- отвердитель Katalisator – 7030 0,4% сверх 100%.

Свойства формовочной смеси:

Параметры отверждения при температуре воздуха 22ºС и относительной влажности 50%:

- живучесть, мин 7…8;
- время выдержки до разъема оснастки, мин 2…15;
- прочность на разрыв, МПа, через:

1 ч 0,3…0,4;

2 ч 0,4…0,5;

24 ч 0,8…1,0.

Состав и свойства смеси для изготовления стержней следующий:

- кварцевый песок $2К_2О_202$ ГОСТ 2138-91 100%;
- связующее Avenol F 633 2,0% сверх 100%.

После уплотнения стержень продувают смесью воздуха с порами жидкого эфира – метилформиата.

Свойства стержневой смеси:

- живучесть, мин 7…8;
- время выдержки до разъема оснастки, мин 12…15;
- прочность на разрыв, МПа, через:

1 ч 0,3…0,4;

2 ч 0,4…0,5;

24 ч 0,8…1,0.

Для производства данной отливки применяется противопригарное покрытие для форм и стержней TRIOFLEX WK-DS фирмы ПОЛИМЕТ.

Технические параметры:

- цвет бежевый;
- объем твердых веществ, % 65;
- плотность (при 20°С), г/см^3 1,5;
- вязкость (при 20°С), Па с 5.

Окончательно получаем размеры опок: 1000х800х250/250 мм.

1.8 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Литниковая система состоит из литниковой чаши или воронки, стояка, шлакоуловителя и питателей. Питатели непосредственно примыкают к полости формы, они выполнены так, чтобы литниковую систему можно было легче отделить, не повредив отливку. Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша.

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле:

$$\tau_{опт} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m}, \quad (1.1)$$

где $\tau_{опт}$ – оптимальная продолжительность заливки, с;

S – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от температуры заливки, рода сплава, места подвода, материала формы и ряда других факторов;

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

m – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями, кг.

Подставляя в формулу (1.1) значения коэффициента S=2 (для отливок из чугуна), преобладающая толщина стенки отливки δ=12 мм, m= 20 кг получим:

$$\tau_{опт} = 2 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 20} = 12{,}4 \text{ с.}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки. Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке:

$$V_{ср} = \frac{C}{\tau_{опт}} \geq V_{доп}, \qquad (1.2)$$

где $V_{ср}$ – средняя скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

C – высота отливки по положению в форме, мм;

$\tau_{опт}$ – оптимальная продолжительность заливки, с;

$V_{доп}$ – допустимая скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

Подставляя в формулу (1.2) значения высоты отливки C=320 мм, $\tau_{опт}$=12,4 с, получим

$$V_{ср}=320/12,4 = 25,8 \text{ мм/с}.$$

Полученное значение $V_{ср}$ не соответствует допустимому значению для отливок из чугуна с толщиной стенки 40...10 мм должно быть 10…20 мм/с, но соблюдается условие $V_{ср} = \geq V_{доп}$.

Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле:

$$F_{уз} = \frac{m}{\mu_ф \cdot \tau_{опт} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{ср}}}, \qquad (1.3)$$

где $F_{уз}$ – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки, м^2;

m – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями, кг;

$\tau_{опт}$ – оптимальная продолжительность заливки, с;

$\mu_ф$ – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы;

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м^3;

$H_{ср}$ – средний металлостатический напор в форме, м.

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле:

$$H_{ср} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \qquad (1.4)$$

где H – напор металла от уровня металла в воронке до питателей, мм;

P – высота отливки над питателем, мм.

$H_{ср}$ =250 – 160^2/2×320 = 210 мм = 0,21 м.

Подставляя в формулу (1.3) значения m=20 кг; $\mu_ф$=0,41; $\tau_{опт}$=12,4 с; ρ=7000 кг/м^3; g=9,81 м/с^2; $H_{ср}$=0,21 м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{уз} = \frac{20}{0{,}41 \cdot 7000 \cdot 12{,}4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}21}} = 0{,}000133 м^2 = 1{,}33\,см^2.$$

Для сужающихся литниковых систем $F_{уз}$ является суммарной площадью сечений питателей для одной отливки:

$$F_{уз} = \Sigma F_п$$

$$F_п = \Sigma F_п/2 = 1{,}33/2 = 0{,}66\ см^2.$$

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих $\tau_{опт}$:

$$\Sigma F_п : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{ст} = 1:1{,}1:1{,}2, \qquad (1.5)$$

где $\Sigma F_п$ – суммарная площадь сечений питателей;

$\Sigma F_{шл}$ – суммарная площадь сечений шлакоуловителей;

$\Sigma F_{ст}$ – площадь сечения стояка.

$$F_{шл}=1{,}1\times2\times\Sigma F_п=1{,}1\times2\times1{,}33=2{,}93\ см^2;$$

$$\Sigma F_{ст}=1{,}2\times4\times\Sigma F_п=1{,}2\times4\times1{,}33=6{,}4\ см^2;$$

Так как в форме восемь питателей, то $\Sigma F_п = F_п\times8 = 5{,}33$ см^2.

Так как в форме два шлакоуловителя, то $\Sigma F_{шл} = F_{шл}\times2 = 5{,}87$ см^2.

Стояк выполняется сужающимся кверху. Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ($D_в$=90 мм).

Так как сечения питателей и шлакоуловителей имеют форму трапеции, то размеры определяются из формулы:

$$F_{уз} = \frac{1}{2}(a + b) \times c \tag{1.6}$$

где a – нижнее основание трапеции, мм;

b – верхнее основание трапеции, мм;

c – высота трапеции, мм;

Эскиз сечений литниковой системы представлен на рисунке 1.5.

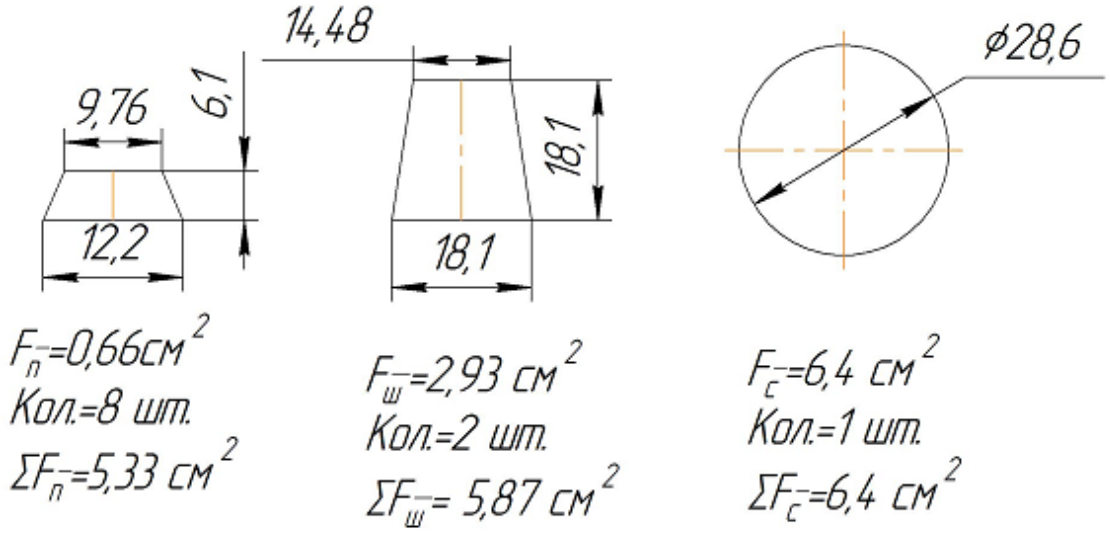

Рисунок 1.5 – Эскиз сечений литниковой системы

1.9 Разработка технологии сборки и заливки форм, охлаждение, выбивки, обрубки и очистки отливок

Технология сборки форм учитывает порядок простановки в форму отдельных ее элементов. После изготовления полуформ проставляются стержни, затем следует их сборка. Форма скрепляется специальной скобой.

Выход воздуха и газов из полости формы при заливке металла и при прогреве формы осуществляется через поры формовочной смеси.

В процессе заливки нужно строго следить за тем, чтобы кусочки покровного шлака не попали в струю заливаемого металла. Для этого либо у заливочного носка устанавливают прокаленный кирпич, либо помощник заливщика отводит куски шлака с поверхности металла лопатой.

Металл, оставшийся в ковше после заливки форм, сливают в специальные изложницы, а ковш тщательно очищают от остатков металла и шлака металлическим скребком.

После затвердевания отливок форму переставляют на охладительную ветвь линии. Продолжительность охлаждения отливок в форме составляет 30 – 45 мин. Выбивка отливок осуществляется на выбивной решетке. Отливки, не имеющие явных дефектов, подвергаются дальнейшей очистке от формовочной смеси, пригара, выбивке стержней при помощи дробеметной камеры.

Далее для улучшения структуры, изменению твердости, прочности и пластичности, отливка подвергается термической обработке. Данная отливка сложной конфигурации подвергается низкотемпературному графитизирующиму отжигу (680…750 °С). Продолжительность отжига зависит от требуемой конечной структуры и составляет 4…8 часа. Отжиг применяется для снижения твердости, улучшения обрабатываемости, повышения пластичности, ударной вязкости.

В случае образования окалины, отливку подвергают повторной очистке в галтовочном барабане.

Охлажденные отливки обязательно окрашиваются, для их предохранения от коррозии при длительном хранении и транспортировке. Окраске подвергают наружные и внутренние поверхности отливок. Грунтовка осуществляется окунанием отливки в краску. Далее окрашенные отливки подвергают сушке в проходных камерах при температуре 120^0С инфракрасными лучами. В этом случае теплота к краске поступает от металла, и просушка идет от внутренних слоев, причем краска застывает не разрываясь [2].

1.10 Разработка системы контроля технологии и качества отливки

В литейном цехе входящему контролю подвергаются шихтовые и формовочные материалы. Шихтовые материалы проверяют на химический состав. Формовочные материалы проверяют на соответствие ГОСТ по зерновому составу,

глинистой составляющей, влажности. По ходу технологического процесса проверяется химический состав сплава, контролируется температура заливки. Формовочные смеси два раза в смену проверяют на газопроницаемость и влажность. Готовые отливки обязательно проходят 100 % визуальный контроль на наличие засоров, трещин и так далее. Так как изготавливаемая отливка неответственного назначения, то достаточным будет ее проверка на соответствие геометрических размеров, наличие поверхностных дефектов.

2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Проектно-технологические решения

2.1.1 Производственная программа

Расчет точной производственной программы (таблица 2.1) цеха является основой для технологической части проекта. Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного и массового производства. В проектируемом цехе материалом для отливок служит чугун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Таблица 2.1 – Точная производственная программа

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1.Корпус муфты	СЧ20	17,30	110000	1903,00
2.Головка цилиндров	СЧ20	12,80	110000	1408,00
3.Корпус подшипника	СЧ20	2,18	110000	239,80
4.Коленчатый вал	СЧ20	17,80	110000	1958,00
5.Крышка	СЧ20	13,70	110000	1507,00
6.Шкив	СЧ20	14,00	110000	1540,00
7.Кронштейн	СЧ20	3,34	110000	367,40
8.Втулка	СЧ20	3,12	110000	343,20
9.Корпус	СЧ20	0,90	110000	99,00
10.Крышка	СЧ20	5,32	110000	585,20
11.Крышка	СЧ20	8,86	110000	974,60
12.Фланец	СЧ20	5,60	110000	616,00
13.Корпус	СЧ20	5,76	110000	633,60
14.Корпус	СЧ20	7,76	110000	853,60
15.Крышка	СЧ20	11,00	110000	1210,00
16.Основание	СЧ20	8,10	110000	891,00
17.Патрубок	СЧ20	1,35	110000	148,50
18.Крышка	СЧ20	2,90	110000	319,00
19.Поддон	СЧ20	18,60	110000	2046,00

Продолжение таблицы 2.1

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
20.Корпус	СЧ20	13,80	110000	1518,00
21.Маховик	СЧ20	27,40	110000	3014,00
22.Корпус	СЧ20	3,63	110000	399,30
23.Корпус	СЧ20	1,36	110000	149,60
24.Кронштейн	СЧ20	2,80	110000	308,00
25.Проставка левая	СЧ20	12,80	110000	1408,00
26.Проставка правая	СЧ20	12,80	110000	1408,00
27.Крышка	СЧ20	0,90	110000	99,00
28.Кольцо	СЧ20	2,10	111050	233,21
29.Втулка	СЧ20	11,30	120000	1356,00
30.Корпус	СЧ20	37,20	120000	4464,00
Итого			3321050	32000,01

2.1.2 Структура литейного цеха

Состав производственных и вспомогательных участков и оборудования, входящих в комплекс литейного производства, должен обеспечить выполнение всего технологического процесса производства отливок, предусмотренных программой, начиная со складов формовочных и шихтовых материалов и кончая грунтовкой отливок.

Цех чугунного литья производительностью 32000 тонн литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

Проектируемый литейный цех состоит из производственных и вспомогательных отделений, складских и служебно-бытовых помещений.

К производственным помещениям, где выполняются основные технологические операции, относят: плавильное отделение, участок подготовки

шихты, стержневое отделение, формовочно-заливочное отделение, термообрубное отделение.

К вспомогательным участкам относятся: участок ремонта ковшей и печей, смесеприготовительное отделение, участок переработки смеси, ремонтно-энергетическое и ремонтно-механическое отделения, лаборатории.

