РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 103 листа машинописного текста, 16 рисунков, 24 таблицы, 23 источника литературы и графическую часть на 5 листах:

Планировка цеха – (формат А1);

МЛУ изготовления отливки «Подушка» – (формат А1);

Чертеж модельно-литейной оснастки – (формат А1);

Форма в сборе – (формат А1);

Калькуляция себестоимости 1 т годных отливок – (формат А1).

Ключевые слова: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО; ПРОЕКТ; СТАЛЬ 35Л; ОТЛИВКА, ЦЕХ.

Объект исследования - отливка «Подушка».

Предмет исследования - разработка технологии изготовления отливки.

Цель работы - организация технологического процесса изготовления отливок для нужд АО «ЕВРАЗ НТМК» с годовым выпуском 23000 тонн с современным оборудованием и использованием новейших технологий в области литейного производства.

Основные задачи:

1. Сделать необходимые технологические расчеты;
2. Спроектировать элементы литейной формы;
3. Выбрать необходимое технологическое оборудование и материалы;
4. Произвести экономическое обоснование проекта;
5. Рассмотреть вопросы, связанные с условиями труда в литейном цехе.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ДП.44.03.04.000 ПЗ | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | |
| Разраб. | | Южакова А.А. | | | Организация технологического процесса изготовления отливок для нужд АО «ЕВРАЗ НТМК» с годовым выпуском 23000 тонн | Лит. | Листов | Лист |
| Провер. | | Категоренко Ю.И. | | | | Д | 103 | 4 |
| Т.конт | | | | | | ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО Кафедра ИММ Группа ЗМП-404с | | |
| Н.конт. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

СОДЕРЖАНИЕ


ВВЕДЕНИЕ 7
1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ЦЕХА 8
1.1 Производственная программа 8
1.2 Режим работы цеха 9
1.3 Фонды времени 9
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 11
2.1 Анализ технологичности изготовления детали 11
2.2 Выбор положения отливки в форме и поверхности разъема формы 13
2.3 Определение припусков на механическую обработку 14
2.4 Определение формовочных уклонов 16
2.5 Определение количества и конструкции стержней 16
2.6 Разработка конструкции и расчет прибылей 16
2.6.1 Расчет времени заполнения формы 20
2.6.2 Расчет параметров стопорного ковша 21
2.6.3 Расчет площадей поперечных сечений элементов литниковой системы 23
2.7 Определение габаритов опок 26
3. ВЫБОР И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ 27
3.1 Плавильное отделение 27
3.2 Расчетный баланс металла 30
3.3 Ведомость расхода шихтовых материалов 30
3.4 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения 32
3.5 Расчет потребности ковшей 34
3.6 Формовочно-заливочно-выбивное отделение 36
3.6.1 Технология изготовления форм 36
3.6.2 Выбор оборудования для участка формовки 38
3.6.3 Определение количества линий 38
3.7 Стержневое отделение 43
3.8 Смесеприготовительное отделение 45
3.9 Отделение регенерации смеси 47
3.10 Термообрубное отделение 49
3.11 Внутрицеховые лаборатории 54
3.12 Внутрицеховой транспорт и грузоподъемные механизмы 55
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 57
4.1 Расчет численного состава работающих 57
4.2 Организация и планирование заработной платы 61

4.3 Отчисления единого социального налога 63
4.4 Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений 63
4.5 Определение затрат и планирование себестоимости продукции 66
4.6 Технико-экономические показатели 70
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА 73
5.1 Безопасность труда 73
5.1.1 Характер трудового процесса 75
5.1.2 Условия труда 76
5.2 Экологичность проекта 85
5.2.1 Глобальные экологические проблемы современности 85
5.2.2 Анализ связей технологического процесса с экологическими системами 86
6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 101
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 102

# ВВЕДЕНИЕ

Литье – это способ изготовления изделий, его сущность заключается в том, что в литейную форму заливают расплав определенного состава с комплексом требуемых свойств, который после затвердевания принимает конфигурацию рабочей полости формы и становится отливкой. Получение отливок в промышленности называют литейным производством.

Цель литейного производства состоит в получении отливок – литых металлических заготовок – с помощью заливки расплавленного металла или сплава в литейную форму. Литейным производством занимались еще древние люди. Первые литые изделия получали еще во втором тысячелетии до нашей эры, первые заготовки методом литья получали из бронзы, позднее люди смогли освоить литье из чугуна. Стальные отливки начали получать лишь в девятнадцатом веке, а литые детали из алюминиевых и магниевых сплавов – всего несколько десятилетий назад.

Целью дипломного проекта является организация технологического процесса изготовления отливок для нужд АО «ЕВРАЗ НТМК» с годовым выпуском 23000 тонн с современным оборудованием и использованием новейших технологий в области литейного производства.

# 1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ЦЕХА

## 1.1 Производственная программа

Производственная программа является основанием для разработки технологической части проекта. Точная программа применяется при проектировании литейных цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой литья.

Таблица 1 – Точная производственная программа

| Наименование отливки | Марка сплава | Масса отливки, кг | Годовая программа, шт | Масса отливок на годовую программу, т |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Подушка | Сталь 35Л | 745 | 1544 | 1150,00 |
| Корпус 690 370*420*408 | Сталь 35Л | 140 | 11500 | 1610,00 |
| Шкив 400К Д400 Н185 | Сталь 35Л | 150 | 9200 | 1380,00 |
| Линейка выход. лев. 90*375*800 | Сталь 35Л | 155 | 7419 | 1150,00 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | Сталь 35Л | 160 | 4313 | 690,00 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | Сталь 35Л | 160 | 5750 | 920,00 |
| Шкив Д400*190 | Сталь 35Л | 160 | 2875 | 460,00 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | Сталь 35Л | 160 | 7188 | 1150,00 |
| Установочный клин 135*572*806 | Сталь 35Л | 170 | 6765 | 1150,00 |
| Линейка вх. пр. шв. | Сталь 35Л | 170 | 8118 | 1380,00 |
| Линейка вх. лев. с пазом 90*875*900 | Сталь 35Л | 170 | 12176 | 2070,00 |
| Линейка вх. пр. с пазом 90*375*900 | Сталь 35Л | 170 | 8118 | 1380,00 |
| Пропуск лев. коробки д/кр. 170*400*7 | Сталь 35Л | 170 | 9471 | 1610,00 |
| Линейка вход. прав.120*375*900 | Сталь 35Л | 235 | 1957 | 460,00 |
| Часть корпуса хвостовая | Сталь 35Л | 240 | 1917 | 460,00 |
| Шкив | Сталь 35Л | 240 | 1917 | 460,00 |
| Линейка | Сталь 35Л | 240 | 1917 | 460,00 |
| Втулка Д560/330*350 | Сталь 35Л | 320 | 1438 | 460,00 |
| Кольцо изност. Д1180*150 П1 | Сталь 35Л | 340 | 2706 | 920,00 |
| Шкив Д600/100Х300 | Сталь 35Л | 400 | 2875 | 1150,00 |

Окончание таблицы 1

| Наименование отливки | Марка сплава | Масса отливки, кг | Годовая программа, шт | Масса отливок на годовую программу, т |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Кривошип 270*440*850 | Сталь 35Л | 500 | 920 | 460,00 |
| Колесо зубчатое 1224*160 | Сталь 35Л | 550 | 836 | 460,00 |
| Хобот 1840Х800Х340 | Сталь 35Л | 800 | 1150 | 920,00 |
| Хобот 1840Х810Х330 | Сталь 35Л | 800 | 863 | 690,00 |
| Итого | | | 112930 | 23000,00 |

## 1.2 Режим работы цеха

В литейных цехах применяются два режима работы: последовательный и параллельный. При последовательном режиме работы основные технологические операции выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади.

При параллельном режиме все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. Параллельный режим применяется в механизированных литейных цехах крупносерийного и массового производства.

Для проектируемого цеха выбираем наиболее распространенный двухсменный параллельный режим, при котором третья смена остается для профилактики и ремонта оборудования.

Основным условием применения параллельного режима является обеспечение непрерывной работы формовочных линий жидким металлом.

## 1.3 Фонды времени

Различают календарный, номинальный и эффективный фонды времени.

• Календарный фонд времени для оборудования и рабочих составляет $T_К$=365·24=8760 ч/год.

• Время, в течение которого по принятому режиму должны работать оборудование и рабочие без потерь, составляет номинальный фонд времени.

• При трехсменном режиме рабочей недели номинальный фонд времени составляет для рабочих $T_н$=2070 ч/год и для оборудования $T_н$=6210 ч/год [1].

• Эффективный годовой фонд времени ровен номинальному за вычетом потерь. Плановые потери времени для оборудования – это время на проведение капитальных, средних и планово-предупредительных ремонтов.

Потери времени по видам оборудования:

- оборудование плавильного отделения – 4%;
- смесеприготовительное оборудование – 5%;
- формовочные линии – 10%;
- стержневые автоматы – 8%;
- оборудование термообрубного отделения – 5%;
- печи термические – 3%.

Эффективный фонд времени составляет:

$$T_Э = \frac{T_Н \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (1)$$

где $T_Н$ – номинальный фонд времени, ч;

α –потери времени, %.

$$T_Э^{ПЛ} = \frac{6210 \cdot (100 - 4)}{100} = 5962;$$

$$T_Э^{СМ} = \frac{6210 \cdot (100 - 5)}{100} = 5900;$$

$$T_Э^{ФЛ} = \frac{6210 \cdot (100 - 10)}{100} = 5589;$$

$$T_Э^{СТ} = \frac{6210 \cdot (100 - 8)}{100} = 5713;$$

$$T_Э^{ТО} = \frac{6210 \cdot (100 - 5)}{100} = 5900;$$

$$T_{э}^{ТО} = \frac{6210 \cdot (100 - 3)}{100} = 6024;$$

# 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 2.1 Анализ технологичности изготовления детали

Анализируя чертеж детали, можно сделать вывод о технологичности её изготовления литьем в форме с применением ХТС на основе ALPHA-SET процесса. Неуказанные радиусы 5 мм, конфигурация внутренних и обрабатываемых поверхностей, а также расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства. Эскиз детали «Подушка» показан на рисунке 1.

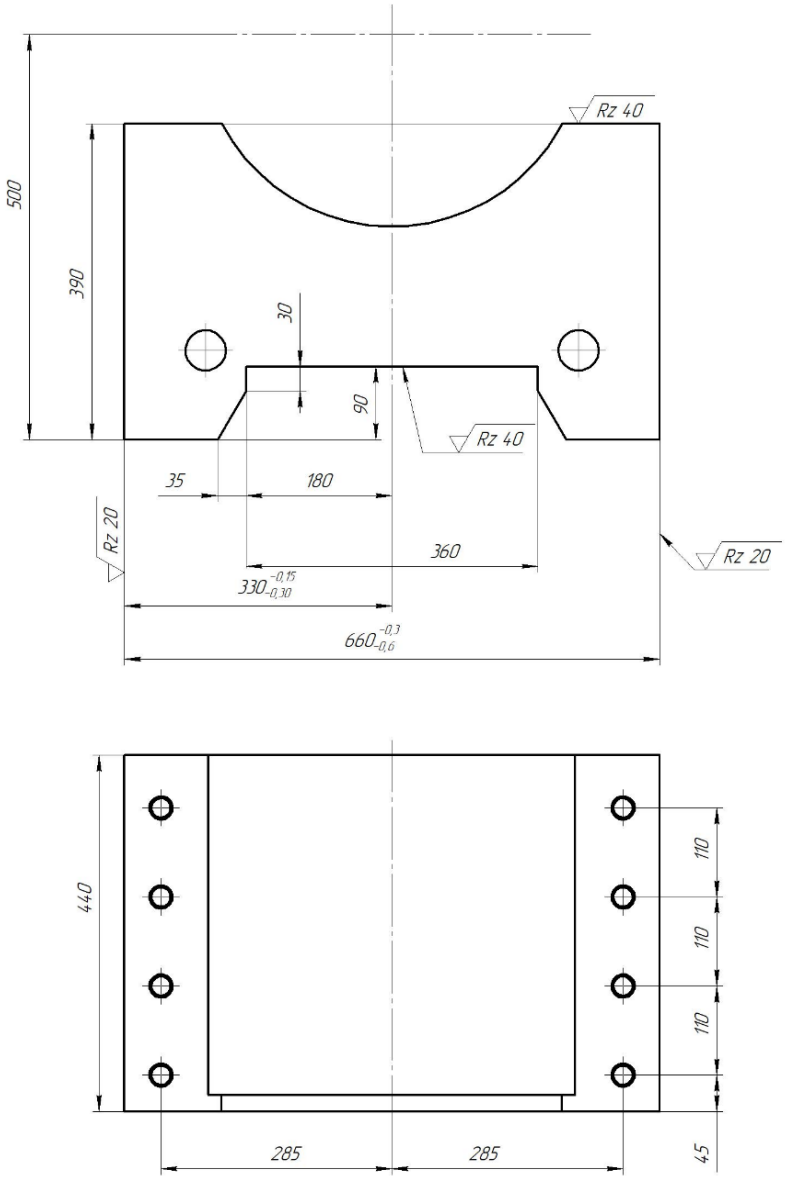



Рисунок 1 – Эскиз детали «Подушка»

3D модель детали показана на рисунке 2, при помощи программы построения моделей проведем анализ массы детали, она составляет 593 кг (объем 0,076 м$^3$). Также проведем анализ массы отливки, она составляет 702 кг (объем 0,09 м$^3$).