Складские помещения включают склады для хранения шихтовых материалов, склады модельной оснастки, приспособлений и инструментов, огнеупоров, готовой продукции.

Литейный цех располагается в одноэтажном самостоятельном здании с полным технологическим циклом – от выплавки металла до выдачи готового литья.

2.1.3 Режим работы и фонды времени

Режим работы литейных цехов определяется организацией производства и количеством рабочего времени трудящихся и оборудования.

Проектируемый цех относится к категории литейных цехов крупносерийного производства, в котором выполнение большинства трудоемких операций механизировано и автоматизировано.

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный параллельный, при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. При этом режиме работы все основные технологические процессы изготовления отливок производятся в две смены. Третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

Различается три основных фонда рабочего времени:

- календарный ($Ф_К$), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный ($Ф_Н$), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;
- действительный ($Ф_Д$), учитывающий полное годовое рабочее время с потерями.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени условно исключается время пребывания его в

плановых ремонтах, установленное нормами системы планово–предупредительных ремонтов.

Календарный фонд времени составляет 8760 часов.

Для определения действительного фонда времени работы рабочих из номинального фонда времени вычитается время пребывания рабочего в отпуске. В случае пятидневной рабочей недели, восьмичасовой смены номинальный фонд времени составляет для рабочих $Ф_н$=2070 часов и для оборудования $Ф_н$=4140 часов.

Действительный фонд времени составляет:

$$Ф_Д = \frac{Ф_Н \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (2.1)$$

где $Ф_Н$ – номинальный фонд времени, ч;

α – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени $Ф_Н$, ч	Потери времени α, %	Действительный фонд времени $Ф_Д$, ч
1	2	3	4	5
Оборудование плавильного отделения	2	4140	4	3974
Оборудование подготовки смеси	2	4140	6	3892
Оборудование формовочного отделения	2	4140	8	3809
Оборудование стержневого отделения	2	4140	6	3892
Оборудование термообрубного отделения	2	4140	5	3933
Печи термические	3	6210	3	6024

2.2 Плавильное отделение

2.2.1 Выбор оборудования плавильного отделения

Для плавки чугуна наибольшее распространение получили плавильные агрегаты, использующие электронагрев – индукционные и дуговые печи. Индукционные печи средней частоты (ИПСЧ) обладают несомненными техническими и экономическими преимуществами, обусловленными эффектом внутреннего нагрева шихты вихревыми токами и потерями на перемагничивание ферромагнетиков в сильных электромагнитных полях повышенной частоты. Индукционный метод обеспечивает выделение теплоты непосредственно в металле без теплопередачи излучением или конвекцией, сопровождаемых значительными потерями, поэтому индукционные печи имеют значительно более высокий технологический КПД, чем агрегаты, работающие на топливе.

По сравнению с индукционными печами промышленной частоты (ИППЧ) плавка чугуна на средней частоте также имеет преимущества, состоящие в следующем:

- расход электроэнергии вдвое меньше, чем в ИППЧ, работающих в непрерывном цикле плавки с частичным сливом металла и периодической дозагрузки шихты;
- садочный режим плавки, т.е. без использования переходящего от плавки к плавке остатка жидкого металла («болота») позволяет исключить предварительную сушку шихты и связанные с ней затраты, кроме этого, сократить расходы на футеровку, т.к. долговечность футеровки при садочном режиме плавки возрастает, и, наконец, исключить непроизводительные затраты труда, электроэнергии и материалов, связанные с невозможностью отключения ИППЧ на время перерывов в работе литейного производства;
- возможность работы в режиме стабилизации активной мощности на всем цикле плавки, начиная с «холодного» состояния шихты, при котором передача

активной мощности на средних частотах происходит за счет ферромагнитных свойств шихты, и заканчивая расплавом металла, когда активная мощность подводится за счет протекания вихревых токов в узком слое ванны расплава, что позволяет повысить эффективность использования установленной мощности электрооборудования при высоких показателях качества потребляемой электроэнергии.

Для получения СЧ20 применяется индукционная тигельная печь средней частоты ИЧТ 3,0 фирмы «НМЗ».

Среднечастотная тигельная печная установка состоит из следующего:

- плавильной печи (корпус печи с катушкой, наклонную раму печи, гидравлическую силовую установку, защиту ямы, панель оператора, вытяжной колпак);
- системы электроснабжения (выпрямительный трансформатор, преобразователь частоты, модуль конденсаторов, силовые кабели);
- системы управления процессом (систему взвешивания, шкаф управления оператора, процессор плавки JOKS, систему контроля тигля);
- вспомогательного оборудования (система водяного охлаждения с воздушным охладителем, система пылеулавливания, загрузочное оборудование, система составления шихты, система выталкивания тигля). Схема плавильной печи приведена на рисунке 2.1.

Технические характеристики печи ИЧТ – 3,0:

- мощность, кВт; 3000;
- производительность max, т/ч; 4;
- номинальная емкость, т; 3.

Температура заливки зависит от вида сплава, массы и габарита отливки, толщины ее стенок. Причем температура расплава при выпуске из плавильной печи должна быть на 30...100 °С выше температуры его заливки в форму. При этом надо учитывать, что чем выше металлоемкость ковша, тем ниже скорость снижения температуры расплава в ковше во времени.

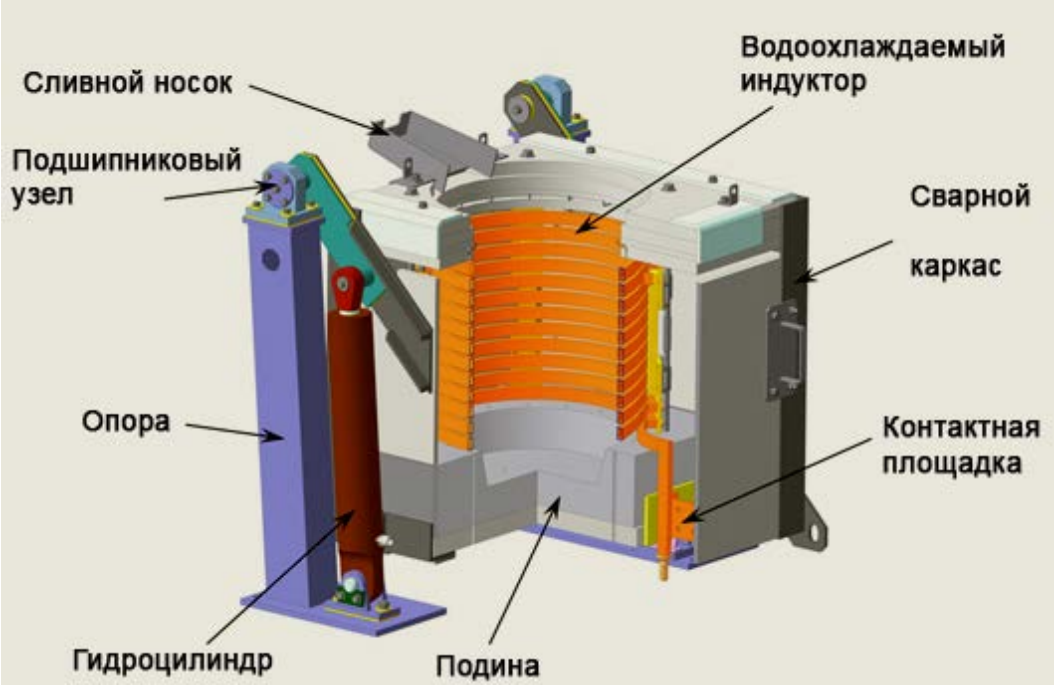

Рисунок 2.1 – Схема плавильной печи

Перед заливкой металла ковш предварительно подогревают до 700...1000 ^{0}С с помощью газовых горелок.

Температура расплава при выпуске из печи – 1430…1450ºС. Температура заливки форм – 1320…1340ºС.

Для изменения температуры применяется оптический пирометр. Его работа основана на оценке интенсивности излучения нагретых тел. Температура жидкого металла определяется сравнением яркости излучаемых им красных лучей с яркостью красного излучения нити эталонной лампочки накаливания, находящейся в пирометре.

Пирометр находится в металлическом корпусе с лазерным целеуказателем и оптическим прицелом, оптическим прицелом, с возможностью установки коэффициента излучения, световая и звуковая сигнализация за установленный порог температуры, память 2000 измерений, часы реального времени.

Технические параметры:

- диапазон измеряемых температур, °С 600…1800;
- диапазон рабочих температур, °С 10…50.

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода

металла на залитые формы (таблица 2.3), которая составляется на основе точной производственной программы цеха, рассчитывается масса выплавляемого металла с учётом массы литников, угара и брака.

Таблица 2.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1.Корпус муфты	СЧ20	17,30	110000	1903,00
2.Головка цилиндров	СЧ20	12,80	110000	1408,00
3.Корпус подшипника	СЧ20	2,18	110000	239,80
4.Коленчатый вал	СЧ20	17,80	110000	1958,00
5.Крышка	СЧ20	13,70	110000	1507,00
6.Шкив	СЧ20	14,00	110000	1540,00
7.Кронштейн	СЧ20	3,34	110000	367,40
8.Втулка	СЧ20	3,12	110000	343,20
9.Корпус	СЧ20	0,90	110000	99,00
10.Крышка	СЧ20	5,32	110000	585,20
11.Крышка	СЧ20	8,86	110000	974,60
12.Фланец	СЧ20	5,60	110000	616,00
13.Корпус	СЧ20	5,76	110000	633,60
14.Корпус	СЧ20	7,76	110000	853,60
15.Крышка	СЧ20	11,00	110000	1210,00
16.Основание	СЧ20	8,10	110000	891,00
17.Патрубок	СЧ20	1,35	110000	148,50
18.Крышка	СЧ20	2,90	110000	319,00
19.Поддон	СЧ20	18,60	110000	2046,00
20.Корпус	СЧ20	13,80	110000	1518,00
21.Маховик	СЧ20	27,40	110000	3014,00
22.Корпус	СЧ20	3,63	110000	399,30
23.Корпус	СЧ20	1,36	110000	149,60
24.Кронштейн	СЧ20	2,80	110000	308,00

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
25.Проставка левая	СЧ20	12,80	110000	1408,00
26.Проставка правая	СЧ20	12,80	110000	1408,00
27.Крышка	СЧ20	0,90	110000	99,00
28.Кольцо	СЧ20	2,10	111050	233,21
29.Втулка	СЧ20	11,30	120000	1356,00
30.Корпус	СЧ20	37,20	120000	4464,00
Итого			3321050	32000,01

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
1.Корпус муфты	3	3300	57,09	113300	1960,09
2.Головка цилиндров	3	3300	42,24	113300	1450,24
3.Корпус подшипника	3	3300	7,19	113300	246,99
4.Коленчатый вал	3	3300	58,74	113300	2016,74
5.Крышка	3	3300	45,21	113300	1552,21
6.Шкив	3	3300	46,20	113300	1586,20
7.Кронштейн	3	3300	11,02	113300	378,42
8.Втулка	3	3300	10,30	113300	353,50
9.Корпус	3	3300	2,97	113300	101,97
10.Крышка	3	3300	17,56	113300	602,76
11.Крышка	3	3300	29,24	113300	1003,84
12.Фланец	3	3300	18,48	113300	634,48
13.Корпус	3	3300	19,01	113300	652,61
14.Корпус	3	3300	25,61	113300	879,21
15.Крышка	3	3300	36,30	113300	1246,30
16.Основание	3	3300	26,73	113300	917,73
17.Патрубок	3	3300	4,46	113300	152,96
18.Крышка	3	3300	9,57	113300	328,57
19.Поддон	3	3300	61,38	113300	2107,38

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
20.Корпус	3	3300	45,54	113300	1563,54
21.Маховик	3	3300	90,42	113300	3104,42
22.Корпус	3	3300	11,98	113300	411,28
23.Корпус	3	3300	4,49	113300	154,09
24.Кронштейн	3	3300	9,24	113300	317,24
25.Проставка левая	3	3300	42,24	113300	1450,24
26.Проставка правая	3	3300	42,24	113300	1450,24
27.Крышка	3	3300	2,97	113300	101,97
28.Кольцо	3	3332	7,00	114382	240,20
29.Втулка	3	3600	40,68	123600	1396,68
30.Корпус	3	3600	133,92	123600	4597,92
		99632	960,00	3420682	32960,01

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	ТВГ	Литниковая система			Всего, т
		литниковая система на одну отливку, кг	отливка с литниками, кг	литников на годовую программу, т	
1	11	12	13	14	15
1.Кожух маховика	82	3,11	20,41	342,54	2302,63
2.Кожух муфты	84	2,05	14,85	225,28	1675,52
3.Корпус	89	0,24	2,42	26,38	273,37
4.Корпус	86	2,49	20,29	274,12	2290,86
5.Стакан	83	2,33	16,03	256,19	1808,40
6.Маховик	79	2,94	16,94	323,40	1909,60
7.Крышка	88	0,40	3,74	44,09	422,51
8.Корпус редуктора	76	0,75	3,87	82,37	435,86
9.Крышка редуктора	78	0,20	1,10	21,78	123,75
10.Крышка	87	0,69	6,01	76,08	678,83
11.Кронштейн	87	1,15	10,01	126,70	1130,54
12.Крышка редуктора	78	1,23	6,83	135,52	770,00

Окончание таблицы 2.3

Название отливки	ТВГ	Литниковая система			Всего, т
		литниковая система на одну отливку, кг	отливка с литниками, кг	литников на годовую программу, т	
1	11	12	13	14	15
13.Крышка	79	1,21	6,97	133,06	785,66
14.Маховик	82	1,40	9,16	153,65	1032,86
15.Корпус	79	2,31	13,31	254,10	1500,40
16.Поршень	81	1,54	9,64	169,29	1087,02
17.Цилиндр	80	0,27	1,62	29,70	182,66
18.Крышка	86	0,41	3,31	44,66	373,23
19.Корпус	82	3,35	21,95	368,28	2475,66
20.Стакан	88	1,66	15,46	182,16	1745,70
21.Корпус редуктора	81	5,21	32,61	572,66	3677,08
22.Крышка редуктора	85	0,54	4,17	59,90	471,17
23.Кожух маховика	89	0,15	1,51	16,46	170,54
24.Крышка	86	0,39	3,19	43,12	360,36
25.Корпус редуктора	82	2,30	15,10	253,44	1703,68
26.Крышка редуктора	84	2,05	14,85	225,28	1675,52
27.Маховик	83	0,15	1,05	16,83	118,80
28.Крышка	85	0,32	2,42	34,98	275,18
29.Кронштейн	83	1,92	13,22	230,52	1627,20
30.Корпус	84	5,95	43,15	714,24	5312,16
				5436,75	38396,76

2.2.2 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит чугун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Химический состав чугуна СЧ20, %:

C – 3,3…3,5%; Si – 1,4…2,4%; Mn – 0,7…1,0%.