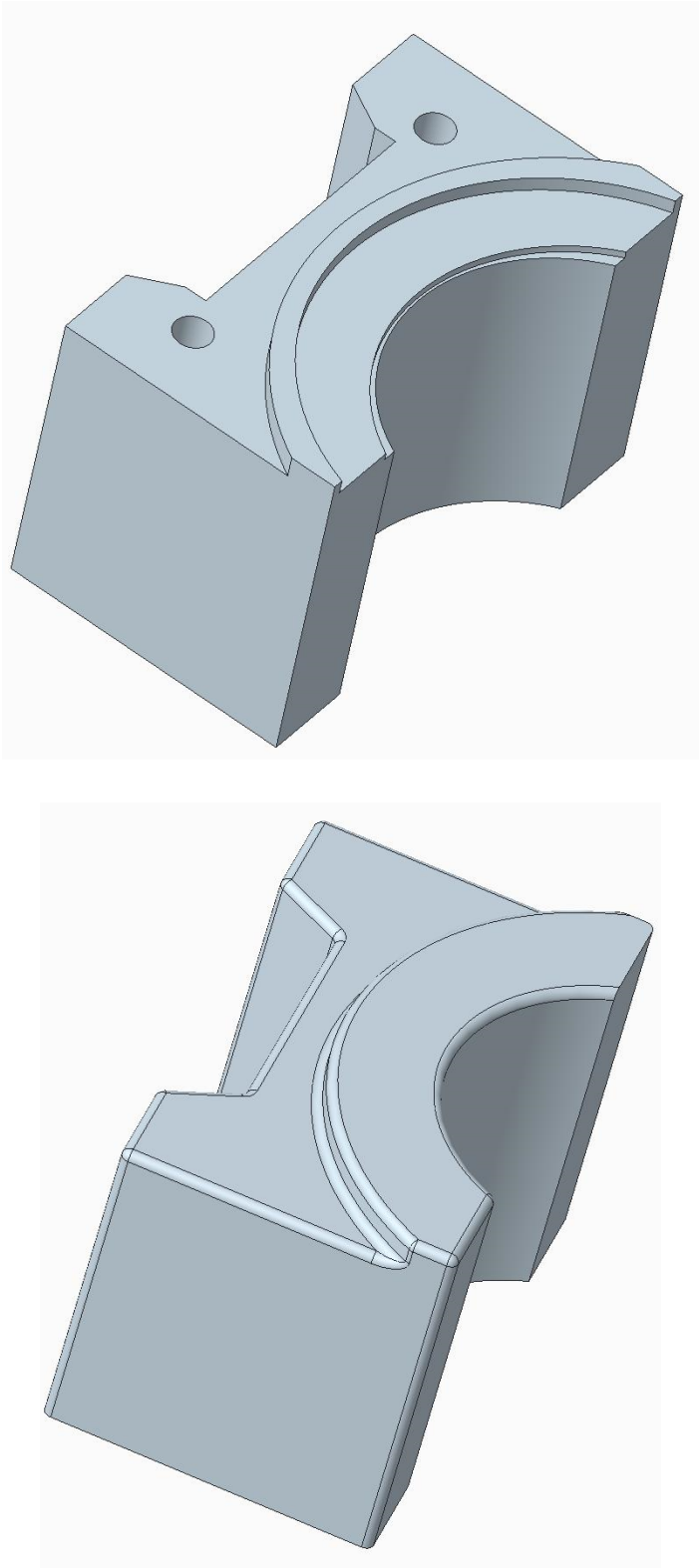


Рисунок 2 – 3D модель отливки «Подушка»

## 2.2 Выбор положения отливки в форме и поверхности разъема формы

При выборе положения отливки в форме во время заливки и затвердевания главным фактором должно быть получение плотного металла без усадочных и газовых раковин на поверхности детали, так как от этого зависят эксплуатационные свойства изготавливаемой детали.

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании влияет на весь технологический процесс изготовления.

Отливка «Подушка» должна располагаться в форме горизонтально. Выбранное положение обеспечит кратчайший путь прохождения металла от литниковой системы к отливке, минимальное количество разъемов модели и формы, минимальную сложность оснастки, трудоемкость ее изготовления. В данном случае необходимо применение прибылей и при выбранном положении возможно организовать питание тепловых узлов отливки прибылями прямого действия.

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 [2].

При изготовлении данной отливки песчаная форма имеет одну поверхность разъема. Отливка в данном случае полностью располагается в нижней полуформе.

Выбранный разъем обеспечивает следующие технические решения:

- удобство формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- поверхность разъема является плоскостью;
- отсутствие брака по смещению моделей;
- простая конструкция моделей без отъемных частей.

Положение отливки в форме и разъем показаны на рисунке 3 и на чертеже детали «Подушка» с элементами литейной формы.

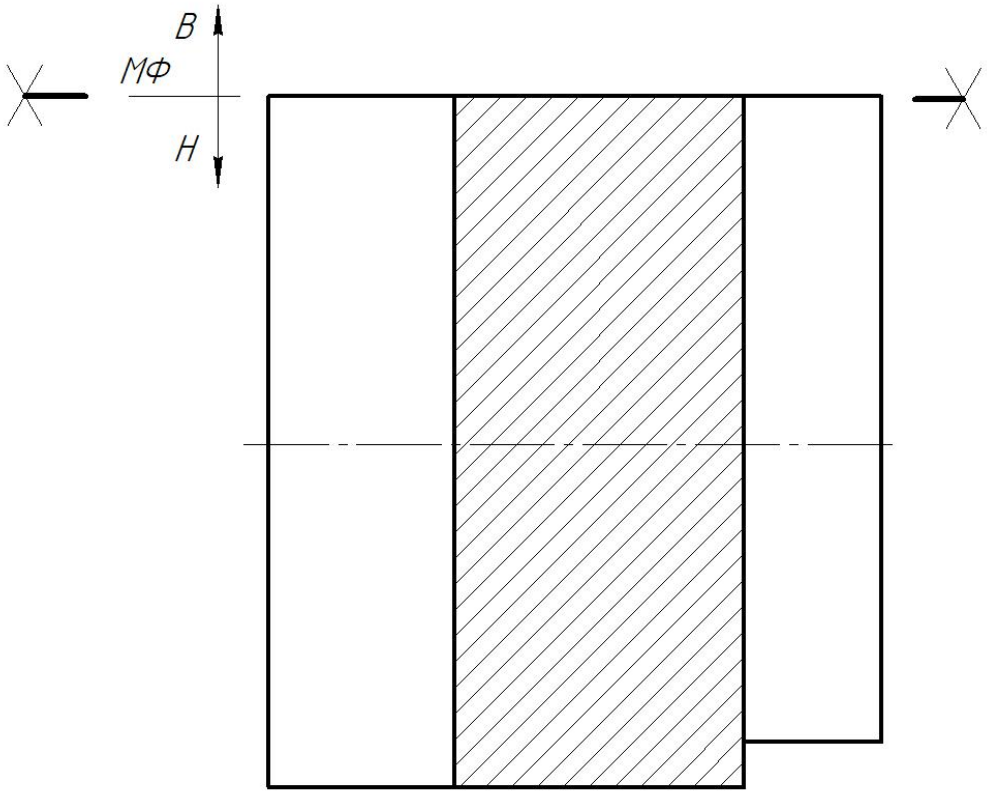



Рисунок 3 – Положение отливки в форме и разъем

2.3 Определение припусков на механическую обработку

С достижения заданных чертежом размеров и необходимого качества поверхности на обрабатываемых поверхностях назначаются припуски на механическую обработку. Размеры отливки отличаются от размеров детали на величину припусков на механическую обработку. Величина припусков назначается по ГОСТ Р53464-2009 [3] в зависимости от класса точности отливки, степени коробления, её номинальных и габаритных размеров, способа литья и типа сплава.

Основные припуски на механическую обработку назначаются в зависимости от допусков размеров дифференцированно для каждого элемента отливки в соответствии с [3]. Для назначения основных припусков на механическую обработку используются данные [3], в котором величины припусков даны в зависимости от величины допуска размера и номера ряда припуска.

Точность отливки определяется по [3] и включает класс размерной точности, класс точности массы и степень точности поверхности, которые назначаются в зависимости от технологического процесса литья, наибольшего габаритного размера отливки и типа сплава; степень коробления, зависящая от размеров отливки и типа формы. Точность отливки 12т-8-14-12 [3]. Величины припусков приведены на чертеже детали «Подушка» с элементами литейной формы

2.4 Определение формовочных уклонов

Для лёгкого извлечения модели из формы, на её рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92 [4]. При использовании алюминиевых моделей формовочные уклоны для данной отливки до 30’.

2.5 Определение количества и конструкции стержней

Конструкция стержня определяется 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 [4]. Данная отливка изготавливается без применения стержней.

2.6 Разработка конструкции и расчет прибылей

Большую роль в получении качественных отливок играет выбор правильной системы питания. Однако не каждая система питания обеспечивает эффективное и экономичное производство. Задачей специалиста литейщика, является определение оптимального баланса между стоимостью материалов, применяемых при формирова-

нии систем питания отливок, расходом жидкого металла и качеством получаемых отливок.

В настоящее время на российском рынке присутствует ряд компаний, осуществляющих поставку материалов для литейного производства. Среди широкого ассортимента поставляемой продукции особый интерес для литейщиков представляют изоляционные и экзотермические вставки.

Основой любых экзотермических оболочек являются экзотермические смеси – порошки на основе оксидов металлов и алюминия, обеспечивающие выделение значительного количества тепла в результате протекания окислительно - восстановительных реакций при контакте с жидким металлом в прибыли. Действие экзотермических смесей (подогрев металла в прибыли и увеличение времени воздействия атмосферного давления на жидкий металл) способствует повышению эффективности работы прибыли и предотвращает образование усадочных раковин.

Уменьшение расхода жидкого металла и снижение брака по усадочным дефектам может быть достигнуто применением экзотермических оболочек для прибылей. Экзотермическая оболочка служит для приема в свою полость жидкого металла и выполнения роли подогреваемой прибыли, таким образом, препятствуя ее преждевременному охлаждению за счет теплоизоляционных свойств и протекания экзотермической реакции.

После попадания металла в полость прибыли, начинается процесс горения смеси. Длительное время горения позволяет сохранять металл жидким. Кроме того, давление, создаваемое внутри не проколотой оболочки за счёт протекания экзотермической реакции, позволяет их использовать даже в тех случаях, когда высота отводной оболочки меньше высоты питаемого узла.

*Экзотермические оболочки для прибылей* обладают важным преимуществом - длительным временем протекания экзотермической реакции, в ходе которой выделяется энергии около 8МДж/кг. Это обстоятельство позволяет в течение длительного времени сохранять металл жидким, при этом зеркало металла в прибыли в течение

питания отливки опускается равномерно по всему сечению прибыли, что приводит к сокращению объёма металла за счёт отсутствия вытянутой в вертикальном направлении усадочной раковины. При падении температуры от 1600С до 700С теплоёмкость экзотермического материала меняется от 1331 до 1168 Дж/гр·К, теплопроводность меняется от 0.71 до 0.24 Вт/м·К. Необходимо отметить, что теплоизоляционные свойства изотермического материала оболочек превосходят во всём рабочем диапазоне температур свойства экзотермического материала, однако протекание в течение 2-3 минут экзотермической реакции создает дополнительный разогрев металла, что обеспечивает эффективное направленное затвердевание. После затвердевания отливки для облегчения отделения подприбыльного остатка используются отсекатели, выполненные из стержневой смеси. Основные преимущества применения подобных отсекателей связаны с их небольшой теплопроводностью, что практически не снижает теплоемкость самой оболочки прибыли. Меньшее внутреннее поперечное сечение отсекателя снижает поверхность соединения / разъединения между прибылью и отливкой. Клиновидная внутренняя поверхность отсекателя позволяет легко удалять прибыль, что приводит к сравнительно гладкой поверхности разъема.

Оболочки вставки могут производиться по эскизам заказчика разной конфигурации с присвоением им новых наименований. Сечение оболочек может быть квадратным, круглым, многоугольным или любым другим. Оболочки могут быть открытыми и закрытыми. Изделия больших размеров могут быть сборные. Для лучшего отделения прибыльной части возможна установка на оболочку отсекателя (подрезного кольца из смесей на основе кварцевого песка).

Оболочки могут устанавливаться непосредственно на модель верхней полуформы перед засыпкой смеси. Возможна установка в полость верхней полуформы в прибыльное гнездо.

Благодаря использованию изолирующих и экзотермических вставок в системах питания появляется возможность:

- уменьшить сложность литейных моделей за счет простоты использования;

- уменьшить объем прибыли;
- увеличить выход годного металла;
- полностью ликвидировать трудоемкий процесс огневой отрезки прибылей;
- использовать прибыли в зонах с ограниченной площадью поверхности;
- сократить энергозатраты на производство жидкого металла.