Примеси не более, %:

S – 0,15; P – 0,2

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 2.4).

Металлозавалка рассчитывается по формуле [3]:

$$М = \frac{Г + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где М –годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т.;

Г – масса годных отливок, т.;

Б – масса бракованных и опытных, отливок, технологических проб, т.;

Л – масса литников и прибылей, т.;

П – безвозвратные потери металла, %.

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

$$М = \frac{32000 + 5436{,}775 + 960}{100 - 0{,}5 - 1 - 3} \cdot 100 = 40206{,}03 \text{ т.}$$

Таблица 2.4 – Баланс металла

Наименование статей	СЧ20	
	%	т
1. Годные отливки	79,59	32000,01
2. Брак отливок	2,39	960,00
3. Литники и прибыли	13,52	5436,75
4. Технические пробы	0,50	201,03
5. Сливы и сплески	1,00	402,06
Итого жидкого металла	97,00	38999,85
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	1206,18
Металлозавалка	100,00	40206,03

2.2.3 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов

Для расчета шихты используется аналитический метод расчета шихтовых материалов. Он основан на принципе минимизации стоимости шихтовых материалов, расходуемых на одну тонну жидкого металла.. Расчет ведется с учетом возврата, результаты расчета приведены в таблице 2.5. Ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 2.6

Таблица 2.5 – Результат расчета

Обозначение	Название	Содержание, %
X1	Возврат	17,410
X2	Лом чугунный ГОСТ 2787-86	75,808
X3	Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	5,387
X4	Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	0,942
X5	Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	0,453

Таблица 2.6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Возврат	17,410	6999,844
Лом чугунный ОСТ 2787-86	75,808	30479,387
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	5,387	2165,899
Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	0,942	378,741
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	0,453	182,133
Итого	100,000	40206,005

2.2.4 Расчет оборудования плавильного отделения

Расчетное количество плавильных агрегатов P_1 определяется по формуле:

$$P_1^{/} = \frac{В_Г \cdot К_Н}{Ф_Д^{/} \cdot N_{расч}^{/}}, \qquad (2.3)$$

где $В_Г$ – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$Ф_Д$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

$N^{/}_{расч}$ – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

$К_Н$ – коэффициент неравномерности потребления и производства.

В условиях массового и крупносерийного производства $К_Н$ = 1,0…1,2.

$$P_1^{/} = \frac{38999{,}85 \cdot 1{,}1}{3974 \cdot 3} = 3{,}60.$$

Число единиц оборудования ($P^{/}_2$), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P_2^{/} = \frac{P_1^{/}}{K_3}, \qquad (2.4)$$

где $K_з$ – коэффициент загрузки (K_3=0,7…0,85).

$$P_2^{/} = \frac{3{,}60}{0{,}9} = 3{,}96.$$

Принимаем $P^{/}_2$=4; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{P_1^{/}}{P_2^{/}}, \qquad (2.5)$$

$$K_{зф} = \frac{3{,}60}{4} = 0{,}9.$$

Принимаем к установке в цехе четыре индукционных тигельных печей средней частоты ИЧТ 1,0 фирмы «НМЗ».

2.2.5 Расчет потребности в ковшах

Учитывая емкость печи (1 тонна), условия плавки, среднюю металлоемкость формы (80 кг), выбираем разливочный ковш емкостью 0,5 тонны и раздаточный ковш емкостью 1,0 тонна.

В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600…700 ^{0}С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей после выхода его из строя. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800…900 ^{0}С.

Расчет раздаточных ковшей (1 тонна) проводится по формуле:

$$n = \frac{В_г \cdot t}{Ф_д \cdot Q}, \quad (2.6)$$

где $В_г$ – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

t – средний цикл оборота ковша, ч; t=0,33 [4];

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{38999{,}85 \cdot 0{,}33}{3974 \cdot 3} = 1{,}08.$$

Число ковшей, находящихся в ремонте:

$$n_{КР} = \frac{n \cdot \tau_р \cdot n_Р \cdot К_Н}{Ф_д}, \quad (2.7)$$

где $n_{КР}$ – число ковшей находящихся в ремонте, шт;

n – число ковшей находящихся в работе, шт;

$\tau_Р$ – общая длительность ремонтного цикла, $\tau_Р$ =16ч.

$n_Р$ – число ремонтов в год, $n_Р$ =270 шт.

$$n_{КР} = \frac{1{,}08 \cdot 16 \cdot 270 \cdot 1{,}1}{3974} = 1{,}29.$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 3 штукам.

Учитывая, что минимальное число резервных ковшей соответствует двум штукам, принимаем количество раздаточных ковшей в проектируемом цехе 4 шт.

Расчет разливочных ковшей (0,5 тонны) проводится по формуле (2.6)

$$n = \frac{38999{,}85 \cdot 0{,}33}{3974 \cdot 0{,}5} = 6{,}48.$$

Число ковшей, находящихся в ремонте (2.7):

$$n_{КР} = \frac{6{,}48 \cdot 16 \cdot 270 \cdot 1{,}1}{3974} = 7{,}7$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 8 штукам.

Учитывая, что минимальное число резервных ковшей соответствует двум штукам, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 10 шт.

2.3 Формовочно-заливочно-выбиное отделение

Исходя из габаритов и номенклатуры отливок выбираем автоматическую формовочную шестипозиционную карусель фирмы OMEGA [5].

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими. Поэтому в основу проектных решений легла замена ручного труда при формовке и выбивке, формовочными автоматами и выбивными решетками.

Выбрано применение комплексной автоматической линии заливки и выбивки для изготовления отливок с применением ХТС фирмы OMEGA.

В настоящее время выбор технологии и оборудования для получения форм достаточно широк, однако в массовом производстве единственным, отвечающим современным требованиям производства способом получения мелких и средних отливок, является безопочная формовка, реализованная на формовочном оборудовании фирмы OMEGA.

2.3.1 Технология изготовления форм

Система – ALPHA-SET - связующая смола холодного отверждения, использующая технологию, разработанную и запатентованную компанией Borden Chemical. Данная двухкомпонентная система позволяет улучшить экологические условия в литейном цехе и отливать детали повышенного качества.

В середине 70-х гг. компанией Borden Inc. была начата разработка органической системы связующих, которая позволила:

- добиться превосходных характеристик литья, как при использовании «силикатных» связующих;
- использовать преимущества существующих органических связующих.

Разработанные системы холодного отверждения обеспечивают ряд преимуществ при производстве литейных форм и стержней:

- низкий уровень запаха при изготовлении смеси;
- возможность применения различных видов песка;
- низкий уровень химической токсичности;
- лёгкость извлечения из формы;
- возможность очистки оснастки водой (в неотверждённом состоянии);
- равномерное отверждение смеси по всему объему.

Перечисленные преимущества системы обеспечивают улучшение окружающей среды, улучшение условий труда рабочих, уменьшение затрат на техническое обслуживание форм и увеличение производительности.

Прочность литейной формы и однородность уплотнения обеспечивают возможность более точной отливки изделий согласно расчётным размерам. Однако эта жёсткость требует, чтобы при изготовлении образцов моделей особо задавались формовочные уклоны, т.к. эти уклоны должны учитывать относительно негибкое состояние формы при протяжке модели. Расталкивание модели не является рациональным, и по этой причине рекомендуется, как можно более широко использовать вибрационные устройства с целью облегчения отделения модели.

Благодаря этим мерам отливки могут производиться с высокой точностью размеров, а модели могут поддерживаться в хорошем состоянии.

Жёсткая литейная форма в значительной степени гарантирует успешное выполнение операции по установке стержня, а также до 50 % снижает стержневые знаки по сравнению с традиционными формовочными системами.

Для чугунных отливок при использовании подобных методов формообразования рекомендуют состав формовочной смеси [6]:

- кварцевый песок $2К_2О_202$ ГОСТ 2138-91 5%;
- регенерат 95 %;
- связующее Avenol NB-400 1,6% сверх 100%;
- отвердитель Katalisator – 7030 0,4% сверх 100%.

Свойства формовочной смеси:

Параметры отверждения при температуре воздуха 22ºС и относительной влажности 50%:

- живучесть, мин 7…8;
- время выдержки до разъема оснастки, мин 12…15;
- прочность на разрыв, МПа, через:

  1 ч 0,3…0,4;

  2 ч 0,4…0,5;

  24 ч 0,8…1,0.

2.3.2 Выбор оборудования для участка формовки

Автоматическая линия фирмы OMEGA имеет следующие характеристики:

- размеры опок, мм
- в свету 1000×800;
- высота минимальная 250;
- высота максимальная 475;
- цикловая производительность, форм/час 60;
- грузоподъемность стола, кг 6000;
- установленная мощность, кВт 400.

В состав линии входят вибростолы, кантователи, механизмы срезки излишков смеси, манипуляторы для кантовки форм, туннели для сушки форм, поворотно-вытяжные машины, перестановщики опок, выбивные устройства.

Формовочная автоматическая шестипозиционная карусель фирмы OMEGA предназначена для изготовления отливок из стали и чугуна в одноразовых формах из холодно твердеющих смесей.

Для определения годового числа форм, а также объема стержней и формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленной в таблице 2.7.

2.3.3 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно – заливочно - выбивных отделений при поточном производстве P_1 определяется по формуле [3]:

$$P_1 = \frac{n}{K_\sigma N_{п.расч} Ф_д}, \quad (2.8)$$

где n – годовое число форм, изготовляемых на линии, шт.;

K_σ = 0,94…0,96 – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм;

$N_{п.расч}$ – принятая тактовая (расчетная) производительность автоматического оборудования, шт./ч;

$Ф_Д$ – действительный годовой фонд времени, ч.

Расчетную производительность определим по формуле (2.8):

$$P_{1=} \frac{396554}{0{,}95 \times 60 \times 3809} = 1{,}82.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (2.4):

$$P_2 = \frac{1{,}829}{0{,}90} = 1{,}91.$$

Принимаем две формовочные шестипозиционные карусели фирмы «OMEGA». Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.5):

$$K_{ЗФ} = \frac{1{,}82}{2} = 0{,}91.$$

Учитывая производительность формовочной машины и габариты плит скорость конвейера:

$$V_к = \frac{N \cdot L_Ф}{60},$$

$$V_к = \frac{60 \cdot 2}{60} = 2 \text{ м/мин.}$$

Таблица 2.7 – Ведомость изготовления и сборки форм

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Отливка с литниками, кг	Годовой выпуск с учетом брака, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1.Корпус муфты	СЧ20	17,3	20,41	113300	1903
2.Головка	СЧ20	12,8	14,85	113300	1408
3.Корпус	СЧ20	2,18	2,42	113300	240
4.Коленчатый вал	СЧ20	17,8	20,29	113300	1958
5.Крышка	СЧ20	13,7	16,03	113300	1507
6.Шкив	СЧ20	14	16,94	113300	1540
7.Кронштейн	СЧ20	3,34	3,74	113300	367
8.Втулка	СЧ20	3,12	3,87	113300	343
9.Корпус	СЧ20	0,9	1,10	113300	99
10.Крышка	СЧ20	5,32	6,01	113300	585
11.Крышка	СЧ20	8,86	10,01	113300	975
12.Фланец	СЧ20	5,6	6,83	113300	616
13.Корпус	СЧ20	5,76	6,97	113300	634
14.Корпус	СЧ20	7,76	9,16	113300	854
15.Крышка	СЧ20	11	13,31	113300	1210
16.Основание	СЧ20	8,1	9,64	113300	891
17.Патрубок	СЧ20	1,35	1,62	113300	149
18.Крышка	СЧ20	2,9	3,31	113300	319
19.Поддон	СЧ20	18,6	21,95	113300	2046
20.Корпус	СЧ20	13,8	15,46	113300	1518
21.Маховик	СЧ20	27,4	32,61	113300	3014
22.Корпус	СЧ20	3,63	4,17	113300	399
23.Корпус	СЧ20	1,36	1,51	113300	150
24.Кронштейн	СЧ20	2,8	3,19	113300	308
25.Проставка левая	СЧ20	12,8	15,10	113300	1408
26.Проставка правая	СЧ20	12,8	14,85	113300	1408
27.Крышка	СЧ20	0,9	1,05	113300	99
28.Кольцо	СЧ20	2,1	2,42	114381,5	233
29.Втулка	СЧ20	11,3	13,22	123600	1356
30.Корпус	СЧ20	37,2	43,15	123600	4464
Итого				3420686,5	32000