Сечение оболочек может быть квадратным, круглым, многоугольным или любым другим. Оболочки больших размеров могут быть сборные. Для лучшего отделения прибыльной части возможна установка на оболочку отсекателя (подрезного кольца).

На рисунке 4 изображены изделия для систем питания отливок.

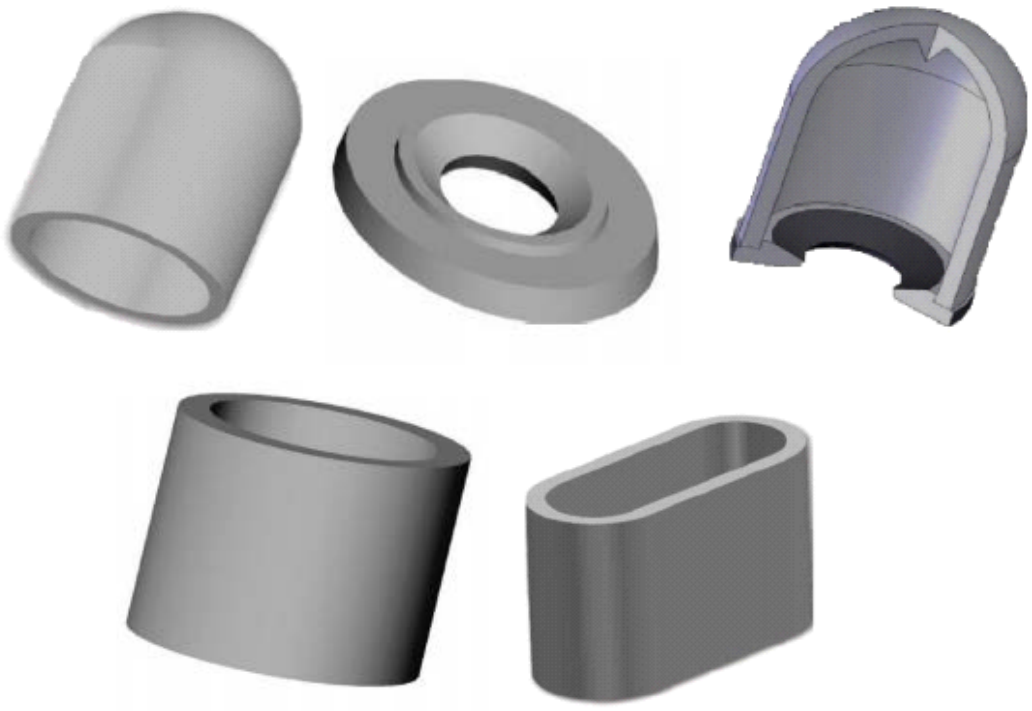


Рисунок 4 – Изделия для систем питания отливок

Особенность технологии производства заключается в том, что состав экзотермической смеси оптимизирован таким образом, что контролируемая реакция начинается не ранее заданного времени после заполнения металлом объема прибыли. Этот технологический фактор является важным, т.к. слишком раннее начало экзотермической реакции приведет к «выдавливанию» металла из стояка формы, а следовательно,

и образованию усадочных дефектов в процессе кристаллизации отливки. Чрезмерное «запаздывание» начала экзотермической реакции не дает положительного результата по причине сформировавшейся твердой фазы при кристаллизации.

Свойства экзотермических оболочек – вставок:

- плотность материала 0,5 ÷ 0,7 г/см$^3$;
- остаточная влажность материала 0,3 ÷ 0,4 %;
- тепловыделение ≈ 8 МДж/кг;
- температура воспламенения материала ≈ 1200 $^0$С.

Время протекания экзотермической реакции составляет от 60 до 180 секунд и зависит от массы материала, поступления кислорода в зону горения, условий теплоотвода в окружающую среду. Время горения материала (при массе оболочки 300 гр.) ≈ 120 секунд.

Для данной отливки решено использовать прибыли прямого действия с экзотермическими оболочками.

Расчет прибылей проводится традиционным способом по методу Пржибыла, но рассчитанный объем уменьшают на 30%. В данном случае вся отливка является тепловым узлом, для питания будем применять две прибыли [5].

Определяется объем прибыли по формуле:

$$V_{ПР1} = \frac{\beta \cdot \varepsilon_V}{1 - \beta \cdot \varepsilon_V} \cdot V_{ПУ}, \qquad (2)$$

где $\beta$ – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины, ($\beta$=6 – для экзотермических прибылей);

$\varepsilon_v$ – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины, $\varepsilon_V$=0,045;

$V_{пу}$ – объем питаемого узла, м$^3$.

$V_{ПУ1} = 0{,}09 м^3$.

$$V_{ПР1} = \frac{6 \cdot 0{,}045}{1 - 6 \cdot 0{,}045} \cdot 0{,}09 = 0{,}035 \text{ м}^3.$$

Выбираем две овальные прибыли закрытого типа фирмы FOSECO модели OX6 (рисунок 5).

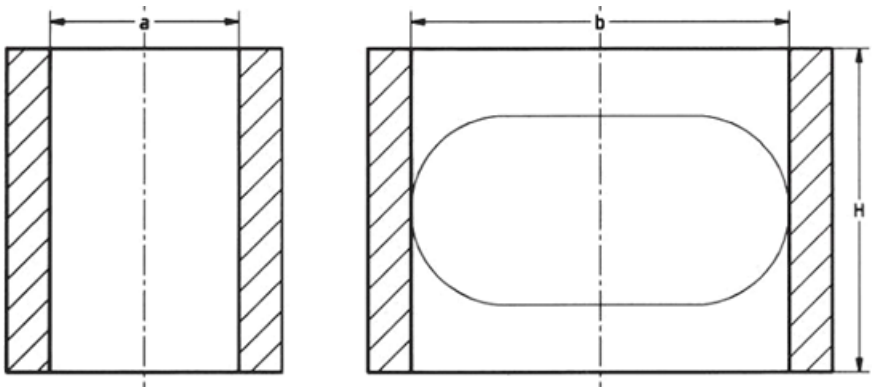



Рисунок 5 – Эскиз экзотермической вставки

2.6.1 Расчет времени заполнения формы

Заливка металла будет производиться при помощи боковой литниковой системы, с подводом металла в плоскость разъема.

Литниковая система состоит из литниковой воронки, стояка, шлакоуловителя и питателей. Питатели непосредственно примыкают к полости формы, они выполнены так, чтобы литниковую систему можно было легче отделить, не повредив отливку.

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле:

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

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;

G – масса жидкого металла, приходящегося на одну форму, кг;

Подставляя в формулу (3) значения коэффициента S=1,4 (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки δ=185 мм, G= 2080 (две отливки с литниками и прибылями) кг получим:

$$\tau_{опт} = 1{,}4 \cdot \sqrt[3]{185 \cdot 2080} = 101{,}8 \ \text{с}.$$

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

$$V_{ср} = \frac{C}{\tau_{опт}} \geq V_{доп}, \qquad (4)$$

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 (4) значения высоты отливки C=852 мм, $\tau_{опт}$=101,8 с, получим:

$$V_{ср}=852/101{,}8 = 8{,}37 \text{ мм/с}.$$

Полученное значение $V_{ср}$ соответствует допустимому значению 4…10 мм/с для отливок из стали с толщиной стенки более 40 мм.

2.6.2 Расчет параметров стопорного ковша

Изначально определяют заданную весовую скорость истечения металла из ковша по формуле:

$$\omega = \frac{G}{\tau}, \qquad (5)$$

где ω – весовая скорость истечения металла, кг/с.

$$\omega = \frac{2080}{101{,}8} = 20{,}4 \ \text{кг/с}.$$

Расчет параметров ковша проводят исходя из заданного диаметра отверстия стаканчика. Из таблицы справочника для данной скорости истечения металла из ковша без торможения струи выбирается диаметр стаканчика.

Затем рассчитываем площадь стаканчика по формуле:

$$f_{СТ} = \frac{\pi \cdot Д^2}{4}, \tag{6}$$

$$f_{СТ} = \frac{3{,}14 \cdot 60^2}{4} = 28{,}26 \text{ см}^2.$$

Далее определяют минимальный уровень металла в ковше, при котором возможна данная скорость истечения по выражению:

$$H_К = 13{,}13 \cdot \frac{\omega^2}{f_{СТ}^2}, \tag{7}$$

$$H_К = 13{,}13 \cdot \frac{20{,}4^2}{28{,}26^2} = 6{,}86 \text{ см}.$$

После определения минимального уровня металла в ковше рассчитывают изменения уровня металла в ковше во время разливки по формуле:

$$\Delta H = 182 \cdot \frac{\sum G_ф^2}{Д_{СР}^2}, \tag{8}$$

где $\Sigma G_ф$ – металлоемкость одной формы, кг;

$Д_{СР}$ – средний диаметр разливочного ковша, см.

$$\Delta H = 182 \cdot \frac{2080^2}{127{,}9^2} = 23{,}142 \text{ см}.$$

Начальный уровень металла в ковше рассчитывается по формуле:

$$H_Н = H_К + \Delta H \ , \tag{9}$$

$$H_Н = 6{,}86 + 23{,}142 = 30{,}0 \text{ см}.$$

Весовая скорость истечения металла без торможения при начальном уровне определяется по формуле:

$$\omega_{Н} = 0{,}276 \cdot f_{СТ} \cdot \sqrt{H_{н}}\ , \qquad (10)$$

$$\omega_{Н} = 0{,}276 \cdot 28{,}26 \cdot \sqrt{30{,}0} = 42{,}7\ \text{см}.$$

Проверяем правильность расчетов по неравенству:

$$\frac{\omega_{Н}}{\omega} \le 1{,}3,$$

$$0{,}42 \le 1{,}3.$$

Неравенство выполнено, значит расчеты верны.

2.6.3 Расчет площадей поперечных сечений элементов литниковой системы

Так как система является расширяющейся, то узким сечением является стояк. Суммарную площадь поперечных сечений стояков определяют по формулам:

$$\Sigma F_{ст} = f_{СТ} \cdot \frac{\mu_{К}}{\mu_{Л.С.}} \cdot \sqrt{\frac{H_{Н}}{H^{Н}{}_{Л.С.}}}, \qquad \Sigma F_{ст} = f_{СТ} \cdot \frac{\mu_{К}}{\mu_{Л.С.}} \cdot \sqrt{\frac{H_{К}}{H^{К}{}_{Л.С.}}}, \qquad (11)$$

где $\mu_{к}$ – коэффициент расхода ковша (≈0,89);

$\mu_{Л.С.}$ – коэффициент расхода литниковой системы (выбирается по справочнику);

$H_{н}$ – начальный уровень металла в ковше, см;

$H_{к}$ – конечный уровень металла в ковше, см;

$H^{н}{}_{л.с.}$ – начальный напор в литниковой системе, см;

$H^{к}{}_{л.с.}$ – начальный напор в литниковой системе, см.

Начальный и конечный напор в литниковой системе рассчитывается по формуле:

$$H^{Н}{}_{Л.С.} = H_{Н} + h + H_{СТ}\ , \qquad (12)$$

где h – зазор между днищем ковша и верхом воронки, h=20 см;

$H_{СТ}$ – высота стояка вместе с воронкой, см.

$$H^{К}{}_{Л.С.} = H_{К} + h + H_{СТ} - P\ , \qquad (13)$$

$$H^{Н}{}_{Л.С.} = 30{,}0 + 20 + 100 = 150\ \text{см},$$

$$H^{К}_{Л.С.} = 6{,}86 + 20 + 100 - 40 = 86{,}86 \text{ см.}$$

где Р – высота отливки в форме от уровня подвода металла, см.

Суммарную площадь поперечных сечений стояков при начальном уровне металла определяют по формуле:

$$\Sigma F_{ст} = 28{,}26 \cdot \frac{0{,}89}{0{,}38} \cdot \sqrt{\frac{30{,}0}{150{,}0}} = 29{,}6 \text{ см}^2;$$

Суммарную площадь поперечных сечений стояков при конечном уровне металла определяют по формуле:

$$\Sigma F_{ст} = 28{,}26 \cdot \frac{0{,}89}{0{,}38} \cdot \sqrt{\frac{6{,}86}{86{,}86}} = 18{,}6 \text{ см}^2;$$

Выбираем наибольшее значение суммарной площади сечений стояка.

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих $\tau_{опт}$ [6]:

$$\Sigma F_{ст} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{пит} = 1:1:1{,}5, \qquad (14)$$

где $\Sigma F_{пит}$ – суммарная площадь сечений питателей;

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

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

Металл в форме подводится к одной отливке через один стояк, три питателя и один шлакоуловитель.

$$\Sigma F_{шл} = 1\Sigma F_{ст} = 1 \times 29{,}6 = 29{,}6 \text{ см}^2.$$

$$\Sigma F_{пит} = 1{,}5\Sigma F_{ст} = 1{,}5 \times 29{,}6 = 44{,}4 \text{ см}^2.$$

Стояк выполняется расширяющимся кверху. Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ($D_в$=200 мм).

Для оформления литниковой системы применяется керамика фирмы SEEIF Ceramic.

Преимущества литниковой керамики:

- легкие, прочные, допускается распиливание и склеивание;

- гладкая внутренняя поверхность, обеспечивающая прямолинейность поток металла и сниженное содержание включений;

- точные и постоянные размеры;

- снижает появление таких дефектов отливок как песчаные раковины, наросты и песчаные засоры.