Продолжение таблицы 2.7

Название отливки	Внутренний размер опок, мм			Количество отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт
	L	B	H		
1	7	8	9	10	11
1.Корпус муфты	1000	800	250	4	28325
2.Головка	1000	800	250	8	14163
3.Корпус	1000	800	250	12	9442
4.Коленчатый вал	1000	800	250	4	28325
5.Крышка	1000	800	250	8	14163
6.Шкив	1000	800	250	8	14163
7.Кронштейн	1000	800	250	12	9442
8.Втулка	1000	800	250	12	9442
9.Корпус	1000	800	250	20	5665
10.Крышка	1000	800	250	10	11330
11.Крышка	1000	800	250	8	14163
12.Фланец	1000	800	250	10	11330
13.Корпус	1000	800	250	10	11330
14.Корпус	1000	800	250	8	14163
15.Крышка	1000	800	250	8	14163
16.Основание	1000	800	250	10	11330
17.Патрубок	1000	800	250	12	9442
18.Крышка	1000	800	250	12	9442
19.Поддон	1000	800	250	6	18883
20.Корпус	1000	800	250	8	14163
21.Маховик	1000	800	250	6	18883
22.Корпус	1000	800	250	12	9442
23.Корпус	1000	800	250	12	9442
24.Кронштейн	1000	800	250	12	9442
25.Проставка левая	1000	800	250	8	14163
26.Проставка правая	1000	800	250	8	14163
27.Крышка	1000	800	250	20	5665
28.Кольцо	1000	800	250	12	9532
29.Втулка	1000	800	250	10	12360
30.Корпус	1000	800	250	6	20600
					396554

Окончание таблицы 2.7

Название отливки	Объем смеси для одной формы, $м^3$				Объем уплотненной формовочной смеси на годовую программу, $м^3$
	объем опоки	объем залитого металла	объем стержней	объем уплотненной смеси	
1	12	13	14	15	16
1.Корпус муфты	0,4000	0,0117	0,0147	0,3736	10582,85
2.Головка	0,4000	0,0170	0,0085	0,3745	5304,29
3.Корпус	0,4000	0,0041	0,0013	0,3946	3725,46
4.Коленчатый вал	0,4000	0,0116	0,0000	0,3884	11001,56
5.Крышка	0,4000	0,0183	0,0000	0,3817	5405,56
6.Шкив	0,4000	0,0194	0,0000	0,3806	5390,81
7.Кронштейн	0,4000	0,0064	0,0085	0,3851	3636,10
8.Втулка	0,4000	0,0066	0,0030	0,3904	3685,72
9.Корпус	0,4000	0,0031	0,0020	0,3949	2236,90
10.Крышка	0,4000	0,0086	0,0086	0,3828	4337,68
11.Крышка	0,4000	0,0114	0,0110	0,3776	5347,16
12.Фланец	0,4000	0,0098	0,0000	0,3902	4421,42
13.Корпус	0,4000	0,0100	0,0000	0,3900	4419,19
14.Корпус	0,4000	0,0105	0,0256	0,3639	5154,23
15.Крышка	0,4000	0,0152	0,0000	0,3848	5449,57
16.Основание	0,4000	0,0138	0,0000	0,3862	4375,99
17.Патрубок	0,4000	0,0028	0,0067	0,3905	3687,42
18.Крышка	0,4000	0,0057	0,0900	0,3043	2873,41
19.Поддон	0,4000	0,0188	0,0150	0,3662	6914,84
20.Корпус	0,4000	0,0177	0,0088	0,3736	5290,91
21.Маховик	0,4000	0,0279	0,0003	0,3718	7020,63
22.Корпус	0,4000	0,0072	0,0244	0,3685	3478,96
23.Корпус	0,4000	0,0026	0,0041	0,3933	3713,29
24.Кронштейн	0,4000	0,0055	0,0023	0,3922	3703,05
25.Проставка левая	0,4000	0,0173	0,0215	0,3612	5116,04
26.Проставка правая	0,4000	0,0170	0,0215	0,3615	5120,18
27.Крышка	0,4000	0,0030	0,0020	0,3950	2237,63
28.Кольцо	0,4000	0,0041	0,0073	0,3886	3703,91
29.Втулка	0,4000	0,0189	0,0725	0,3086	3814,45
30.Корпус	0,4000	0,0370	0,0319	0,3311	6821,43
		0,3628			147970,65

Длина ветки охлаждения рассчитывается по формуле (2.9)

$$L_{охл} = V_к \cdot \tau_{охл} \ , \qquad (2.9)$$

где $L_{охл}$ – длина зоны охлаждения, м;

$V_к$ – скорость конвейера, м/мин;

$\tau_{охл}$ – время остывания формы с отливкой, мин.

$$L_{охл} = 2 \cdot (20...45) = 40...90 \text{ м.}$$

Для борьбы с пригаром при литье в песчаные формы наносят на поверхность формы противопригарное покрытие. Противопригарные краски представляют собой суспензии, состоящие из порошкообразного огнеупорного наполнителя, связующего и стабилизатора, распределенных в дисперсной среде – воде или органической жидкости. Краска должна обладать высокой огнеупорностью, химической нейтральностью по отношению к расплаву и его оксидам, высокой прочностью сцепления с поверхностью формы. Необходимо, чтобы слой краски после высыхания был негигроскопичным, негазотворным, сохранял прочность до образования в отливке достаточно жесткой твердой корки.

Для производства данной отливки применяется противопригарное покрытие для форм и стержней TRIOFLEX WK-DS фирмы ПОЛИМЕТ.

Технические параметры:

- цвет бежевый;
- объем твердых веществ, % 65;
- плотность (при 20°С), г/см^3 1,5;
- вязкость (при 20°С), Па с 5.

2.4 Стержневое отделение

В данном цехе стержневое отделение располагается в одном пролете. Основой для расчета стержневого отделения является ведомость изготовления стержней (таблица 2.8).

Для изготовления стержней используется BETA-SET процесс. BETA-SET-

Таблица 2.8 – Ведомость изготовления стержней

Название отливки	Годовой выпуск, шт	Способ изготовления стержня	Количество стержней на 1 отливку, шт	Масса стержня, кг
1	2	3	4	5
1.Корпус муфты	113300	β-set	2	5,885
	113300	β-set	1	1,7
2.Головка цилиндров	113300	β-set	1	1,7
3.Корпус подшипника	113300	β-set	1	0,17
4.Коленчатый вал	113300	β-set	0	0
5.Крышка	113300	β-set	0	0
6.Шкив	113300	β-set	0	0
7.Кронштейн	113300	β-set	1	1,13
8.Втулка	113300	β-set	1	0,4
9.Корпус	113300	β-set	1	0,16
10.Крышка	113300	β-set	1	1,37
11.Крышка	113300	β-set	1	2,2
12.Фланец	113300	β-set	0	0
13.Корпус	113300	β-set	0	0
14.Корпус	113300	β-set	1	5,12
15.Крышка	113300	β-set	0	0
16.Основание	113300	β-set	1	0
17.Патрубок	113300	β-set	1	0,89
18.Крышка	113300	β-set	1	12
19.Поддон	113300	β-set	1	4
20.Корпус	113300	β-set	1	1,75
21.Маховик	113300	β-set	1	0,07
22.Корпус	113300	β-set	1	3,25
23.Корпус	113300	β-set	1	0,55
24.Кронштейн	113300	β-set	1	0,31
25.Проставка левая	113300	β-set	1	4,3
26.Проставка правая	113300	β-set	1	4,3
27.Крышка	113300	β-set	1	0,16
28.Кольцо	114382	β-set	1	0,97
29.Втулка	123600	β-set	1	11,6
30.Корпус	123600	β-set	1	8,5
Итого	3420682			

Продолжение таблицы 2.8

Название отливки	Количество стержней в ящике, шт	Съемов в год, шт	Съемов в год с учетом брака 3%, шт	Масса стержневой смеси на годовую программу, т
1	6	7	8	9
1.Корпус муфты	4	56650,00	58349,50	1373,55
	8	14162,50	14587,38	198,39
2.Головка цилиндров	8	14162,50	14587,38	198,39
3.Корпус подшипника	10	11330,00	11669,90	19,84
4.Коленчатый вал	1	0,00	0,00	0,00
5.Крышка	1	0,00	0,00	0,00
6.Шкив	1	0,00	0,00	0,00
7.Кронштейн	8	14162,50	14587,38	131,87
8.Втулка	10	11330,00	11669,90	46,68
9.Корпус	10	11330,00	11669,90	18,67
10.Крышка	8	14162,50	14587,38	159,88
11.Крышка	8	14162,50	14587,38	256,74
12.Фланец	1	0,00	0,00	0,00
13.Корпус	1	0,00	0,00	0,00
14.Корпус	4	28325,00	29174,75	597,50
15.Крышка	1	0,00	0,00	0,00
16.Основание	1	113300,00	116699,00	0,00
17.Патрубок	10	11330,00	11669,90	103,86
18.Крышка	10	11330,00	11669,90	1400,39
19.Поддон	10	11330,00	11669,90	466,80
20.Корпус	10	11330,00	11669,90	204,22
21.Маховик	10	11330,00	11669,90	8,17
22.Корпус	8	14162,50	14587,38	379,27
23.Корпус	10	11330,00	11669,90	64,18
24.Кронштейн	10	11330,00	11669,90	36,18
25.Проставка левая	8	14162,50	14587,38	501,81
26.Проставка правая	8	14162,50	14587,38	501,81
27.Крышка	10	11330,00	11669,90	18,67
28.Кольцо	10	11438,15	11781,29	114,28
29.Втулка	4	30900,00	31827,00	1476,77
30.Корпус	4	30900,00	31827,00	1082,12
		495280,65	510139,07	9161,63

процесс основан на быстром отверждении смеси в холодной оснастке при продувке парами метилформиата.

Связующее аналогично применяемому в описанном выше ALPHA-SET-процессе. Используемый для продувки реагент — метилформиат (метиловый эфир муравьиной кислоты) прозрачная бесцветная жидкость со сладковатым эфирным запахом.

Стержневая смесь в оснастку подается пескострельным способом.

Паровоздушная смесь содержит обычно по объему 60% паров МФ, остальное - воздух; допускается применение неосушенного сжатого воздуха. Время продувки в зависимости от массы стержня составляет, как правило, от 10 до 30 с. Для достижения оптимальных прочностных результатов скорость и давление паровоздушной смеси не должны быть чрезмерными: давление не может превышать 0,05…0,075 МПа, а длительность контакта МФ со связующим в микрообъемах смеси должна быть не менее 0,5 с.

Для изготовления стержней предусмотрен отдельный участок, включающий автоматическую стержневую линию DISCO 3300 фирмы IMF с применением BETA-SET процесса [7].

Технические характеристики линии следующие:

- объем пескострельной головки 80 л;
- длительность цикла 35 сек;
- размеры стержневого ящика 900×900 мм;
- производительность 50…70 съемов/ч.

Состав и свойства смеси для изготовления стержней следующий:

- кварцевый песок $2K_2O_202$ ГОСТ 2138-91 100%;
- связующее Avenol F 633 2,0% сверх 100%;

После уплотнения стержень продувают смесью воздуха с порами жидкого эфира – метилформиата.

Свойства стержневой смеси:

- живучесть, мин 7…8;

- время выдержки до разъема оснастки, мин 12…15 мин;
- прочность на разрыв, МПа, через:

  1 ч 0,3…0,4;

  2 ч 0,4…0,5;

  24 ч 0,8…1,0.

Стержни укладывают на стеллажи и подают на склад стержней, откуда их электрокарами передают на участок формовки.

Расчетное количество стержневых автоматов определяется по формуле (2.8):

$$P_1 = \frac{510139,07}{0,9 \cdot 60 \cdot 3892} = 2,4 .$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (2.4):

$$P'_2 = \frac{2,4}{0,90} = 2,64.$$

Принимаем три стержневых автомата DISCO 3300. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.5):

$$К_{зф} = \frac{2,4}{3} = 0,8.$$

2.5 Смесеприготовительное отделение

Основой для расчёта смесеприготовительного отделения является ведомость потребности в смесях, представленная в таблице 2.9.

При определении количества смеси необходимо учесть их потери при транспортировке и формообразовании, равные 4…6 %.

Массу формовочной смеси найдем исходя из ее плотности и объема:

$$m=\rho \cdot V=1,6 \cdot 147970,65=236753,04 \text{ т.}$$

Для самотвердеющих формовочных смесей используются скоростные смесители непрерывного действия. Смеситель имеет раму, которая поддерживает две половины кожуха, образующего трубу для перемешивания. Консольные

шнековые смесители для формовочных смесей процессов NO-BAKE обеспечивают высокую надежность и длительный срок службы, высокую эффективность перемешивания, точный контроль дозировки связующего. Консоль представляет собой устройство, оборудованное скоростным ленточным транспортером. Это позволяет быстро подавать смесь к месту формовки.

Таблица 2.9 – Ведомость потребности в смесях

Наименование смеси	Потребность			Оборотная смесь	
	по расчету, т/год	на просыпи (5%), т/год	всего	%	т/год
Формовочная смесь	236753,04	11837,65	248590,70	95,00	236161,16
Стержневая смесь	9161,63	458,08	9619,72	-	-

Окончание таблицы 2.9

Обновление							
песок		Avenol F 633		Avenol NB-400		Katalisator - 7030	
%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год
5,00	12429,53	-	-	1,60	3977,45	0,40	994,36
100,00	9619,72	2,00	192,39	-	-	-	-

Связующие вещества постоянно циркулируют в системе под воздействием насосов. Клапан направляет поток жидкости либо в резервуар, либо к соплам инжекторов. Инжекторы спроектированы таким образом, что подача воздуха гарантирует необходимую степень распыления связующей жидкости. При этом сопла инжекторов остаются чистыми. Дозирующие насосы позволяют изменять количество подаваемого вещества в зависимости от его химического состава. Контроль осуществляется управляющими устройствами. При этом гарантируется точность отпуска доз и повторяемость результатов.

Для приготовления формовочной смеси применяются смеситель T36/40S, фирмы IMF с производительностью 40 т/час .

Технические характеристики модели T36/40S [7]:

- производительность 30 т/час;
- объем однократной загрузки 3,2 т;

Расчётное количество смесителей модели T36/10S рассчитаем по формуле (2.3):

$$P'_1 = \frac{236161{,}16 \cdot 1{,}1}{40 \cdot 3892} = 1{,}76.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, рассчитывается по формуле (2.4):

$$P'_2 = \frac{1{,}76}{0{,}9} = 1{,}93.$$

Значит, к установке в цехе принимаем два смесителя модели T36/40S. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.5):

$$К_{зф} = \frac{1{,}76}{2} = 0{,}88.$$

2.6 Отделение регенерации смеси

Регенерация песка является с некоторого времени частью цикла литья, представляя собой важный и обязательный этап благодаря следующим причинам:

- требованию большей теплоустойчивости;
- дефициту свежего песка хорошего качества;
- продолжающемуся росту затрат на закупку, хранение и транспортировку свежего песка;
- затратам на удаление отработанного песка, которые тоже быстро растут;
- трудностям отыскания подходящих свалок отходов.

Тепловое расширение диоксида кремния вследствие морфологических изменений в кварце является практически необратимым в повторно используемом

песке из-за повторного нагрева и образования неорганических окислов. Использование такого песка уменьшает поверхностные дефекты в отливках, вызываемые тепловой деформацией поверхностей литейной формы.

Регенерация загрязнённого песка представляет собой утилизацию и восстановление со следующими операциями:

- удаление плёнки отверждённого крепителя и катализатора с поверхности частиц для удержания их на приемлемых уровнях;
- удаление металлов и других инородных тел;
- удаление инертных материалов и частиц тонких фракций, образующихся в результате измельчения частиц песка, с использованием системы, которая не вызывает дальнейшего измельчения частиц;
- охлаждение формовочной смеси.

После выбивки форм, смесь поступает на участок механической регенерации. Сухая механическая регенерация заключается в перетирании отработанной смеси, при котором пленки связующего отделяются от зерен песка и превращаются в пыль, удаляемую из смеси интенсивным отсосом воздуха.

Для регенерации смеси выбирается установка механической регенерации IMF с производительностью 40 т/ч для ХТС с органическими связующими.

На установке осуществляются операции: очистка зерен песка; удаление пыли; конечное просеивание; охлаждение.

Определяется расчетное количество установок регенерации (2.3):

$$P_1 = \frac{236161{,}16 \cdot 1{,}1}{3892 \cdot 40} = 1{,}76.$$

По формуле (2.4) рассчитывается количество единиц машин, принимаемое к установке в цехе P'_2:

$$P'_2 = \frac{1{,}76}{0{,}9} = 1{,}93.$$

Проверяется коэффициент загрузки $К_{зф}$:

$$К_{зф} = \frac{1,93}{2} = 0,88.$$

Принимаются две установки механической регенерации фирмы IMF .

2.7 Термообрубное отделение

В термообрубном отделении выполняются следующие операции: очистка отливок от остатков смеси и стержней, отделения литников и прибылей, термообработка (если предусмотрена технологически процессом), исправление дефектов, зачистка отливок.

Отливки, поступающие из формовочного отделения, помещают в дробеметную камеру, затем отливки проходят термообработку в термопечах, после термообработки опять в дробеметную камеру.

Для очистки отливок в условиях массового производства целесообразно использование проходных дробеметных камер непрерывного действия.

Технические характеристики дробеметной камеры модели PG фирмы Cogeim [8]:

- производительность по чугуну, т/ч 6;
- масса детали, кг не более 50
- объем загрузки, кг 150;
- масса, кг 520;
- габариты, мм 2200x980x1010.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (2.3).

$$P_1 = \frac{38396,76 \cdot 1,1}{3933 \cdot 6} = 1,79 .$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (2.4):

$$P'_2 = \frac{1,79}{0,9} = 1,97.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.5):

$$К_{зф} = \frac{1,79}{2} = 0,89.$$

Принимаем к установке в цехе две дробеметные камеры модели PG фирмы Cogeim.

Отливки подвергается низкотемпературному графитизирующиму отжигу (680…750 °С). Продолжительность отжига зависит от требуемой конечной структуры и составляет 4…8 часа. Отжиг применяется для снижения твердости, улучшения обрабатываемости, повышения пластичности, ударной вязкости.

Для термообработки применяются печи электрические камерные с выкатным подом.

Технические характеристики печи ПКМ 12.20.12/11М фирмы «НАКАЛ» [9]:

- размеры печи, мм 3500х2400х3900;
- размеры рабочей камеры, мм 2000х1200х1200;
- температура max, °С 1100;
- мощность, кВт 150.

Производительность термической печи находим по формуле:

$$N_{печи} = (V_{печи} \cdot \rho_{укл})/\tau_{то}, \quad (2.10)$$

где $V_{печи}$ – объем садки печи, м^3;

$\tau_{то}$ – время термической обработки, час;

$\rho_{.укл}$ – плотность укладки отливок в печь, т/м^3.

$$N_{печи} = (8 \cdot 4)/8 = 4 \text{ т/ч},$$

Расчетное количество оборудования определим по формуле (2.3).

$$P_1 = \frac{32960,00 \cdot 1,2}{4 \cdot 6210} = 1,64.$$

Число единиц оборудования, принимаемое в цехе, определяется по формуле (2.4):

$$P_2 = \frac{1,64}{0,8} = 1,97.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.5):

$$К_{зф} = \frac{1,97}{2} = 0,82.$$

Принимаем две печи ПКМ 12.20.12/11М фирмы «НАКАЛ».

После термообработки отливки снова поступают на очистку в дробеметную камеру PG фирмы Cogeim. Расчетное количество оборудования определим по формуле (2.3).

$$P_1 = \frac{32960,00 \cdot 1,1}{3933 \cdot 6} = 1,54 .$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (2.4):

$$P'_2 = \frac{1,54}{0,9} = 1,69.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.5):

$$К_{зф} = \frac{1,54}{2} = 0,77.$$

Принимаем к установке в цехе еще две дробеметные камеры модели PG фирмы Cogeim.

2.8 Склады литейных цехов

Склады оборудованы двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 20 тонн.

Для обеспечения бесперебойной работы литейного цеха необходимо иметь достаточный запас всех формовочных и шихтовых материалов.

Площади для хранения каждого вида материала определяются по формуле:

$$F_M = Q / H \times K \times \gamma, \quad (2.11)$$

где F_M – площадь для хранения каждого вида материала, м²;

Q – масса запаса каждого материала на складе, т;

H – высота складирования, м;

K – коэффициент использования емкости хранилища (K = 0,7…0,8);

γ – объемная масса материала, т/ м³.

Таблица 2.10 – Ведомость расчета площади складов

Наименование материала	Годовое количество, т	Нормативный запас хранения, сут.	Насыпная масса, т/м^3	Высота хранения, м
Шихтовые материалы				
Возврат	6999,844	4	1,5	4
Лом чугунный А1 ГОСТ 2787-86	30479,387	30	4	4
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	2165,899	30	3,5	4
Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	378,741	20	1,7	2
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	182,133	20	1,7	2
Огнеупоры ГОСТ 390-96	800,000	30	1,8	2
Итого	41006,005			
Формовочные материалы				
Песок 2К$_2$О$_2$02 ГОСТ 2138-91	22049,250	30	1,5	8
Смола Avenol NB-400	192,394	20	-	-
Катализатор Katalisator – 7030	3977,451	20	-	-
Смола Avenol F 633	994,363	20	-	-
Итого	22049,250			
Всего	63055,255			

Окончание таблицы 2.10

Наименование материала	Количество материала на складе		Площадь склада	
	тонн	$м^3$	расчетная	округленная
Шихтовые материалы				
Возврат	76,71	51,14	12,79	13
Лом А1 ГОСТ 2787-86	2505,16	626,29	156,57	157
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	178,02	50,86	12,72	13
Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	20,75	12,21	6,10	7
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	9,98	5,87	2,94	3
Огнеупоры ГОСТ 390-96	65,75	36,53	18,26	18
Итого	2856,37	782,90	209,38	211
Формовочные материалы				
Песок $2К_2О_202$ ГОСТ 2138-91	1812,27	1208,18	151,02	151
Смола	10,54	-	-	1
Катализатор	217,94	-	-	25
Смола	54,49			7
Итого	1812,27	1208,18	151,02	151
Всего				*362*

Смолы и катализатор поставляются в еврокубах в жидком виде емкостью приблизительно 1200 кг. Такую тару можно ставить друг на друга по четыре штуки в высоту.

2.9 Внутрицеховые лаборатории и вспомогательные участки цеха

Ряд исходных материалов, применяемых в цехе, требует перед запуском в работу контрольной проверки, подтверждающей соответствие материалов требованиям. Для выполнения таких анализов, а также анализов в процессе производства, в цехе работают: экспресс–лаборатория и лаборатория формовочных материалов.

В целях обеспечения безостановочной работы технологического и подъемно–транспортного оборудования в цехе предусматривается ремонтно-слесарное отделение. В задачи ремонтно-слесарного отделения входит проведение текущего, профилактического и среднего ремонтов, технологического ремонта оборудования цеха, согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

Кроме того в цехе предусмотрены служба механика, наладчика и электрослужба, которые обеспечивают бесперебойную работу цеха.

2.10 Внутрицеховой транспорт

Литейное производство характеризуется многократным перемещением больших количеств различных грузов. Поэтому транспортные операции являются важной составляющей производственного процесса.

Внутри цеха формовочная смесь и песок транспортируется с базисного склада пневматическим транспортом.

Для подъема грузов в цехе используются следующие подъемно – транспортные средства: краны и кран-балки, ручные и электрические тележки, различного типа конвейеры, установки трубопроводного транспорта, вспомогательные устройства: питатели, бункеры, затворы, дозаторы и другие механизмы, предназначенные для совместной работы с подъемно – транспортным оборудованием.

В цех материалы завозят по железнодорожным путям. Из вагонов сыпучие материалы сгружают в специально отведенные ямы, откуда они пересыпаются в бункера. Шихтовые материалы разгружают с помощью мостового крана с магнитной шайбой. Шихтовые материалы краном с бадьей, где происходит взвешивание (навеска) подают на передвижную тележку. С помощью неё материалы попадают в плавильное отделение. Мостовым краном происходит завалка шихты в печь. После выплавки СЧ20 производят выпуск металла в ковши. Затем с помощью передвижной тележки ковш с металлом передвигается в формовочно-заливочно-

выбивное отделение, где металл попадает на формовочную шестипозиционную карусель OMEGA, куда подвозят стержни электрокарами. После выбивки отливки по средствам подвесного конвейера перемещаются в отделение термообработки и обрубки. Отливки с помощью мостового крана подают в дробеметную камеру. Затем обрубаются оставшиеся литники и прибыли, и отливки отправляют в термопечь.

3.ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

В настоящее время идет активное развитие промышленности. В результате производства продукции происходит выделение различных веществ вредных для окружающей среды. Поэтому перед человеком остро встала проблема экологической безопасности. В результате загрязнения окружающей среды происходят необратимые явления вредные как для человека, так и для всего земного шара. А именно появление озоновых дыр, возникновение парникового эффекта, глобальное потепление климата и угроза таянья льдов.

Перерабатывая природные материалы в продукты, необходимые и полезные для человека, человек воздействует на окружающую его природную среду, на природу, частью которой является он сам. Интенсивное расходование материальных и энергетических ресурсов, а также загрязнение окружающей среды отходами и выбросами промышленного производства могут привести к необратимому разрушению природы, угрожающему животному и растительному миру, а также самому человеку. Литейное производство является одним из наиболее вредных для экологической среды. Технологические процессы плавки черных и цветных металлов, термическая обработка металлов сопровождается образованием большого количества вредных газов, пыли загрязненных вод В проектируемом цехе отходами производства загрязняются атмосфера, вода, почва. Формовочное отделение чугунолитейного цеха является крупным источником выделения веществ содержащих CO, CO_2, $1O_2$, которые поступают в атмосферу от переработки шихтовых и формовочных материалов. Поэтому каждое предприятие должно применять наиболее эффективные по очищению окружающей среды меры.

3.1 Загрязнение атмосферы

Источником пыле- и газообразования являются в проектируемом цехе индукционные печи, формовочные и стержневые линии, оборудование

землеприготовительного отделения, выбивные решетки, дробеструйные камеры, шлифовальные станки.