- повышенная устойчивость к эрозии, по сравнению с другими видами огнеупорных материалов.

Эскиз сечений литниковой системы представлен на рисунке 6.

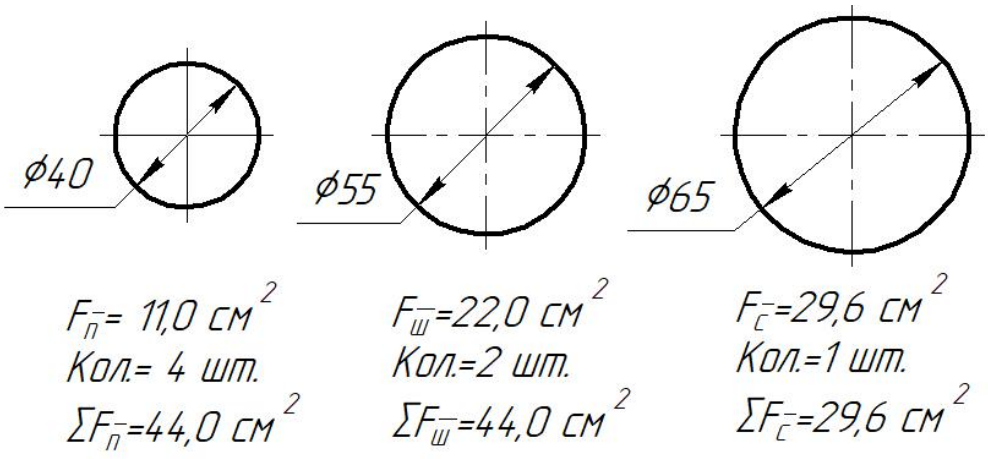



Рисунок 6 – Эскиз сечений литниковой системы

Модель отливки с литниковой системой показана на рисунке 7.

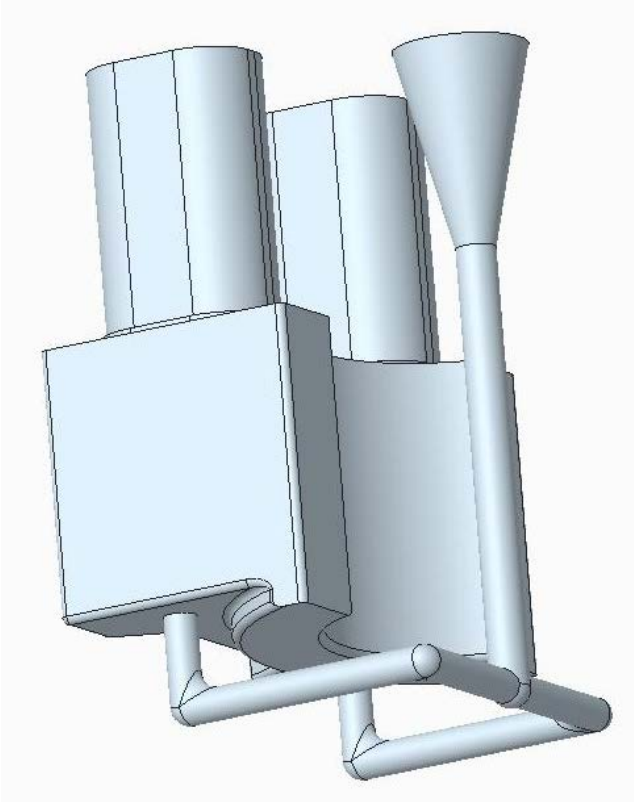


Рисунок 7 – Модель отливки с литниковой системой

Схема сборки элементов литниковой керамики и экзотермических вставок показана на рисунке 8.

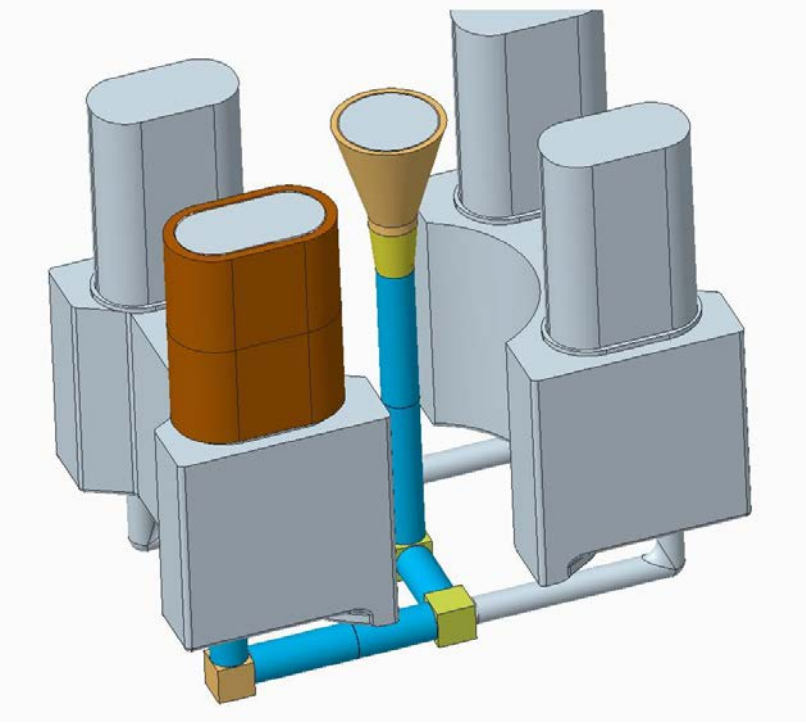


Рисунок 8 – Схема сборки элементов литниковой керамики и экзотермических вставок

## 2.7 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.

С учетом изготовления двух отливок в одной форме выбираем размеры опок: 1300х1000х400/800 мм.

# 3. ВЫБОР И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

## 3.1 Плавильное отделение

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

Ведомость расхода металла на залитые формы приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Ведомость расхода металла на залитые формы

| Наименование отливки | Масса отливки, кг | Марка сплава | Годовая программа | |
|---|---|---|---|---|
| | | | шт | т |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Подушка | 745,00 | Сталь 35Л | 1544 | 1150,00 |
| Корпус 690 370*420*408 | 140,00 | Сталь 35Л | 11500 | 1610,00 |
| Шкив 400К Д400 Н185 | 150,00 | Сталь 35Л | 9200 | 1380,00 |
| Линейка выход. лев.90*375*800 | 155,00 | Сталь 35Л | 7419 | 1150,00 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 160,00 | Сталь 35Л | 4313 | 690,00 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 160,00 | Сталь 35Л | 5750 | 920,00 |
| Шкив Д400*190 | 160,00 | Сталь 35Л | 2875 | 460,00 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 160,00 | Сталь 35Л | 7188 | 1150,00 |
| Установочный клин 135*572*806 | 170,00 | Сталь 35Л | 6765 | 1150,00 |
| Линейка вх. пр. шв. | 170,00 | Сталь 35Л | 8118 | 1380,00 |
| Линейка вх. лев. с пазом 90*875*900 | 170,00 | Сталь 35Л | 12176 | 2070,00 |
| Линейка вх.пр. с пазом 90*375*900 | 170,00 | Сталь 35Л | 8118 | 1380,00 |
| Пропуск лев. коробки д/кр 170*400*7 | 170,00 | Сталь 35Л | 9471 | 1610,00 |
| Линейка вход. прав.120*375*900 | 235,00 | Сталь 35Л | 1957 | 460,00 |
| Часть корпуса хвостовая | 240,00 | Сталь 35Л | 1917 | 460,00 |
| Шкив | 240,00 | Сталь 35Л | 1917 | 460,00 |
| Линейка | 240,00 | Сталь 35Л | 1917 | 460,00 |
| Втулка Д560/330*350 | 320,00 | Сталь 35Л | 1438 | 460,00 |
| Кольцо износост. Д1180*150 П1 | 340,00 | Сталь 35Л | 2706 | 920,00 |
| Шкив Д600/100Х300 | 400,00 | Сталь 35Л | 2875 | 1150,00 |
| Кривошип 270*440*850 | 500,00 | Сталь 35Л | 920 | 460,00 |
| Колесо зубчатое 1224*160 | 550,00 | Сталь 35Л | 836 | 460,00 |
| Хобот 1840Х800Х340 | 800,00 | Сталь 35Л | 1150 | 920,00 |
| Хобот 1840Х810Х330 | 800,00 | Сталь 35Л | 863 | 690,00 |
| Итого | | | | 23000,00 |

Продолжение таблицы 2

| Наименование отливки | Брак по вине литейного цеха | | | Отливается в год | |
|---|---|---|---|---|---|
| | % | шт | т | шт | т |
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Подушка | 2 | 32 | 23,47 | 1575 | 1173,47 |
| Корпус 690 370*420*408 | 2 | 235 | 32,86 | 11735 | 1642,86 |
| Шкив 400К Д400 Н185 | 2 | 188 | 28,16 | 9388 | 1408,16 |
| Линейка выход. лев.90*375*800 | 2 | 151 | 23,47 | 7571 | 1173,47 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2 | 88 | 14,08 | 4401 | 704,08 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2 | 117 | 18,78 | 5867 | 938,78 |
| Шкив Д400*190 | 2 | 59 | 9,39 | 2934 | 469,39 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2 | 147 | 23,47 | 7334 | 1173,47 |
| Установочный клин 135*572*806 | 2 | 138 | 23,47 | 6903 | 1173,47 |
| Линейка вх. пр. шв. | 2 | 166 | 28,16 | 8283 | 1408,16 |
| Линейка вх. лев. с пазом 90*875*900 | 2 | 248 | 42,24 | 12425 | 2112,24 |
| Линейка вх. пр. с пазом 90*375*900 | 2 | 166 | 28,16 | 8283 | 1408,16 |
| Пропуск лев. коробки Д/КР.170*400*7 | 2 | 193 | 32,86 | 9664 | 1642,86 |
| Линейка вход. прав.120*375*900 | 2 | 40 | 9,39 | 1997 | 469,39 |
| Часть корпуса хвостовая | 2 | 39 | 9,39 | 1956 | 469,39 |
| Шкив | 2 | 39 | 9,39 | 1956 | 469,39 |
| Линейка | 2 | 39 | 9,39 | 1956 | 469,39 |
| Втулка Д560/330*350 | 2 | 29 | 9,39 | 1467 | 469,39 |
| Кольцо износост. Д1180*150 П1 | 2 | 55 | 18,78 | 2761 | 938,78 |
| Шкив Д600/100Х300 | 2 | 59 | 23,47 | 2934 | 1173,47 |
| Кривошип 270*440*850 | 2 | 19 | 9,39 | 939 | 469,39 |
| Колесо зубчатое 1224*160 | 2 | 17 | 9,39 | 853 | 469,39 |
| Хобот 1840Х800Х340 | 2 | 23 | 18,78 | 1173 | 938,78 |
| Хобот 1840Х810Х330 | 2 | 18 | 14,08 | 880 | 704,08 |
| | | | 469,39 | | 23469,39 |

Продолжение таблицы 2

| Наименование отливки | Масса на одну отливку, кг | | Расход металла в год, т | |
|---|---|---|---|---|
| | литников и прибылей | отливка с литниками и прибылями | на литники и прибыли | всего |
| 1 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Подушка | 298,00 | 1043,00 | 469,39 | 1642,86 |
| Корпус 690 370*420*408 | 56,00 | 196,00 | 657,14 | 2300,00 |

Окончание таблицы 2

| Наименование отливки | Масса на одну отливку, кг | | Расход металла в год, т | |
|---|---|---|---|---|
| | литников и прибылей | отливка с литниками и прибылями | на литники и прибыли | всего |
| 1 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Шкив 400К Д400 Н185 | 60,00 | 210,00 | 563,27 | 1971,43 |
| Линейка выход. лев. 90*375*800 | 62,00 | 217,00 | 469,39 | 1642,86 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 64,00 | 224,00 | 281,63 | 985,71 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 64,00 | 224,00 | 375,51 | 1314,29 |
| Шкив Д400*190 | 64,00 | 224,00 | 187,76 | 657,14 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 64,00 | 224,00 | 469,39 | 1642,86 |
| Установочный клин 135*572*806 | 68,00 | 238,00 | 469,39 | 1642,86 |
| Линейка вх. пр. шв. | 68,00 | 238,00 | 563,27 | 1971,43 |
| Линейка вх. лев. с пазом 90*875*900 | 68,00 | 238,00 | 844,90 | 2957,14 |
| Линейка вх. пр. с пазом 90*375*900 | 68,00 | 238,00 | 563,27 | 1971,43 |
| Пропуск лев. коробки д/кр.170*400*7 | 68,00 | 238,00 | 657,14 | 2300,00 |
| Линейка вход. прав. 120*375*900 | 94,00 | 329,00 | 187,76 | 657,14 |
| Часть корпуса хвостовая | 96,00 | 336,00 | 187,76 | 657,14 |
| Шкив | 96,00 | 336,00 | 187,76 | 657,14 |
| Линейка | 96,00 | 336,00 | 187,76 | 657,14 |
| Втулка Д560/330*350 | 128,00 | 448,00 | 187,76 | 657,14 |
| Кольцо износост. Д1180*150 П1 | 136,00 | 476,00 | 375,51 | 1314,29 |
| Шкив Д600/100Х300 | 160,00 | 560,00 | 469,39 | 1642,86 |
| Кривошип 270*440*850 | 200,00 | 700,00 | 187,76 | 657,14 |
| Колесо зубчатое 1224*160 | 220,00 | 770,00 | 187,76 | 657,14 |
| Хобот 1840Х800Х340 | 320,00 | 1120,00 | 375,51 | 1314,29 |
| Хобот 1840Х810Х330 | 320,00 | 1120,00 | 281,63 | 985,71 |
| | | | 9387,76 | 32857,14 |

3.2 Расчетный баланс металла [2]

Расчет плавильных агрегатов начинается с определения необходимого количества металлозавалки.

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 35Л ГОСТ 977-88 [7]. Химический состав стали представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав стали 35Л ГОСТ (7)

| Обозначение | Массовая доля элементов, % | | | | | | | Примеси не более, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | | Si | | Mn | | Fe | S | P |
| Сталь 35Л | min | max | min | max | min | max | | | |
| | 0,320 | 0,400 | 0,200 | 0,520 | 0,450 | 0,900 | ост. | 0,060 | 0,060 |

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 4).

Металлозавалка рассчитывается по формуле [8]:

$$М = \frac{Г + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (15)$$

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.

$$М = \frac{23000 + 9387,76 + 469,39}{100 - 0,5 - 1 - 6} \cdot 100 = 35521,24 \text{ т.}$$

3.3 Ведомость расхода шихтовых материалов

Целесообразно вести расчёт на 100кг шихты, тогда масса компонентов в килограммах и их процентные соотношения численно совпадут, что упрощает расчёт. Расчет шихты проведем на компьютере в программе Excel. Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Баланс металла

| Наименование статей | Сталь 35Л | |
|---|---|---|
| | % | т |
| 1. Годные отливки | 64,75 | 23000,00 |
| 2. Брак отливок | 1,32 | 469,39 |
| 3. Литники и прибыли | 26,43 | 9387,76 |
| 4. Технологические пробы и опытные отливки | 0,50 | 177,61 |
| 5. Сливы и сплески | 1,00 | 355,21 |
| Итого жидкого металла | 94,00 | 33389,96 |
| 6. Угар и безвозвратные потери | 6,00 | 2131,27 |
| Металлозавалка | 100,00 | 35521,24 |

Таблица 5 – Результат расчета

| Обозначение | Название | Содержание, % |
|---|---|---|
| X1 | Возврат | 29,250 |
| X2 | Лом А1 ГОСТ 2787-86 | 66,995 |
| X3 | Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95 | 3,551 |
| X4 | Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93 | 0,081 |
| X5 | Ферромарганец ФМн75 ГОСТ 4755-91 | 0,123 |

Таблица 6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

| Наименование материала | Расход материалов | |
|---|---|---|
| | % | т |
| Возврат | 29,250 | 10389,961 |
| Лом стальной ГОСТ 2787-86 | 66,995 | 23797,452 |
| Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95 | 3,551 | 1261,359 |
| Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93 | 0,081 | 28,772 |
| Ферромарганец ФМн75 ГОСТ 4755-91 | 0,123 | 43,691 |
| Итого | 100,000 | 35521,236 |
| Раскислители (ФС75, Al) | 2,000 | 710,425 |
| Шлакообразующие (плавиковый шпат Ф-95) | 3,000 | 1065,637 |

3.4 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения

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

Основным плавильным агрегатом для выплавки стали в литейных цехах являются электродуговые печи. Их применение обеспечивает быстрое введение плавки, большую маневренность, широкую номенклатуру марок выплавляемой стили и используемых шихтовых материалов. В проектируемом цех используются печи с кислой футеровкой. Кислый процесс более простой и дешевый, но шихта должна быть чистой по сере и фосфору.

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле:

$$G = \frac{B_Г K_Н \tau}{T_Д}, \qquad (16)$$

где G – расчетная вместимость печи, т;

$B_Г$ - годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$K_Н$ - коэффициент неравномерности потребления и производства;

$\tau$ – длительность разливки одной плавки, ч

$T_Д$ - годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{33389{,}96 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}5}{5962} = 3{,}08 \text{ т}$$

Из стандартного ряда печей типа ДСП выбираем печь ДСП-6

Техническая характеристика ДСП-6:

- мощность по трансформатору, кВА; 3150;
- производительность, т/ч; 2,7 –2,8;
- номинальная емкость, т; 6.

К преимуществам этой печи можно отнести простоту ее конструкции, надежность в эксплуатации, быстроту выполнения ремонтных работ, минимальный угар элементов в процессе плавки, обеспечение получения качественного жидкого металла, высоких температур перегрева и высоких механических свойств отливки, возможность использования в шихте стального лома. Газоочистка уменьшит загрязнение окружающей среды как тепловыми, так и пылегазовыми выделениями, они имеют достаточно высокий КПД, особенно при перегреве и доводке стали.

Технология выплавки стали в электродуговой печи достаточно проста, и сводится к:

- анализу шихты в лаборатории;
- дроблению шихты;
- нормированию компонентов шихты;
- загрузке шихты в печь с добавлением плавикового шпата;
- расплавлению шихты;
- доводке расплава;
- термовременной выдержке металла;
- выпуску металла из печи (Т=1540-1560°С);
- заливка металла (Т=1580-1600°С).

Расчетное количество плавильных агрегатов $P_1$ определяется по формуле:

$$P_1^{/} = \frac{B_Г \cdot K_Н}{T_Д^{/} \cdot N_{расч}^{/}}, \qquad (17)$$

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

$T_Д$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

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

$K_Н$ – коэффициент неравномерности потребления и производства. В условиях массового и крупносерийного производства $K_Н$ = 1,0 – 1,3.

$$P_1^{/} = \frac{33389{,}96 \cdot 1{,}2}{5962 \cdot 2{,}7} = 2{,}49.$$

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

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (18)$$

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

$$P'_2 = \frac{2,49}{0,7} = 3,24.$$

Принимаем $P'_2$=4; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (19):

$$K_{зФ} = \frac{P'_1}{P'_2}, \quad (19)$$

$$K_{зФ} = \frac{2,49}{4} = 0,62.$$

Таким образом, условие $K_3 \leq K_{зФ}$ выполняется, следовательно, условие по ритмичному характеру работы цеха соблюдено.

## 3.5 Расчет потребности ковшей

При расчете количества ковшей учитываются:

- время ожидания ковша у печи, наполнение металлом, продолжительность модифицирования;
- время доставки ковша на участок разливки;
- время раздачи металла из ковша;
- время возврата пустого ковша;
- время выдержки ковша до остывания металла до нужной температуры.

Периоды работы и ремонта ковшей (разливочных и раздаточных):

- непрерывная работа 3…4 ч.
- остывание до ремонта 0,5…0,7 ч.

- текущий ремонт 0,5…1,0 ч.
- установка под желоб, выпуск металла 0,5 ч.
- капитальный ремонт и подогрев 2…3 ч.
- сушка и разогрев после капитального ремонта 2...3 ч.

Выбираем разливочный ковш емкостью 3 тонны и раздаточный емкостью 6 тонны. В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600…700 $^0$С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800…900 $^0$С.

Расчет раздаточных ковшей проводится по формуле:

$$n = \frac{B_г \cdot t}{T_д \cdot Q}, \quad (20)$$

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

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

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{33389,96 \cdot 0,33}{5962 \cdot 6} = 0,31.$$

Число ковшей, находящихся в ремонте:

$$n_{КР} = \frac{n \cdot \tau_р \cdot n_Р \cdot К_Н}{T_д}, \quad (21)$$

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, $n_Р$ =250 шт.

$$n_{КР} = \frac{1 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{5962} = 0,73.$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 1 штуке.

Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество раздаточных ковшей в проектируемом цехе 3 шт.

Расчет разливочных ковшей проводится по формуле (20):

$$n = \frac{33389,96 \cdot 0,33}{5962 \cdot 3} = 0,62 .$$

Общее количество ковшей, находящихся в ремонте (21):

$$n_{КР} = \frac{1 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{5962} = 0,73 .$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 1 штукам.

Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 3 шт.

В ковшевых отделения устанавливают оборудование для приготовления ремонтной смеси и сушила для сушки и подогрева ковшей. Ковшевые отделение располагают в одном пролете с плавильными печами.

### 3.6 Формовочно-заливочно-выбивное отделение

Проектирование отделения заключается в выборе и обосновании технологического процесса формовки, заливки, охлаждения и выбивки.

Наиболее рациональным и современным для средних отливок (масса от 100 до 500 кг) в условиях серийного производства является применение форм из самотвердеющих смесей.

Основными параметрами для расчета отделения являются число форм (36185 шт/год), их размеры (1300х1000х400/800 мм), средняя (1124 кг) и максимальная (1668 кг) металлоемкость формы.

#### 3.6.1 Технология изготовления форм

Система альфа-сет – 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. Результатом исследований стало создание системы альфа-сет, включающей в себя щелочную фенольную смолу отверждаемую эфиром. Последние достижения в технологии производства фенольных смол позволили разработать серию смол и отвердителей, предназначенных для удовлетворения специфических потребностей отдельных литейных цехов в улучшении характеристик продукции, особенно тех, где используется регенерированный песок.

Разработанные специально для литейщиков системы холодного отверждения Sinotherm обеспечивают ряд преимуществ при производстве литейных форм:

- низкий уровень запаха при изготовлении смеси;
- возможность применения различных видов песка;
- низкий уровень химической токсичности;
- лёгкость извлечения из формы;
- равномерное застывание смеси по всему объему.

Система альфа-сет представляет собой двухкомпонентную жидкую систему связующих. Первый компонент, смола Sinotherm – водорастворимый щелочной фенолформальдегидный полимер. Второй компонент – отверждающий реагент Aktivator – смесь органических эфиров.

Как и для любой другой системы литейных связующих, качество смешивания двух компонентов является критичным для обеспечения оптимальной производительности системы. Смола Sinotherm и отвердитель Aktivator должны иметь тесный контакт и степень смешивания при перемешивании с песком.

Система альфа – сет является системой «сплошного отверждения», то есть процесс отверждения происходит с одинаковой скоростью по всему объему формы.

Элементы системы альфа–сет после отверждения частично растворяются в воде/растворителях, используемых в противопригарных покрытиях. Рекомендуется должным образом просушивать поверхность формы перед нанесением покрытия.

Для стальных отливок применяется следующий состав формовочной смеси [9]:

- кварцевый песок $2K_2O_202$ ГОСТ 2138-91 100%;
- смола типа Sinotherm 231фирмы POLYTEQ 0,9-1,6% сверх 100%;
- отвердитель Aktivator700 фирмы POLYTEQ 20-25% от смолы.

Свойства смеси представлены ниже:

- прочность при растяжении, МПа 0,4…0,5;
- осыпаемость, % <0,13;
- газотворность, см³/г до 14;
- живучесть, мин. 20…25;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 5…7.

### 3.6.2 Выбор оборудования для участка формовки

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими, но их возможно автоматизировать и механизировать. Для изготовления форм применяется автоматическая формовочная опочная линия фирмы IMF, которая представлена на рисунке 9.

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики:

- размеры опок в свету (максимальный) – 1300×1000×400/800мм;
- цикловая производительность – 12 форм/час;
- грузоподъемность стола – 40000 кг.