В человеческий организм вредные вещества могут поступать через дыхательные пути, пищеварительный тракт и кожный покров. Наибольшее значение имеет поступление через органы дыхания, поэтому загрязнение атмосферы представляет для здоровья человека наибольшую опасность. Многие загрязняющие атмосферу вещества оказывают раздражающее действие на дыхательные пути. Это в первую очередь сернистый и серный ангидриды, окислы азота, пары соляной, азотной и серной кислоты, сероводород, фосфор и его соединения, а также всевозможная пыль. Систематическое воздействие на организм человека этих веществ может привести к таким болезням дыхательных путей, как хронический бронхит, эмфизема, астма.

Загрязнения атмосферы часто раздражают слизистые оболочки органов зрения. Загрязненный воздух также отрицательно влияет на животных, птиц и насекомых. Находящиеся в атмосфере и выпадающие из нее вредные вещества могут поражать животных не только через органы дыхания, но и в том случае, если они попадают в организм вместе со съедобными растениями, на которые эти вещества осели или в которых они накопились. При поглощении больших количеств токсичных веществ животные могут получить острое отравление. Загрязнение атмосферного воздуха может существенно повлиять на элементы, жизненно важные для растений – солнечную радиацию, почву и воду – тем самым, нарушая нормальные условия их развития и жизни.

Одним из основных веществ, очень вредным является сернистый ангидрид, под действием которого листья растений изменяют окраску, сморщиваются и опадают. В дипломном проекте мы разрабатываем меры по снижению выбросов в атмосферу пыли и газа. В данном цехе мы поставим индукционные печи т.к. при малом зеркале металла и большой скорости нагрева плавка характеризуется малым угаром, следовательно, в атмосферу уходит наименьшее количество вредных веществ по сравнению с другими печами. Основной мерой борьбы по снижению

попадания вредных веществ окружающую среду является установка циклонов. Частицы пыли отделяются от воздуха за счет сил инерции, которые действуют на частицы при вращении потока очищаемого газа. Коэффициент очистки 80 – 90%. Циклоны применяют для очистки воздуха от сухой неволокнистой и неслипающейся пыли.

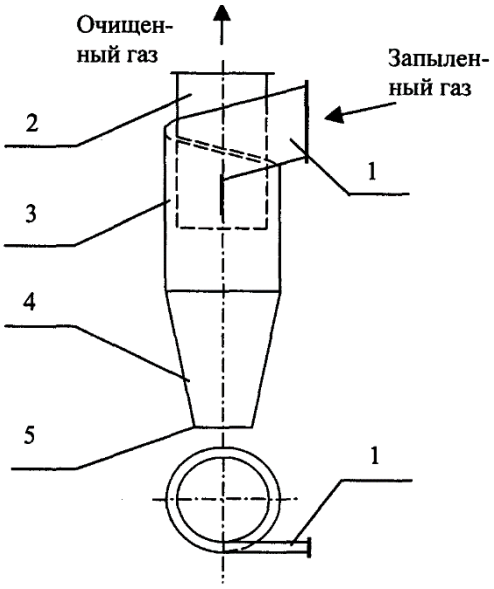

Рисунок 3.1 – Циклон

1 – входной патрубок; 2 – выхлопная труба; 3 – цилиндрическая часть; 4 – коническая часть; 5 – патрубок выхода пыли.

Частицы ПЫЛИ отделяются от воздуха за счет сил инерции, которые действуют на частицы при вращении потока очищаемого газа. Коэффициент очистки достигает 80 – 90%. Возможно применение рукавных фильтров, где очистка воздуха от пыли достигается путем его фильтрации через ткань, сшитую в виде рукавов, встроенных в герметичный корпус. В вытяжных системах от дробильно-сортировочного оборудования, от смесеприготовительного оборудования устанавливаются скрубберы насадочные ударно-сливного действия. В них газовый поток движется снизу вверх, навстречу разбрызгиваемой форсунками воде и очищаются ею. На термическом участке при нагреве в контролируемых атмосферах выделяются вредные газы. для уменьшения загрязнения атмосферы используем метод химической очистки адсорбция: поглощение газов и паров поверхностью твердых адсорбентов.

3.2 Загрязнения сточных вод

Основными видами загрязнения сточных вод являются механические взвеси – песок, металлическая стружка, пыль, флюсы, масла. Находящиеся в загрязненной воде вредные вещества могут поступать в человеческий организм с пищей, а также воздействовать на кожный покров и слизистые оболочки. Примеси некоторых химических веществ, находящиеся в воде в очень малых количествах, при небольшом их увеличении наносят вред организму. Например, массовая доля фтора в питьевой воде не должна превышать 1,5 мг/л. Иначе разрушается зубная эмаль, может развиться флюороз, поражающий кости человека.

К числу металлов, содержание которых в питьевой воде особенно вредно для человека, относятся: кадмий, отравления которым вызывают тошноту и размягчение костей; хром, разрушающий кожу (отеки, дерматиты, экземы); ртуть, вызывающая острые и хронические отравления, проявляющиеся в тошноте, воспалении слизистой оболочки полости рта (стоматит), нарушениях центральной нервной системы. Загрязнения сточными водами водоемов и почву приводит к заболеваниям растений и животных. Основную опасность загрязнения вод и рек, озер, водохранилищ и морей представляет для водной фауны и флоры и в первую очередь для промысловых рыб. В результате воздействия сточных вод нарушается нормальное размножение и развитие рыб, т.к. погибают многие организмы, служащие кормом для рыб, нерестилища утрачивают свои значения, а рыб поражают различные болезни.

Серьезными последствиями грозит тепловое загрязнение водоемов, вызываемое сбросом нагретых сточных вод, поскольку оно воздействует на термический и биологический режим поверхностных вод, влияя тем самым на жизнь водной флоры и фауны, способствует зарастанию водорослями водоемов, гниение которых приводит к снижению кислорода в воде, поступление в воду фенола (массовая концентрация которого 3-4 мг/л уже смертельная для рыбы) и других ядовитых веществ – продукты их размножения. Применим механический метод

очистки (процеживание, отсеивание, фильтрование). Процеживание происходит через решетки и сито для предварительного удаления плавающих крупных загрязнений. для выделения из сточных вод примесей применим горизонтальные отстойники, в которых частицы взвесей, оседая на дно или всплывая, движутся горизонтально вместе с осветляемой водой. Процент очистки в отстойниках составляет 50 – 60%. Образующийся в отстойниках шлак перед выводом в отвал обезвоживается на фильтр- прессах или вакуум-фильтрах.

Дальнейшей очисткой является фильтрование через слой зернистого или пористого материала (чаще всего кварцевый песок). Сами фильтры должны подвергаться промывке водой в направлении обратном направлению течения фильтруемой жидкости.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Общая характеристика литейного цеха

Проектируемый цех чугунного литья представляет собой одноэтажное здание, общей площадью 13500 м^2, количество работающих в цехе 122 человека. Площадь производственного помещения, приходящаяся на одного работающего составляет 110,6 м^2.

Здание литейного цеха каркасного типа. Несущий каркас состоит из колонн, установленных на фундаменте и связанных балками и фермами. Каркасы и колонны – железобетонные. Для въезда и выезда транспортных средств имеются ворота, оборудованные воздушно-тепловой завесой.

Конструкция здания проектируемого литейного цеха выполнена в соответствии с СанПиН 2.2.3.1385-03 – «Требования к предприятиям металлургической промышленности».

Для эффективного проветривания, размещаем проектируемый цех в здании сплошной застройки пролетного типа, конфигурация плана цеха в виде прямоугольника. Полы цеха выполнены из материалов с высокой прочностью, износостойкостью, стойкостью к воздействию агрессивных средств.

Санитарно-гигиенические требования к вентиляции, отоплению помещения выполнены по СанПиН 2.2.4.548-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Отопление цеха осуществляется местными нагревательными приборами регистрами из гладких труб. Все трубопроводы систем отопления и теплоснабжения калориферов выполняются из стальных водогазопроводных труб. Проектируемый литейный цех имеют эффективную вентиляцию, обеспечивающую многократный обмен воздуха в цехе, систему местной вентиляции, предотвращающую выброс вредных выделений в атмосферу цеха; устройство воздушных душей или тепловых завес на рабочих местах. У ворот имеются воздушные тепловые завесы, пуск которых сблокирован с механизмом открывания

ворот. В помещениях объем наружного воздуха составляет не менее 30 м³/ч на одного работающего. В зимнее время приточная вентиляция работает в сочетании с калориферными установками. Температура в цехе в холодный период 15 - 21 °С, в теплый период 16…27 °С. Предприятие относится ко 2-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.1.1200-2003 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов». Поэтому территория цеха отделена от жилого массива санитарно-защитной зоной на расстоянии (500 м). В соответствии с СанПиН 2.2.3.1385-03 – «Требования к предприятиям металлургической промышленности». Расчетные нагрузки на полы и перекрытия представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчетные нагрузки на полы и перекрытия (кПа), материалы полов

Отделения и участки	Максимальная масса отливки, менее 1000 кг	Рекомендуемые типы материалов для полов
Плавильное отделение	30 - 60	IV, V, VI
Формовочное отделение: Машинная формовка	30 - 60	I, II, VI
Участок заливки на конвейере	30 - 60	IV
Выбивное отделение	30 - 60	I, II, VI
Стержневое отделение	20 - 60	I, II, VI
Смесеприготовительное отделение	30 - 60	I, II, III, VI
Отделение обрубки	30 - 60	I, VI
Склады шихты и формовочных материалов	60	I, V
Закрома формовочных материалов	100 - 150	I, VI
Железнодорожный путь	60	VII

Примечания: Типы материалов полов: I – бетонные плиты с железоцементным покрытием; II – плиты из высокопрочного бетона, изготовляемые методом прессования; III – сборные железобетонные плиты; IV – плиты из жаростойкого бетона; V – стальные рифленые плиты толщиной 8 мм с анкерами; VI – стальные перфорированные плиты толщиной 1,5…3,0 мм; VII – брусчатка.

При установке оборудования в цехе необходимо учитывать, чтобы агрегаты, являющиеся источником тепловых потоков размещались вдоль продольной оси

пролета. Расстояние между агрегатами устанавливается такое, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались.

В проектируемом литейном цехе предусмотрена система водоснабжения: хозяйственно-питьевая; производственная; оборотного и вторичного использования. Также в цехе предусмотрены системы водоотведения: бытовая (для отведения от санитарных узлов), производственная (для отведения сточных производственных вод), дождевая.

4.2 Анализ опасных и вредных факторов рабочей среды и трудового процесса

В проектируемом цехе, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-03 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», при проведении технологического процесса на всех стадиях обработки металлов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными из них являются: пыль дезинтеграции и конденсации; выделение паров и газов; избыточное выделение теплоты; повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений; наличие движущихся машин и механизмов и т.д. Вредные производственные факторы негативно воздействуют на организм людей работающих в цехе, приводят к различным заболеваниям и быстрой утомляемости, опасные же факторы влекут за собой травматизм и летальный исход.

При проведении термической обработки должны быть предусмотрены меры защиты работающих от возможного действия опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-80 [10].

4.2.1 Вредные вещества

Пыль литейных цехов по дисперсному составу относится к мелкой и мельчайшей фракциям, которые длительное время находятся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны. Значительные выделения пыли наблюдаются при выбивки отливок, в процессе приготовления формовочных и стержневых

смесей. К газам и парам, которые загрязняют воздух рабочей зоны литейного цеха, относятся ацетон, ацетилен, бензол, окись азота, двуокись серы, углекислый газ, фенол, окись углерода, формальдегид, хлор, этиловый спирт и др.

Избыточны выделения теплоты в отделениях плавки металла, заливки, выбивки отливок, термической обработки, а также при выполнении ряда вспомогательных операций (при подсушке ковшей, форм и др.). Потери теплоты основным технологическим оборудованием – плавильными агрегатами – составляют 14…62 % общего расхода теплоты на расплавление металла приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Количество теплоты, выделяемой на различных участках

Источник выделения теплоты	При подаче с выбивки на очистку горячих мелких отливок	При остывании на участке выбивки мелких отливок
Участок заливки	84	84
Охладительный кожух	63	63
Участок выбивки	63	126
Участок очистки отливок	105	42
Горелая смесь	105	105

В соответствии с ГОСТ 12.0.003 «СББТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным факторам относится пыль, выделяющиеся газы и пары источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсичных газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе на рабочих местах. Разновидность вредных веществ в

воздухе производственного помещения является пыль. Она может быть во взвешенном – аэрозоль и осевшем – аэрогель состояниях.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест не должно превышать установленных ПДК. В таблице 4.3 приведен ПДК вредных веществ, сопутствующих литейному производству (согласно ГН 2.2.5.1313-03).

Таблица 4.3 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
Оксид углерода	20	4
Оксид азота	5	3
Оксид железа	6	3
Оксид алюминия	6	3
Диоксид серы	10	4
Двуокись кремния	1	1
Известняк	6	3
Фенол	1	1
Формальдегид	0,5	1
Спирт этиловый	6	3
Спирт метиловый	5	3
Ацетон	200	5

Помимо естественной вентиляции, для эффективного распределения воздуха по всему производственному помещению, применяется механическая вентиляция, которая состоит из приточной вытяжной вентиляционной установки. В общем случае цеховая приточная установка включает в себя: воздухоприемное устройство, пористый фильтр для очистки поступающего воздуха, систему кондиционирования для подогрева и охлаждения воздуха, вентилятор.

Кроме общецеховой предусматривается приточная местная вентиляция – воздушные завесы для защиты производственных помещений от проникновения холодного воздуха при открытии ворот, дверей.

В качестве индивидуальных средств защиты от пыли, при концентрациях, превышающих ПДК, применяют респираторы типа «лепесток».

4.2.2 Вибрация

В литейном цехе источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, центробежных и других машин. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.566-01.

Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиенические нормы вибрации, допустимые к воздействию на работника в течение рабочей смены приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Гигиенические нормы вибрационного воздействия

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Транспортно-технологическая	-	117	108	102	101	101	101	-	-	-	-
Технологическая	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
В служебном помещении	-	91	82	76	75	75	75	-	-	-	-
Локальная вибрация	-	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109

Для снижения вибрации рекомендуется: установка машин, при работе которых возникают незначительные вибрации, увеличение массы фундаментов вибрирующего оборудования, устройство акустических разрывов и акустических швов вокруг фундаментов вибрирующего оборудования, укладка виброизоляционных материалов под станины машин, виброизоляция – снижение колебаний источника с помощью дополнительных устройств виброизоляторов.

4.2.3 Шум

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки и обрубки. Параметры шума и общие требования безопасности регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-01.

Общие требования безопасности при использовании машин и оборудования, работа которых сопровождается шумом, допустимые уровни звукового давления на рабочих местах устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-03 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». В отделениях цеха, где имеются производства с эквивалентными уровнями шума более 85 дБ, должны быть предусмотрены комнаты отдыха с уровнем шума не более 40 дБ.

Для снижения механического шума используют упругие вставки между деталями и частями агрегатов, а также проводим принудительную смазку трущихся частей, что уменьшает уровень шума на 5…7 дБ. Применение звукопоглощающих кожухов является простым и недорогим способом снижения шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека.

Таблица 4.5 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

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

4.2.4 Электромагнитные излучения

Электромагнитные поля в литейном цехе генерируется плавильными печами и др.

Допустимые параметры электромагнитных полей регламентируются ГОСТ 12.1.006-04 «ССБТ. Электромагнитные излучения. Общие требования».

В таблице 4.6 представлены предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля.

Таблица 4.6 – ПДУ постоянного магнитного поля.

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0…10	24	30	40	50
11…60	16	20	24	30
61…480	8	10	12	15

4.2.5 Освещение

Освещение в производственной деятельности, как фактор охраны труда, имеет большое значение. Недостаточное или неправильно устроенное освещение ухудшает зрение работников, вызывает общее утомление, ведет к снижению производительности труда, к увеличению брака в работе и может явиться одной из основных причиной травматизма. Естественное и искусственное освещение производственных и санитарно-бытовых помещений литейного цеха должно соответствовать нормам СанПин 2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению».

Кроме естественного освещения через окна и аэрационные фонари в цехе применяется искусственное освещение. Для общего освещения используются газоразрядные источники света типа ДРИ и ДРЛ.

Для местного освещения – люминесцентные лампы. Ленточные конвейера по всей длине освещаются лампами накаливания. Аварийное освещение предусмотрено в плавильно-заливочном участке и в местах выпуска металла.

Аварийное освещение предусматривается для безопасного продолжения работы или при внезапном повреждении освещения. Аварийное и охранное освещение литейного цеха должно предусматриваться в соответствии со СанПин 2.1.1.1278-03. Рекомендуемые значения освещенности приведены в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Освещенность участков при использовании газоразрядных ламп

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, лк	КЕО, %
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, закром	горизонталь	$IV_а$	150	2,4
Плавление металла	печь	горизонталь, вертикаль	$IV_г$	150	2,4
Загрузка шихты	загрузочная площадка, свод	горизонталь	$VIII_б$	200	0,7
Изготовление форм	0,8 м от пола	горизонталь	VI	300	1,8

4.3 Микроклимат

Оценка микроклимата проводится на основе измерений его параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88, которые устанавливаются с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени

выполнения работы, периодов года. Правила и нормы микроклимата предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Работы, выполняемые в цехе относятся к работам средней тяжести (категория IIб).

К показателями, характеризующим микроклимат относятся:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

К категории IIб (энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233…290 Вт)) относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим причинам не обеспечиваются оптимальные нормы.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям (согласно ГОСТ 12.1.005-88).

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м^2 – при облучении не более 25 % поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м^2, при этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Кроме того, при обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3°С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать (при категориях работ IIб) 5°С.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия на работающих ОВФ РС и ТП. Обеспечение рабочих надежными и эффективными СИЗ, способствует повышению безопасности труда, снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

4.4 Электробезопасность

Основными источниками опасности поражения электрическим током являются электропечи, машины и механизмы с электроприводом (конвейеры, подъемно-транспортные устройства и т.д.).

Электробезопасность в проектируемом литейном цехе должна обеспечиваться конструкцией электроустановок; техническими требованиями и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями, а также контролем по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты». Повышение электробезопасности также достигается применением систем защитного заземления, зануления, защитного отключения и других средств и методов защиты, в том числе знаков безопасности и предупредительных плакатов и

надписей. Применением в системах местного освещения, в ручном электрифицированном инструменте пониженного напряжения.

Для защиты электроустановок от перегрузки применяются плавкие предохранители, рубильники располагаются в заземленных контурах. Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта.

Повышение электробезопасности достигается также путем применения изолирующих, ограждающих, предохранительных и сигнализирующих средств.

Для индивидуальной защиты работников цеха должны применяться монтерские инструменты, резиновые перчатки, сапоги, резиновые коврики и другие вспомогательные приспособления ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

4.5 Пожаровзрывобезопасность

Проектируемый цех относится по пожарной опасности к категории «Г». Регламентирующие условия пожарной безопасности определяются по ППР 01-03 «Правила противопожарного режима в РФ». Общие требования» и согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года.

Пожаровзрывоопасные вещества и материалы для их тушения приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Пожаровзрывоопасные вещества и материалы для их тушения

Вещество	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Взрывоопасное содержание в воздухе	Материал, применяемый для тушения
Спирт этиловый	11	445	3,5 - 18	химическая пена, углекислота
Ацетон	-18	465	2,2 - 13	
Спирт метиловый	-1	475	6 - 36	

В таблице 4.9 приведены рекомендации по применению средств пожаротушения в литейном цехе.

Таблица 4.9 – Рекомендации по применению средств пожаротушения в цехе

Средство пожаротушения	Материалы и область тушения	Отделения, участки
Распыленная вода	горючие жидкости с температурой вспышки более 45 ^{o}C (смазочные масла, олифы и др.)	формовочное, стержневое
Углекислый газ	легковоспламеняющие и горючие жидкости, твердые сгораемые материалы	сушки стопок и стержней
Химическая пена	легковоспламеняющие и горючие жидкости, твердые сгораемые материалы (ацетон, битумы, керосин, лаки и др.)	формовочное, стержневое
Порошковые сухие огнетушители, сухой песок, флюсы	твердые горючие материалы, в том числе металлы	плавильное
Войлочные кошмы и покрывала	небольшие очаги пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	стержневое

В целях пожарной безопасности в цехе предусмотрены: места для огнетушителей в каждом отделении цеха, пожарные щиты (всего 12 штук), пожарные краны (всего 12 штук), ящики с песком, средства связи с пожарной охраной завода, звуковая пожарная сигнализация.

Цех относится к категории помещения «Г» в соответствии с НПБ 105-03 [11].

5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Данный раздел дипломного проекта посвящен оценке эффективности работы проектируемого цеха по производству отливок из серого чугуна марки СЧ20 на годовой выпуск 32000 годного литья с точки зрения целесообразности его открытия.

Эффективность разработки оценивается по локальным показателям, характеризующим использование всех видов ресурсов (фондоотдача и фондоемкость, материалоотдача и материалоемкость, производительность труда и трудоемкость) и обобщающими показателями, такими как годовое изменение прибыли цеха, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, рентабельность.

Расчет экономических показателей работы цеха представлен в виде таблиц.

5.1 Состав и стоимость машин и оборудования

Таблица 5.1 – Состав и стоимость машин и оборудования проектируемого цеха

Машины и оборудование		Количество машин данной марки	Стоимость 1 шт., тыс. руб.	Стоимость всех машин данной марки, млн. руб.
наименование	марка			
1.Линия формовочная	OMEGA	2	9450,000	18,900
2.Печь плавильная	ИЧТ 1,0	4	3760,000	15,040
3.Установка подогрева ковшей		3	220,000	0,660
4.Бункера песка		9	175,000	1,575
5.Пневмотранспорт		1	225,000	0,225
6.Установка регенерации смеси		2	165,000	0,330
7.Смеситель формовочной смеси	T36/30S	2	340,000	0,680
8.Автомат стержневой		3	3850,000	11,550

Окончание таблицы 5.1

Машины и оборудование		Количество машин данной марки	Стоимость 1 шт., тыс. руб.	Стоимость всех машин данной марки, млн. руб.
наименование	марка			
9.Смеситель стержневой		3	1150,000	3,450
10.Печь термическая		2	1410,000	2,820
11.Камера дробеметная		4	1620,000	6,480
12.Тележка передаточная		4	190,000	0,760
13.Кран мостовой		12	1280,000	15,360
Итого				77,830

Стоимость машин и оборудования проектируемого цеха составляет 77,830 миллионов рублей.

5.2 Структура основных фондов

Расчет структуры основных производственных фондов проектируемого цеха, нормы амортизационных отчислений по отдельным категориям основных производственных фондов, а так же величина амортизационных отчислений представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Балансовая стоимость и амортизационные отчисления проектируемого цеха

Наименование основных фондов цеха.	Стоимость основных фондов, млн. руб.	Содержание от общей суммы фондов, %	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, млн. руб.
1.Здания	250,000	67,36	1,20	3,000
2.Сооружения	25,000	6,74	8,50	2,125
3.Передаточное устройство	10,000	2,69	4,20	0,420

Окончание таблицы 5.2

Наименование основных фондов цеха.	Стоимость основных фондов, млн. руб.	Содержание от общей суммы фондов, %	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, млн. руб.
4.Машины и оборудование:	0,000	0,00		0,000
-силовые машины	2,500	0,67	6,40	0,160
-рабочие машины	77,830	20,97	8,30	6,460
-измерительные приборы	0,200	0,05	7,00	0,014
-вычислительная техника	0,200	0,05	12,00	0,024
5.Транспортные средства	0,200	0,05	4,20	0,008
6.Инструмент	0,200		20,00	0,040
7.Производственный инвентарь	2,500	0,67	9,10	0,228
8.Хозяйственный инвентарь	2,500	0,67	9,10	0,228
Всего	371,130	100,00		12,706

Балансовая стоимость основных производственных фондов проектируемого цеха составляет 371,130 миллион рублей; годовые амортизационные отчисления составляют 12,706 миллионов рублей.

5.3 Потребность в оборотных средствах

Потребность проектируемого цеха в оборотных средствах составлена на основе норм расхода, полученных в проектно-технологической части дипломного проекта и оптовых цен. Расчет потребности цеха в оборотных средствах показан в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Потребность в оборотных средствах

Наименование оборотных средств	Единица измерения	Расход на 1т. годного литья	Цена за единицу, тыс. руб.	Затраты на 1 тонну литья, тыс. руб.	Годовая потребность, млн. руб.
Основные материалы					
1. Возврат	т	0,219	19,50	4,271	136,656
2. Лом чугунный ГОСТ 2787-86	т	0,952	16,50	15,708	502,656
3. Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	т	0,036	23,00	0,828	26,496
4. Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	т	0,012	93,00	1,116	35,712
5. Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	т	0,006	122,00	0,732	23,424
Итого		1,224		22,655	724,944
Вспомогательные материалы					
1. Смесь оборотная	т	8,024	0,35	2,808	89,869
2. Песок 2К2О202 ГОСТ 2138-91	т	0,723	0,24	0,174	5,553
3. Смола Avenol F 633	т	0,006	75,00	0,450	14,400
4. Смола Avenol NB-400	т	0,135	68,00	9,180	293,760
5. Катализатор Katalisator - 7030	т	0,034	125,00	4,250	136,000
6. Покрытие антипригарное	т	0,031	82,00	2,542	81,344
7. Огнеупоры ГОСТ 390-96	т	0,100	14,00	1,400	44,800
Итого		9,053		17,996	575,857
Топливо и энергия для технологических нужд					
1. Эл. энергия	кВ/ч	4500,00	0,0044	19,800	633,600
2. Вода	$м^3$	150,000	0,014	2,100	67,200
Итого				21,900	700,800
Топливо и энергия для хозяйственных нужд					
1. Эл. энергия	кВ/ч	60,000	0,0044	0,264	8,448
2. Питьевая вода	$м^3$	10,000	0,014	0,140	4,480
Итого				0,404	12,928
Всего					2014,529

Окончание таблицы 5.3

Наименование оборотных средств	Единица измерения	Расход на 1т. годного литья	Цена за единицу, тыс. руб.	Затраты на 1 тонну литья, тыс. руб	Годовая потребность, млн. руб.
Возвратные отходы					
1. Оборотная формовочная смесь	т	8,024	0,35	2,808	89,869
2. Возврат	т	0,219	19,50	4,271	136,656
3. Вода	$м^3$	120,000	0,014	1,680	53,760
Итого				8,759	280,285

Годовая потребность в оборотных средствах за вычетом возвратных отходов составила 1734,244 млн. руб.

5.4 Баланс использования времени одного производственного рабочего

Для определения годового фонда заработной платы необходимо рассчитать годовой фонд времени одного производственного рабочего.

Годовой фонд времени производственного рабочего определяется исходя из режима работы цеха и величины потерь времени. Режим работы проектируемого цеха приведен в проектно-технологической части проекта.