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

### 3.6.3 Определение количества линий

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

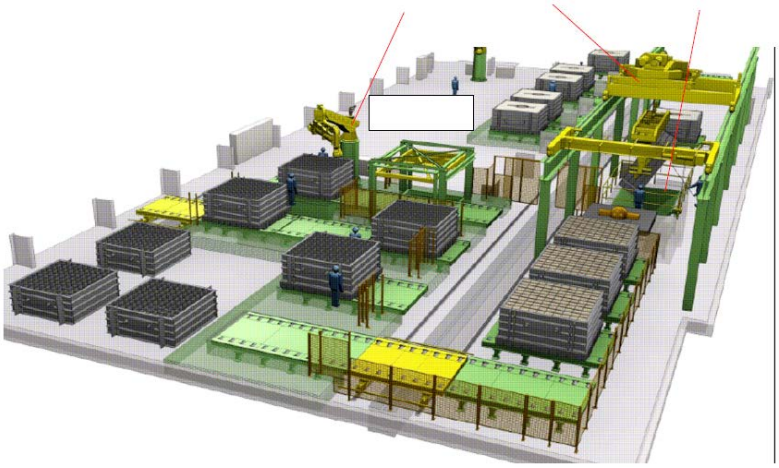


Рисунок 9 – Автоматическая линия фирмы IMF

$$P_1 = \frac{n}{K_\sigma N_{п.расч} T_д}, \quad (22)$$

Таблица 7 – Ведомость изготовления и сборки форм

| Наименование отливки | Изготавливается в год отливок , шт | Внутренний размер опок, мм | Количество отливок в форме, шт | Изготавливается форм в год, шт |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Подушка | 1575 | 1300х1000х400/800 | 1 | 1575 |
| Корпус 690 370*420*408 | 11735 | | 4 | 2934 |
| Шкив 400К Д400 Н185 | 9388 | | 4 | 2347 |
| Линейка выход. лев. 90*375*800 | 7571 | | 4 | 1893 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 4401 | | 4 | 1100 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 5867 | | 4 | 1467 |
| Шкив Д400*190 | 2934 | | 4 | 733 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 7334 | | 4 | 1834 |
| Установочный клин 135*572*806 | 6903 | | 4 | 1726 |
| Линейка вх. пр. шв. | 8283 | | 4 | 2071 |
| Линейка вх. лев. с пазом 90*875*900 | 12425 | | 4 | 3106 |
| Линейка вх. пр. с пазом 90*375*900 | 8283 | | 4 | 2071 |
| Пропуск лев. коробки д/кр.170*400*7 | 9664 | | 2 | 4832 |
| Линейка вход. прав.120*375*900 | 1997 | | 4 | 499 |
| Часть корпуса хвостовая | 1956 | | 4 | 489 |
| Шкив | 1956 | | 4 | 489 |
| Линейка | 1956 | | 4 | 489 |
| Втулка Д560/330*350 | 1467 | | 2 | 733 |
| Кольцо износост. Д1180*150 П1 | 2761 | | 2 | 1381 |

Продолжение таблицы 7

| Наименование отливки | Изготавливается в год отливок , шт | Внутренний размер опок, мм | Количество отливок в форме, шт | Изготавливается форм в год, шт |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Шкив Д600/100Х300 | 2934 | 1300х1000х400/800 | 2 | 1467 |
| Кривошип 270*440*850 | 939 | | 2 | 469 |
| Колесо зубчатое 1224*160 | 853 | | 2 | 427 |
| Хобот 1840Х800Х340 | 1173 | | 1 | 1173 |
| Хобот 1840Х810Х330 | 880 | | 1 | 880 |
| Итого | | | | 36185 |

Продолжение таблицы 7

| Наименование отливки | Объем для одной формы, $м^3$ | | | | Объем уплотненной формовочной смеси на годовую программу, $м^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | формы | залитого металла | стержней | уплотненной смеси | |
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Подушка | 2,3040 | 0,1449 | 0,0000 | 2,1591 | 3400,92 |
| Корпус 690 370*420*408 | 2,3040 | 0,1089 | 0,0000 | 2,1951 | 6439,74 |
| Шкив 400К Д400 Н185 | 2,3040 | 0,1167 | 0,1836 | 2,0037 | 4702,64 |
| Линейка выход. лев. 90*375*800 | 2,3040 | 0,1206 | 0,0000 | 2,1834 | 4132,59 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2,3040 | 0,1244 | 0,0000 | 2,1796 | 2397,79 |

Продолжение таблицы 7

| Наименование отливки | Объем для одной формы, $м^3$ | | | | Объем уплотненной формовочной смеси на годовую программу, $м^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | формы | залитого металла | стержней | уплотненной смеси | |
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2,3040 | 0,1244 | 0,0000 | 2,1796 | 3197,05 |
| Шкив Д400*190 | 2,3040 | 0,1244 | 0,0480 | 2,1316 | 1563,32 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2,3040 | 0,1244 | 0,0000 | 2,1796 | 3996,32 |
| Установочный клин 135*572*806 | 2,3040 | 0,1322 | 0,0000 | 2,1718 | 3747,82 |
| Линейка вх. пр. шв. | 2,3040 | 0,1322 | 0,0000 | 2,1718 | 4497,38 |
| Линейка вх. лев. с пазом 90*875*900 | 2,3040 | 0,1322 | 0,0000 | 2,1718 | 6746,07 |
| Линейка вх. пр. с пазом 90*375*900 | 2,3040 | 0,1322 | 0,0720 | 2,0998 | 4348,28 |
| Пропуск лев. коробки д/кр.170*400*7 | 2,3040 | 0,0661 | 0,0660 | 2,1719 | 10494,42 |
| Линейка вход. прав.120*375*900 | 2,3040 | 0,1828 | 0,0000 | 2,1212 | 1059,23 |
| Часть корпуса хвостовая | 2,3040 | 0,1867 | 0,0000 | 2,1173 | 1035,26 |
| Шкив | 2,3040 | 0,1867 | 0,0480 | 2,0693 | 1011,79 |
| Линейка | 2,3040 | 0,1867 | 0,0560 | 2,0613 | 1007,88 |
| Втулка Д560/330*350 | 2,3040 | 0,1244 | 0,2000 | 1,9796 | 1451,84 |
| Кольцо износост. Д1180*150 П1 | 2,3040 | 0,1322 | 0,3200 | 1,8518 | 2556,48 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2,3040 | 0,1556 | 0,0800 | 2,0684 | 3034,07 |
| Шкив Д400*190 | 2,3040 | 0,1944 | 0,0000 | 2,1096 | 990,20 |
| Корпус подшипника 450*300*450 | 2,3040 | 0,2139 | 0,0000 | 2,0901 | 891,88 |

Окончание таблицы 7

| Наименование отливки | Объем для одной формы, $м^3$ | | | | Объем уплотненной формовочной смеси на годовую программу, $м^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | формы | залитого металла | стержней | уплотненной смеси | |
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Хобот 1840Х800Х340 | 2,3040 | 0,1556 | 0,9200 | 1,2284 | 1441,54 |
| Хобот 1840Х810Х330 | 2,3040 | 0,1556 | 0,0920 | 2,0564 | 1809,88 |
| | | 3,4582 | | | 75954,38 |

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

$К_{\sigma}$ = 0,94–0,96 – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм и отливок;

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

$Ф_{Д}$ – действительный годовой фонд времени, ч.

Расчетное количество автоматических линий определим по формуле (22):

$$Р_{1=}\frac{36185}{0,95\times12\times5589}=0,57.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (4):

$$Р'_{2}=\frac{0,57}{0,8}=0,68.$$

Принимаем одну автоматическую формовочную линию фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (6):

$$К_{зФ}=\frac{0,53}{1}=0,53.$$

Площадь формовочного отделения определяется по фактическому расположению оборудования с учетом проходов и норм обслуживания и мест для оперативного складирования оснастки.

3.7 Стержневое отделение

Программой стержневого отделения является годовое количество стержней, необходимое для обеспечения выпуска проектируемой программы годных отливок.

Применяемые в настоящее время в литейном производстве связующие материалы и отвердители позволяют достаточно широко варьировать время отверждения смесей в оснастке, что обеспечивает механизированное изготовление мелких и крупных стержней.

В составе стержневого отделения проектируется участок изготовления каркасов, приготовления противопригарного покрытия, хранения стержней, складирования стержневых ящиков.

Для изготовления стержней используется BETA-SET процесс. BETA-SET-процесс основан на быстром отверждении смеси в холодной оснастке при продувке парами метилформиата.

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.

Технические характеристики автомата следующие:

- объем пескострельной головки – 80 л;

- длительность цикла – 35 сек;
- размеры стержневого ящика с вертикальным разъемом – 900×900 мм;
- размеры стержневого ящика с горизонтальным разъемом – 1000×900×900мм;
- производительность – 20 съемов/ч.

Рисунок 10 – Автоматическая стержневая линия DISCO 3300 фирмы IMF

Состав и свойства смеси для изготовления стержней следующий:

- кварцевый песок $2K_2O_202$ ГОСТ 2138-91 100;
- фенольная смола Sinotherm 231фирмы POLYTEQ 1,3-1,8(сверх 100%).

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

Расчетное количество стержневых линий определяется по формуле (17):

$$P'_1 = \frac{59432 \cdot 1{,}1}{5713 \cdot 20} = 0{,}75.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (18):

$$P'_2 = \frac{0{,}75}{0{,}80} = 0{,}90.$$

Принимаем одну стержневую линию DISCO 3300 фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (19):

$$К_{зф} = \frac{0{,}75}{1} = 0{,}75.$$

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

### 3.8 Смесеприготовительное отделение

Основой для расчёта смесеприготовительного отделения является ведомость потребности в смесях, представленная в таблице 9. Расход смесей производится отдельно для каждого вида смеси.

При определении количества смеси необходимо учесть их потери при транспортировке и формообразовании, равные 5…6%.

В проектируемом цехе расположены два специализированных отделения приготовления смеси. Отдельно расположены смесители для формовочной и стержневой смеси. Технологический процесс предусматривает производство смесей непосредственно рядом со стержневым автоматом и формовочной линией, т.к. смеси выбранного типа имеют очень короткое время живучести. В цехе применяется единая смесь для производства форм, смесь для изготовления стержней изготавливается полностью на свежем песке.

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.

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 Т36/30S, фирмы IMF с производительностью 50 т/час, представленный на рисунке 11.

Рисунок 11 – Смеситель Т36/30S фирмы IMF

Таблица 8 – Ведомость потребности в смесях

| Наименование смеси | Потребность | | |
|---|---|---|---|
| | расчетная, т/год | с учетом потерь (5%), т/год | всего |
| Формовочная смесь | 121527,01 | 6076,35 | 127603,36 |
| Стержневая смесь | 4698,99 | 234,95 | 4933,94 |

Расчётное количество смесителей модели Т36/30S рассчитаем по формуле (17):

$$P'_1 = \frac{127603 \cdot 1{,}1}{30 \cdot 5900} = 0{,}79.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, рассчитывается по формуле (18):

$$P'_2 = \frac{0{,}79}{0{,}8} = 0{,}95.$$

Значит, к установке в цехе принимаем один смеситель модели Т36/30S. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (19):

$$К_{зф} = \frac{0{,}79}{1} = 0{,}79.$$

Смесеприготовительное оборудование является вспомогательным для стержневого и формовочного оборудования и входит соответственно в состав стержневого автомата и формовочной линии.

## 3.9 Отделение регенерации смеси

После выбивки форм, смесь поступает на участок механической регенерации. Механическая регенерация используется для удаления с гранул песка пленки смолы, которая связывает отдельные песчинки в форму или стержень. Система предусматривает следующие операции: оттирку зерен смеси, пылеудаление, окончательное просеивание, охлаждение смеси. Эти операции проходят в вертикальной башне регенерации, которая имеет рукавный фильтр активного пылеудаления.

Для регенерации смеси выбирается установка механической регенерации IMF с производительностью 30т/ч для ХТС с органическими связующими.

Типовая схема системы регенерации состоит:

1. Выбивное устройство с предварительной регенерацией;

2.Вытяжной колпак;

3. Активный фильтр для отсоса пыли;

4. Пневмотранспорт для загрузки бункера;

5. Накопительный бункер;

6. Пассивный фильтр накопительного бункера;

7. Башня регенерации;

8. Охладительная башня;

9. Насос циркуляции охлаждающей жидкости;

10. Рукавный фильтр системы пылеудаления;

11. Пневмотранспорт до промежуточного бункера регенерированной смеси;

12. Бункер для регенерированной смеси;

13. Фильтр бункера;

14. Панель управления.

На рисунке 12 представлена установка механической регенерации IMF.

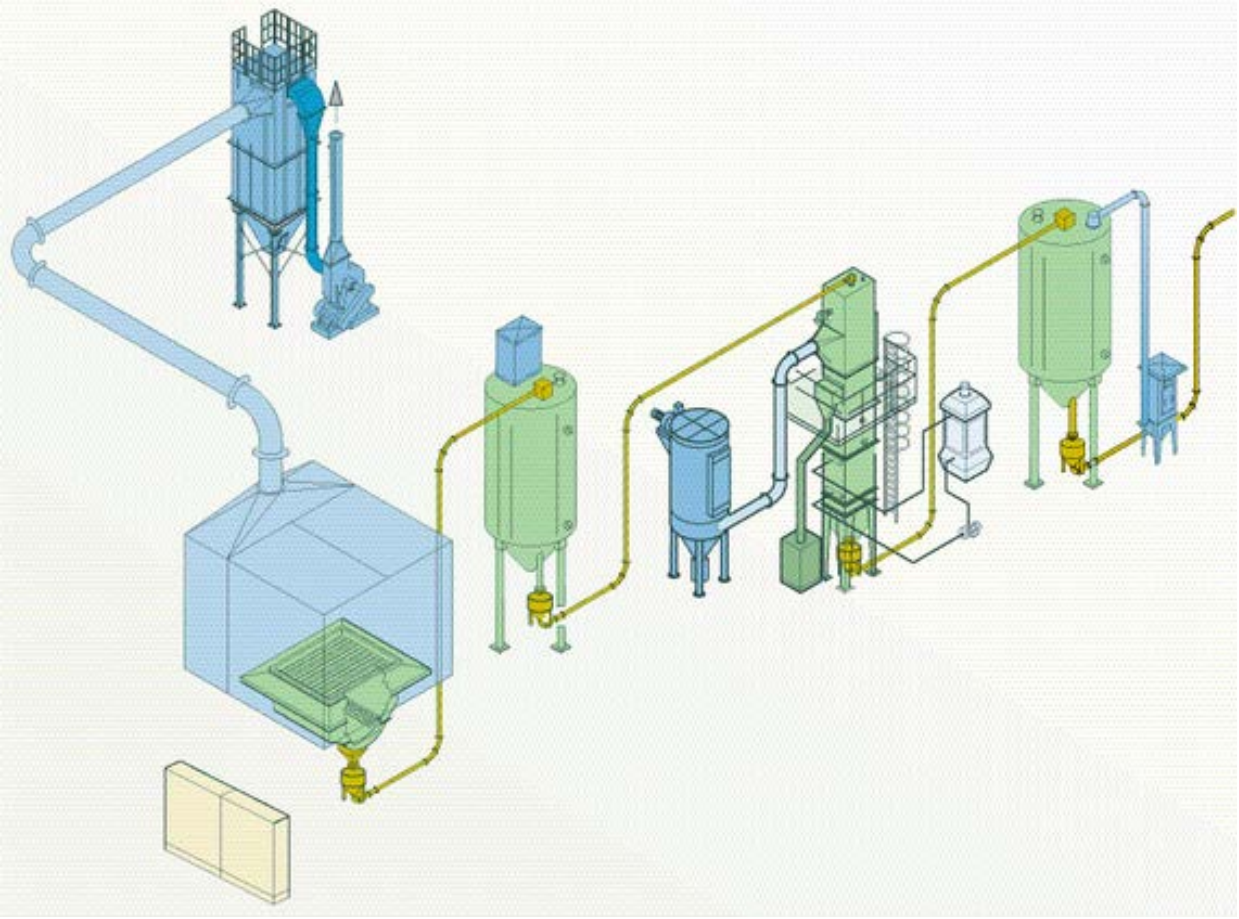


Рисунок 12 – Установка механической регенерации IMF

Определяется расчетное количество установок регенерации (17):

$$Р'_1 = \frac{127603 \cdot 1{,}1}{30 \cdot 5900} = 0{,}79.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, рассчитывается по формуле (18):

$$Р'_2 = \frac{0{,}79}{0{,}8} = 0{,}95.$$

Значит, к установке в цехе принимаем одну установки регенерации. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (19):

$$К_{зф} = \frac{0{,}79}{1} = 0{,}79.$$

Принимается одна установки механической регенерации фирмы IMF.