Расчет годового фонда времени показан в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Баланс использования времени одного производственного рабочего

Элементы баланса	Дни	Часы
Календарное время	365	2920
Выходные и праздничные дни (если цех не работает)	113	904
Номинальное время	252	2016
Потери рабочего времени:		0
– очередной отпуск;	28	224
– болезнь;	12	96
– выполнение государственных обязанностей;	3	24
– прочие	3	24
Эффективное время	206	1648

При условии работы цеха в две смены по 8 часов. Эффективное время одного производственного рабочего составляет 1648 часов.

5.5 Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих проектируемого цеха

Таблица 5.5 – Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих проектируемого цеха

Профессия рабочего	Количество работающих	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб.	Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.			
			прямой	начисления на прямую заработную плату, 60 %	общий с коэффиц-иентом 15 %	общий с учетом страховых отчислений 30,2%
Основные рабочие						
Шихтовщик	4	110,000	725,120	435,072	1160,192	1510,570
Плавильщик	6	105,000	1038,240	622,944	1661,184	2162,862
Заливщик	4	95,000	626,240	375,744	1001,984	1304,583
Огнеупорщик	4	90,000	593,280	355,968	949,248	1235,921
Оператор формовочной машины	4	105,000	692,160	415,296	1107,456	1441,908
Проставщик стержней	8	95,000	1252,480	751,488	2003,968	2609,166
Оператор стержневой машины	8	105,000	1384,320	830,592	2214,912	2883,815
Оператор смесителя	4	95,000	626,240	375,744	1001,984	1304,583
Оператор установки переработки	4	90,000	593,280	355,968	949,248	1235,921
Термист	4	90,000	593,280	355,968	949,248	1235,921
Обрубщик	12	120,000	2373,120	1423,872	3796,992	4943,684
Итого	58				16796,416	21868,934

Окончание таблицы 5.5

Профессия рабочего	Количество работающих	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб	Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.			
			прямой	начисления на прямую заработную плату, 60 %	общий с коэффициентом 15%	общий с учетом страховых отчислений 30,2%
Вспомогательные рабочие. Занятые обслуживание оборудования						
Наладчик	4	90,000	593,280	355,968	949,248	1235,921
Слесарь	4	90,000	593,280	355,968	949,248	1235,921
Электрик	4	85,000	560,320	336,192	896,512	1167,259
Итого	12				2795,008	3639,100
Незанятые обслуживание оборудования						
Кладовщик	4	70,000	461,440	230,720	692,160	901,192
Итого	4				692,160	901,192
Всего	74				20283,584	26409,226

Среднесписочная численность рабочих цеха составляет 74 человека, общий годовой фонд заработной платы с учетом производственной премии 60 % от часовой тарифной ставки, уральского коэффициента 15 % и отчислений в социальный фонд в размере 30,2 % составляет 26,409 миллионов рублей.

5.6 Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы остальных работников проектируемого цеха

Таблица 5.6 – Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы остальных работников проектируемого цеха

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб. 60%	Общий годовой фонд заработной платы, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом страховых отчислений 30,2%, тыс. руб.
Руководители					
Начальник цеха	1	80000	48000,000	1536,000	1999,872

Окончание таблицы 5.6

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб. 60%	Общий годовой фонд заработной платы, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом страховых отчислений 30,2%, тыс. руб.
Начальник смены	2	45000	27000,000	1728,000	2249,856
Мастер	8	35000	21000,000	5376,000	6999,552
Главный технолог	1	45000	27000,000	864,000	1124,928
Главный конструктор	1	50000	30000,000	960,000	1249,920
Итого	13			10464,000	13624,128
Специалисты					
Бухгалтер	2	27000	16200,000	1036,800	1349,914
Технолог	6	26000	15600,000	2995,200	3899,750
Инженер	6	28000	16800,000	3225,600	4199,731
Конструктор	8	25000	15000,000	3840,000	4999,680
Итого	22			11097,600	14449,075
Служащие					
Контролер	4	15000	9000,000	1152,000	1499,904
Секретарь	1	14000	8400,000	268,800	349,978
Итого	5			1420,800	1849,882
Младший обслуживающий персонал					
Дворник	4	7500	4500,000	576,000	749,952
Уборщица	4	7500	4500,000	576,000	749,952
Итого	8			1152,000	1499,904
Всего	48			24134,400	31422,989

Среднесписочная численность остальных работников проектируемого цеха составляет 48 человек, общий годовой фонд заработной платы с учетом производственной премии 60 % от оклада, уральского коэффициента 15 % и отчислений в социальный фонд в размере 30,2 % составляет 31,423 миллион рублей.

Общий годовой фонд заработной платы с учетом страховых выплат всех работающих (122 человека) проектируемого цеха составил 57,832 тыс. руб. (26,409 + 31,423).

5.7 Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы

Таблица 5.7 – Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы

Категория работающих	Кол. работающих	Среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы, млн. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ 30,2%, млн. руб.
Основные рабочие	58	31,421	16,796	21,869
Вспомогательные рабочие:				
– занятые обслуживанием оборудования;	12	25,272	2,795	3,639
– незанятые обслуживанием оборудования	4	18,775	0,692	0,901
Руководители	13	87,334	10,464	13,624
Служащие	22	54,731	11,098	14,449
Специалисты	5	30,831	1,421	1,850
Младший обслуживающий персонал	8	15,624	1,152	1,500
Итого	122		44,418	57,832

5.8 Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха

Таблица 5.8 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс. руб.	Примечание
1. Амортизация машин и оборудования, транспортных средств, инструмента	6580,390	Данные из таблицы 5.2
2. Вспомогательные материалы для ухода за оборудованием (смазочные и др.)	70,000	Принимается по действующим нормам на предприятии
3. Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ 30, 2% рабочих, занятых обслуживанием оборудования (слесари, электрики, смазчики и т.д.)	3639,000	Данные из таблицы 5.7
4. Текущий ремонт оборудования и транспортных средств, инструмента	70,000	Принимается по действующим нормам на предприятии
Итого	10287,390	

Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования проектного цеха составила 10,287 млн. руб.

5.9 Смета цеховых расходов

Таблица 5.9 – Смета цеховых расходов

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс. руб.	Примечание
1. Амортизация зданий, сооружений, передаточных устройств, производственного и хозяйственного инвентаря цеха	6000,000	Данные из таблицы 5.2
2. Вспомогательные материалы на хозяйственно-бытовые нужды цеха	50,000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
3. Топливо и энергия (вода) на хозяйственно-бытовые нужды цеха	12928,000	Данные из таблицы 5.3

Окончание таблицы 5.9

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс. руб.	Примечание
4. Общий годовой фонд заработной платы с СВ 30,2 % руководителей, специалистов и служащих, младшего обслуживающего персонала, а также вспомогательных рабочих, не занятых обслуживанием оборудования	32324,181	Данные из таблицы 5.5, 5.6
5. Текущий ремонт зданий, сооружений, передаточных устройств, производственного и хозяйственного инвентаря цеха	100,000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
6. Прочие расходы (охрана труда, рационализация, изобретательство и т.д.)	50,000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого	51452,181	

Цеховые расходы проектируемого цеха составили 51452,181 млн. руб.

5.10 Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья

Таблица 5.10 – Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья

Калькуляционные статьи затрат	На годовую программу, млн. руб.	На одну тонну годного литья, тыс. руб.	Примечание
1. Основные и вспомогательные материалы на технологические цели	1300,801	40,650	Данные из таблицы 5.3
2. Топливо и энергия на технологические цели	700,800	21,900	Данные из таблицы 5.3
3. Возвратные отходы оборотных средств	280,285	8,759	Данные из таблицы 5.3
4. Общая заработная плата основных рабочих с СВ 30,2 %	57,832	1,807	Данные из таблицы 5.7
5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	10,287	0,321	Данные из таблицы 5.8
6. Цеховые расходы	51,452	1,608	Данные из таблицы 5.9
7. Потери от брака	18,000	0,563	Принимаются по действующим на предприятии нормам

Окончание таблицы 5.10

Калькуляционные статьи затрат	На годовую программу, млн. руб.	На одну тонну годного литья, тыс. руб.	Примечание
Итого цеховая себестоимость	1858,888	58,090	
8. Общехозяйственные расходы (доля расходов по управлению и обслуживанию на предприятии, приходящаяся на данный цех)	15,000	0,469	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого производственная себестоимость	1873,888	58,559	
9. Внепроизводственные расходы (доля коммерческих расходов предприятия, приходящаяся на данный цех)	45,000	1,406	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого полная себестоимость	1918,888	59,965	

Полная себестоимость 1 т. годного литья в проектном цехе составила 59,965 тыс. руб.

5.11 Технико-экономические показателей работы литейного цеха [12]

Таблица 5.11 – Технико-экономические показателей работы литейного цеха

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Годовой объем производства годного литья	т	Q	32000,000
Потери от брака	%	$ПБ = \frac{mБ}{Q + mБ} \times 100\%$	3,00
Общая площадь цеха	м²	S	13500,000
Съем литья с 1 м общей площади	т/м²	CS = Q / S	2,370
Балансовая стоимость основных производственных фондов	млн. руб.	ФБ	371,130
Активная часть основных производственных фондов	%	$АЧ = \frac{ФЗ}{ФБ} \times 100\%$	21,08

Продолжение таблицы 5.11

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Фондоотдача	руб./руб.	$ФО = \frac{Q \times Ц}{ФБ}$	5,17
Фондоемкость продукции	руб./руб.	ФЕ=1/ФО	0,19
Стоимость оборотных фондов (оборотные средства)	млн. руб.	ОС	2014,529
Материалоотдача	руб./руб.	$МО = \frac{Q \times Ц}{ОС}$	0,95
Материалоемкость продукции	руб./руб.	МЕ = 1/МО	1,05
Расход основных материалов на 1 т годного литья	т	РОМ	1,224
Численность: – работающих; – рабочих	чел.	 Ч ЧР	 122 74
Производительность труда одного работающего	т/чел.	ПТ = Q/Ч	262,295
Производительность труда одного рабочего	т/чел.	$ПТ_Р = Q/Ч_Р$	432,432
Трудоемкость продукции	(чел.×ч)/т	$ТЕ = \frac{ЧР \times ЭВ}{Q}$	3,811
Общий годовой фонд заработной платы работающих	млн. руб.	ФЗП	44,418
Среднемесячная заработная плата одного работающего	тыс. руб.	ЗП	30,340
Полная себестоимость 1 т годного литья	тыс. руб.	С	59,965
Цена 1 т годного литья	тыс. руб.	Ц	70,000
Прибыль на 1 т литья	тыс. руб.	П = Ц – С	10,035
Прибыль на годовой выпуск	млн. руб.	$П_О = П \times Q$	321,112
Рентабельность продукции	%	$РП = \frac{П}{С} \times 100\%$	16,73

Окончание таблицы 5.11

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Рентабельность по фондам	%	$РФ = \frac{П \times Q}{ФБ + ОС} \times 100\%$	13,46
Затраты на 1 руб. Продукции	руб./руб	Z = С/Ц	0,86
Капиталовложения	млн. руб.	К	2415,349
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	Т=К/П	8,000
Коэффициент эффективности капитальных вложений	1/год	Е=1/Т	0,13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте спроектирован литейный цех на годовой выпуск 32000 тонн отливок из серого чугуна. В целях повышения производительности цеха, качества выпускаемой продукции, улучшения условий труда и наименьшего загрязнения окружающей среды был разработан технологический процесс, основанный на применении современного автоматизированного оборудования и прогрессивных технологий.

В технологической части разработан технологический процесс изготовления отливки – «Корпус муфты». Процесс изготовления отливки отвечает определенным технологическим требованием к детали и литым заготовкам, которые регламентируются чертежом детали, технологическими условиями и другими стандартами.

Для экологической оценки принятых проектно-технологических решений в разделе «безопасность жизнедеятельности» рассмотрены вопросы, связанные с условиями труда в литейном цехе, показателями травматизма и факторами производственных опасностей, требованиями безопасности к производственным процессам, рабочим местам, производственным помещениям и оборудованию.

Эффективность и целесообразность разработки, выполненной в проекте, показана в экономическом обосновании на расчете показателей, таких как фондоотдача, срок окупаемости капитальных вложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информационный сайт «Ресурс машиностроения». – http://www.i-mash.ru

2. Клецкин, Б.Э. Производство отливок из сплавов на основе железа: Учебное пособие / Б.Э. Клецкин , В.И. Швецов – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2000. – 103 с.

3. Аксенов П.Н. Технология литейного производства. -М.: Машгиз, 1957.-418с

4. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: Учебное пособие/ В.И. Швабауэр. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 68с.

5. Сайт фирмы «OMEGA». – http://www.foundryclub.ru/catalog/omega/produce/3/

6. Связующие компоненты фирмы ООО «Полимет», Сайт «Российская ассоциация литейщиков». – http://www.ruscastings.ru/work/168/441/444/6159

7. Официальный русскоязычный сайт фирмы «IMF». – http//www.imf-moscow.ru

8. Сайт фирмы «Cogeim». – http://www.cst-prom.ru/drobemetnie-ustanovki-periodicheskogo-deystviya/

9. Сайт фирмы «НАКАЛ». – http://www.nakal.ru/index.php?page=Catalog&action=show_item&id=792

10. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов [и др.], под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.

11. Иванов, Б. С. Охрана труда в литейном и термическом производстве / Б. С. Иванов – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.

12. Боброва, А.В. Экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие для студентов специальности «Литейное производство» /А.В. Боброва. – Челябинск: ЧГТУ,1994. – 32 с.