## 3.10 Термообрубное отделение

В общей трудоемкости изготовления отливок на долю финишной обработки приходится до 30%, причем в очистных отделениях применяется наибольшее количество ручного труда.

Финишная обработка отливок включает следующие операции: удаление литников, прибылей и выпоров; очистку поверхности отливок; разделку дефектов и подготовка их под исправление заваркой, исправление дефектов, термообработку; зачистку и грунтовку.

Дробеструйная установка имеет вид камеры для сухой обработки. Во время дробеструйной обработки сухим сыпучим абразивом абразивный материал подается при помощи сжатого воздуха непосредственно на обрабатываемую деталь. Главным элементом проходной дробеметной камеры является транспортировочная система, которая перемещает детали через камеру дробеструйной обработки.

На транспортировочных устройствах крепятся держатели особой конструкции. Простота смены держателей обеспечивает быструю переналадку установки под другой продукт.

Есть возможность кантования деталей между этапами обработки. Такая конфигурация позволяет проводить полную очистку деталей в одной установке. Загрузка и разгрузка деталей с транспортировочных устройств выполняется автоматически.

Рисунок 13 – Дробеметная установка проходного типа с подвесными, вращающимися, крюками – VKP-1200

Технические характеристики дробеметной установки VKP-1200:

- максимальный размер обрабатываемых деталей, мм 1200x1000x1000;
- количество турбин 4;
- мощность мотора турбины, кВт 15;
- производительность, т/ч 5.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (17).

$$P_1^{/} = \frac{32857 \cdot 1{,}2}{5900 \cdot 5} = 1{,}34.$$

Число единиц оборудования ($P^{/}_2$), принимаемое в цехе, определяется по формуле (18):

$$P_2 = \frac{1{,}34}{0{,}80} = 1{,}60.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (19):

$$К_{зф} = \frac{1,34}{2} = 0,67.$$

Таким образом, принимаем в цехе две дробеметные установки проходного типа с подвесными, вращающимися, крюками – VKP-1200.

Для повторной обработки отливок после термообработки в цехе принимается еще две дробеметные камеры.

После очистки кусты попадают на термическую обработку.

Термические печи предназначены для термической обработки заготовок: закалки, отпуска, отжига, нормализации, гомогенизация. Обычно диапазон рабочих температур для печей варьируется от 400 до 1200 °C. Компания Bosio производит термические печи в зависимости от требований по производительности, веса, типа и размера садки. Новые современные термические печи производства Bosio d.o.o. позволяют обеспечить [10]:

- высокое качество термической обработки (равномерность и точность температуры, стабильность и повторяемость режимов термообработки), что исключает брак в ходе термообработки;
- минимальный расхода энергоносителей (природный газ, электричество), воды, сжатого воздуха;
- высокую производительность термического оборудования;
- фактическое отсутствие простоев оборудования из-за многократного сокращения необходимости в ремонтах;
- минимальные вредные выбросы;
- безопасность технологических процессов;
- исключение влияния человеческого фактора на процессы и оборудование;
- низкие расходы на обслуживание и ремонт. Так, например, срок службы керамоволокнистой футеровки в десятки раз превосходит срок службы традиционной кирпичной футеровки.

Нагрев в печи производиться с помощью скоростных импульсных газовых горелок (тип печи РР-К). Температура нагрева регулируется автоматически. В случае

выбора газовой системы нагрева на месте подключения газа к печи устанавливается газораспределительная установка с необходимыми предохранительными элементами, включая счётчик для измерения расхода газа.

Корпус печи и дверь изготовлены из стальных профилей и покрыты листовым металлом. На листовой металл прикреплена изоляция. Дверной портал изготовлен из стальных профилей. Части, подвергающиеся воздействию высоких температур изготовлены из отливок из жаростойкого сплава. Над дверью предусматривается защитная стенка для защиты от излучения при открытой двери.

Нижний контур стен термической печи и под до рабочей высоты изготовлены из кальций-силикатных плит, лёгкого изолирующего и твёрдого термобетона, который особенно подходит для высоких температур и больших механических нагрузок.

Термобетон имеет ряд преимуществ перед шамотным кирпичом:

- подходит для тяжелых нагрузок;
- подходит для быстрого изменения температуры – противостоит термошоку;
- низкое аккумулирование тепла при нагреве и выдержки.

На рисунке 14 представлена термическая печь фирмы Bosio.

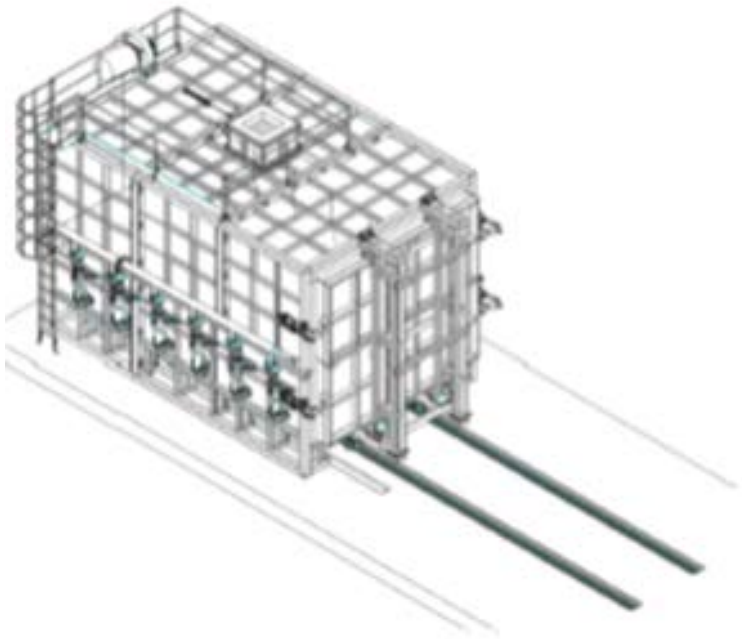


Рисунок 14 – Термическая печь фирмы Bosio

Для обеспечения высокой скорости охлаждения при закалке необходимо уста-

новить для каждой печи специализированную ванну с комплексом вспомогательного оборудования для поддержания необходимой температуры закалочной среды.

Выбираем рекомендованный в [7] режим термической обработки для стали 35Л – закалка с последующим отпуском.

Цель закалки – придание стали высокой твердости за счет получения структуры мартенсита. Нагрев 100 °С в час до температуры 860 – 880 °С, выдержка при этой температуре в течении 1 – 3 часов, а затем быстрое охлаждение в воде с примерной скоростью 250 °С в час.

Отпуск является окончательной термической обработкой. Целью отпуска является снижение внутренних напряжений. Нагрев 100 °С в час до температуры 600 – 630 °С, выдержка при этой температуре в течении 4 – 5 часов, а затем охлаждение на воздухе с примерной скоростью 100 °С в час.

Диаграмма нагрева для выбранного режима термической обработки представлена на рисунке 15.

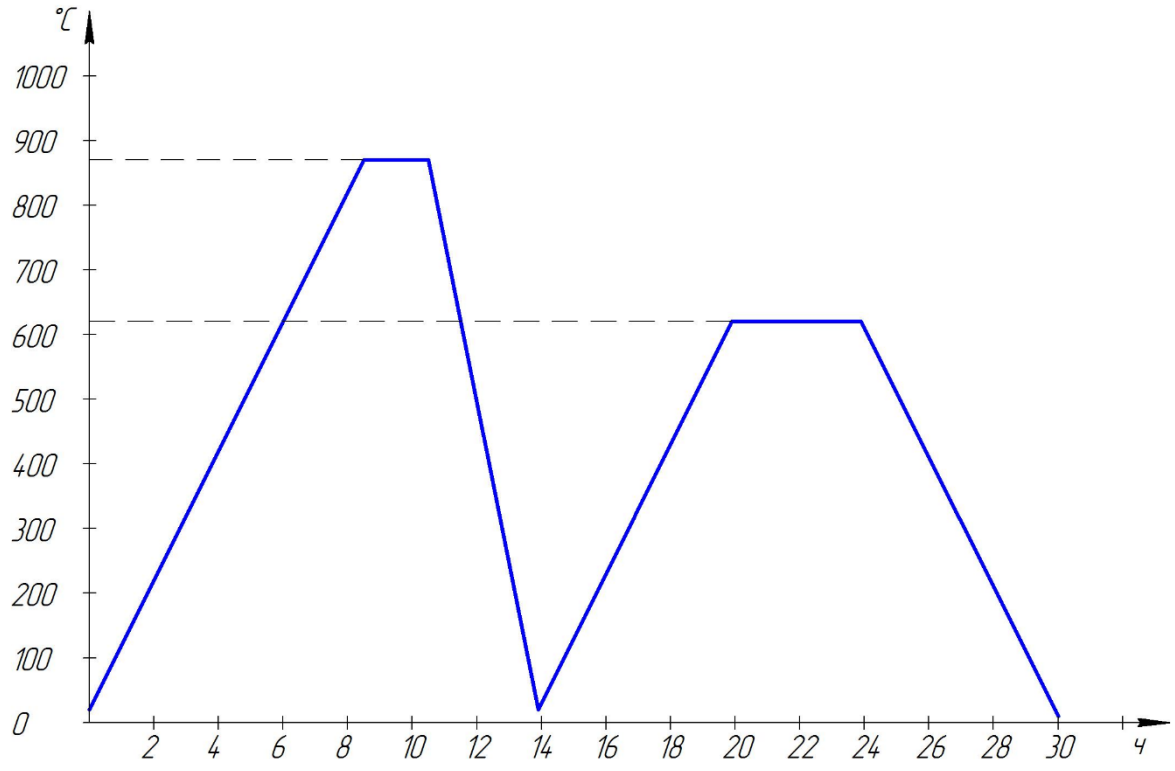



Рисунок 15– Диаграмма нагрева

Технические характеристики печи Bosio d.o.o. – PP-K:

- размеры рабочей камеры, мм 2500х1200 х1500;
- тип камерная в выкатным подом;
- размеры печи, мм 4500х2500 х3000;
- производительность, т/час 3,5;
- масса садки печи, т 5.

В термообрубном отделении предусмотрены участки для контроля и разметки отливок. Для исправления дефектов предусмотрены изолированные кабинки.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (17).

$$P_1^{/} = \frac{32857 \cdot 1{,}1}{6210 \cdot 3{,}5} = 1{,}71.$$

Число единиц оборудования ($P^{/}_2$), принимаемое в цехе, определяется по формуле (18):

$$P_2 = \frac{1{,}71}{0{,}90} = 1{,}89.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (19):

$$К_{зф} = \frac{1{,}71}{2} = 0{,}86.$$

Принимаем две печи модели РР-К фирмы Bosio.

Технические характеристики звукоизолированной кабинки для обрезки, зачистки и сварки.

- размеры камеры, мм 5000х5000 х4000;
- изоляция панель из минеральной ваты.

## 3.11 Внутрицеховые лаборатории

Ряд исходных материалов, применяемых в цехе, требует перед запуском в работу контрольной проверки, подтверждающей соответствие материалов требованиям.

Неразрушающий контроль

Для обеспечения возможности выпуска отливок с высоким уровнем качества в

цехе предусмотрена организация специализированных участков контроля в составе лаборатории неразрушающего контроля и участок ОТК:

- визуально-измерительного контроля;
- магнитопорошковая дефектоскопия;
- ультразвуковой контроль;
- контроль размеров отливки и правильности её конфигурации путём обмера, разметки и ультразвуковой толщинометрии.

Разрушающий контроль

Для контроля уровня качества изготавливаемой стали необходимо создание испытательной лаборатории, которая должна включать в свой состав:

- лабораторию формовочных материалов;
- химическую лабораторию;
- лабораторию металлографических исследований;
- лабораторию механических испытаний.

## 3.12 Внутрицеховой транспорт и грузоподъемные механизмы

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, 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 бунке-

ра. 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 стали производят выпуск металла в ковши. Затем с помощью передвижной тележки ковш с металлом передвигается в формовочно-заливочно-выбивное отделение, где металл попадает на формовочную линию IMF, куда подвозят стержни электрокарами. После выбивки отливки передают в термообрубное отделение электрокарами. Со склада готовой продукции отливки вывозят автотранспортом.

# 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В экономической части дипломной работы представлено экономическое обоснование проекта по теме «Организация технологического процесса изготовления отливок для нужд АО «ЕВРАЗ НТМК» с годовым выпуском 23000 тонн».

В экономической части дипломного проекта определяются капитальные вложения на проектирование нового цеха, его полной себестоимости и срока полной окупаемости.

## 4.1 Расчет численного состава работающих

Определим количественный состав основных и вспомогательных рабочих. Различают списочную и явочную численность рабочих, фактически участвующих в производственном процессе. Списочная численность рабочих включает всех постоянных и временных рабочих, имеющих трудовые договорные отношения с предприятием.

Расчет численности рабочих выполняем по формуле:

$$N_{я.i} = H_i \cdot A_i \cdot C_i, \quad (23)$$

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

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

$C_i$ - число смен в сутки.

Списочное число работающих определим по формуле:

$$N_{сп.i} = H_i \cdot K_{сп} \quad (24)$$

где $K_{сп}$ - коэффициент списочного состава,

$$K_{сп} = T_н / T_д, \quad (25)$$

где $T_н$ - номинальный фонд времени, сут.;

$T_д$ - действительный фонд времени, сут.

Для определения численности рабочих предварительно необходимо рассчитать фонд времени работы производственного персонала. Расчет сведем в таблицу 9.

С учетом данных таблицы 9 проведем расчет численности основных рабочих, который сводим в таблице 10, и численности вспомогательных рабочих в таблице 11.

Таблица 9 - Баланс рабочего времени основных рабочих

| Статьи баланса | Фонд времени | |
|---|---|---|
| | Сутки | Часы |
| Календарный фонд времени | 365 | 2920 |
| Выходные дни | 101 | 808 |
| Праздничные дни | 9 | 72 |
| Предпраздничные дни | 8 | 8 |
| Номинальный фонд времени | 247 | 2032 |
| Плановые не выходы на работу | 40 | 320 |
| в том числе: | | |
| основной и дополнительный отпуск | 30 | 240 |
| по болезни | 7 | 56 |
| выполнение государственных обязанностей | 2 | 16 |
| отпуск учащихся | 1 | 8 |
| Действительный фонд времени | 207 | 1712 |
| Коэффициент списочного состава, $К_{сп}$ | 1,19 | |

Таблица 10 - Расчет списочного состава основных рабочих

| Наименование отделений и профессий | Тарифный разряд | Число смен в сутки | Норма обслуживания | Количество агрегатов | Количество рабочих | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | явочное | | | |
| | | | | | в смену | в сутки | списочное | $К_{сп}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Плавильное отделение | | | | | | | | |
| 1. Сталевар | 5 | 3 | 1 | 4 | 4 | 12 | 14 | 1,19 |
| 2. Подручный сталевара | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 12 | 14 | |
| 3. Завалщик шихты | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 12 | 14 | |
| 4. Шихтовщик | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 12 | 14 | |
| 5. Заливщик форм | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 12 | 14 | |
| Итого | | | | | | 60 | 70 | |
| Формовочное отделение | | | | | | | | |
| 1. Формовщик автоматической линии | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 6 | 7 | 1,19 |
| 2. Проставщик стержней | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 6 | 7 | |
| Итого | | | | | | 12 | 14 | |

Окончание таблицы 10

| Наименование отделений и профессий | Тарифный разряд | Число смен в сутки | Норма обслуживания | Количество агрегатов | Количество рабочих | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | явочное | | | |
| | | | | | в смену | в сутки | списочное | $К_{сп}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Смесеприготовительное отделение | | | | | | | | |
| 1. Оператор смесителя формовочного | 3 | 3 | 0,5 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1,19 |
| 2. Оператор системы регенерации | 2 | 3 | 0,5 | 2 | 1 | 3 | 4 | |
| Итого | | | | | | 6 | 8 | |
| Стержневое отделение | | | | | | | | |
| 1. Стерженщик | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1,19 |
| 2. Каркасник | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | |
| 3. Вспомогательный рабочий | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 6 | 7 | |
| Итого | | | | | | 12 | 15 | |
| Термоорубное отделение | | | | | | | | |
| 1. Чистильщик литья | 4 | 3 | 1 | 6 | 6 | 18 | 21 | 1,19 |
| 2. Термист | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 6 | 7 | |
| 3. Выбивщик литья | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | |
| 4. Станочник | 4 | 3 | 1 | 6 | 6 | 18 | 21 | |
| 5. Сварщик | 4 | 3 | 1 | 6 | 6 | 18 | 21 | |
| Итого | | | | | | 63 | 74 | |
| Всего | | | | | | 153 | 181 | |

Таблица 11 - Расчет списочного состава вспомогательных рабочих

| Наименование профессии | Тарифный разряд | Число смен в сутки | Количество рабочих | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | явочное | | списочное | Ксп |
| | | | в смену | в сутки | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. Маркировщик | 1 | 2 | 2 | 4 | 8 | 1,19 |
| 2. Контролёр | 3 | 2 | 3 | 6 | 12 | |
| 3. Ковшевой | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | |
| 4. Крановщик | 4 | 2 | 9 | 18 | 36 | |
| 5. Стропальщик | 3 | 2 | 2 | 4 | 8 | |
| 6. Кладовщик | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | |
| 7. Слесарь | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | |

Окончание таблицы 11

| Наименование профессии | Тарифный разряд | Число смен в сутки | Количество рабочих | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | явочное | | списочное | Ксп |
| | | | в смену | в сутки | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8. Станочник | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,19 |
| 9. Наладчик | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 10. Электрик | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 11. Печник-футеровщик | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 12. Лаборант | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 13. Водитель внутреннего транспорта | 2 | 2 | 2 | 4 | 8 | |
| Итого | | | | 51 | 91 | |

Расчет численности и оплаты сведем в штатное расписание ИТР, служащих и МОП.

Таблица 12 - Штатное расписание ИТР, служащих и МОП

| | Количество | Оклад, руб. | | |
|---|---|---|---|---|
| | | месячный | годовой | с учётом районного коэффициента |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ИТР | | | | |
| 1. Начальник цеха | 1 | 950000 | 11400000 | 13110000 |
| 2. Заместитель начальника | 1 | 650000 | 7800000 | 8970000 |
| 3. Начальник ПДБ | 1 | 50000 | 600000 | 690000 |
| 4. Начальник тех. бюро | 1 | 50000 | 600000 | 690000 |
| 5. Технолог | 4 | 30000 | 1440000 | 1656000 |
| 6. Старший мастер | 4 | 40000 | 1920000 | 2208000 |
| 7. Энергетик | 1 | 30000 | 360000 | 414000 |
| 8. Механик | 1 | 30000 | 360000 | 414000 |
| 9. Экономист | 2 | 30000 | 720000 | 828000 |
| 10. Мастер | 10 | 30000 | 3600000 | 4140000 |
| Итого | 26 | 1890000 | 28800000 | 33120000 |
| Служащие | | | | |
| 1. Табельщик | 2 | 25000 | 600000 | 690000 |
| 2. Секретарь | 1 | 18000 | 216000 | 248400 |
| 3. Бухгалтер | 1 | 35000 | 420000 | 483000 |
| 4. Завхоз | 1 | 22000 | 264000 | 303600 |

Окончание таблицы 12

| | Количество | Оклад, руб. | | |
|---|---|---|---|---|
| | | месячный | годовой | с учётом районного коэффициента |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. Нормировщик | 1 | 18000 | 216000 | 248400 |
| Итого | 6 | 118000 | 1716000 | 1973400 |
| МОП | | | | |
| 1. Курьер | 1 | 16000 | 192000 | 220800 |
| 2. Уборщик | 4 | 12000 | 576000 | 662400 |
| Итого | 5 | 28000 | 768000 | 883200 |
| Всего | 37 | 2036000 | 31284000 | 35976600 |

Рассчитаем сводную структуру работающих в цехе по группам и сведем расчет в таблицу 13.

Таблица 13 - Структура трудящихся в цехе

| Категории персонала | Количество человек | Удельный вес, % |
|---|---|---|
| 1. Рабочие, всего | 272 | 88,03 |
| в том числе: | | |
| - основные | 181 | 58,58 |
| - вспомогательные | 91 | 29,45 |
| 2.ИТР | 26 | 8,41 |
| 3. Служащие | 6 | 1,94 |
| 4. МОП | 5 | 1,62 |
| Итого | 309 | 100,00 |

## 4.2 Организация и планирование заработной платы

При планировании фонда заработной платы исходят из расчета трудоемкости производственной программы, то есть определения прямой (тарифной) заработной платы и различных выплат и доплат.

По структуре фонд заработной платы делится на часовой, дневной, месячный и годовой. Различие этих фондов заключается в добавлении к прямой (основной) заработной плате доплат, предусмотренных законодательством.

К часовому фонду относятся доплаты за работу в ночное время, за руководство бригадой; к дневному – доплаты за работу в сверхурочные часы, в предпраздничные и выходные дни; к месячному и годовому фондам доплаты за очередные и дополнительные отпуска по учебе, выполнение государственных обязанностей.

Фонд заработной платы по каждой группе рабочих (определению) рассчитывается по формулам:

$$З_{т.ф.} = Т_{ср.} \cdot Н_{ч}; \quad (26)$$

где $Н_{ч}$ - годовые затраты времени данных рабочих на программу;

. $Т_{ср}$ – тарифная ставка

Фонд основной заработной платы рабочих находится по формуле:

$$З_{ос} = З_{т.ф}(1 + К_{пр} + К_{ст} + К_{ком}) К_{рк}, \quad (27)$$

где $К_{пр}$ - коэффициент премиальных доплат;

$К_{ст}$ - коэффициент стимулирующих доплат;

$К_{рк}$ - районный коэффициент (1,15).

Расчеты фонда заработной платы основных и вспомогательных рабочих сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Фонд заработной платы основных и вспомогательных рабочих

| Отделения | Прочие доплаты (5%) | ИТОГО | С учётом районного коэффициента | За неотработанное время | Зарплата, тыс.руб. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | годовой фонд | среднемесячная по цеху | среднемесячная рабочего |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Плавильное | 599,2 | 23368,8 | 26874,1 | 1343,71 | 28217,8 | 34,9661 | 32,2588 |
| Формовочное | 95,872 | 3739,01 | 4299,86 | 214,993 | 4514,85 | | |
| Смесеприготовительное | 54,784 | 2136,58 | 2457,06 | 122,853 | 2579,92 | | |
| Стержневое | 102,72 | 4006,08 | 4606,99 | 230,35 | 4837,34 | | |
| Термообрубное | 760,128 | 29645 | 34091,7 | 1704,59 | 35796,3 | | |
| Итого по основным рабочим | 1612,7 | 62895,5 | 72329,8 | 3616,49 | 75946,3 | | |
| Вспомогательные рабочие | 623,168 | 24303,6 | 27949,1 | 1397,45 | 29346,5 | | |
| Всего | 2235,87 | 87199 | 100279 | 5013,94 | 105293 | | |

Годовой фонд зарплаты основных и вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле [11]:

$$ФЗП = З_{ос+} З_{доп} \quad (4.6)$$

4.3 Отчисления единого социального налога

В Социальный взнос (30,2% от ФЗП) входят:

- отчисления в пенсионный фонд (ПФ 22% от ФЗП);
- социальное страхование (СоцСтрах 2,9 % от ФЗП);
- обязательное медицинское страхование (ОМС 5,1% от ФЗП);
- травматизм (0,2 % от ФЗП).

Расчет годового фонда заработной платы приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Годовой фонд заработной платы по цеху

| Категории работающих | Фонд заработной платы, тыс. руб. | Отчисления в фонд, тыс. руб. |
|---|---|---|
| 1. Рабочие: | | |
| Основные | 75946,26 | 22783,88 |
| Вспомогательные | 29346,54 | 8803,96 |
| 2.ИТР | 33120,00 | 9936,00 |
| 3. Служащие | 1973,40 | 592,02 |
| 4. МОП | 883,20 | 264,96 |

4.4 Расчет стоимости основных фондов, амортизационных отчислений

Стоимость основных фондов включают:

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

Расчеты выполняются по ориентировочным нормативам. Стоимость здания литейного цеха примем 3600 рублей за 1 $м^3$ (14400 $м^2$), стоимость бытовых помещений

4200 рублей за 1м$^3$ (1080). Затраты на здание и бытовые помещения вычисляем по формулам.

$$C_{зд} = V_{зд} \cdot C_{тзд}, \quad (29)$$

$$C_{бп} = V_{бп} \cdot C_{тбп} \quad (30)$$

где $V_{зд}$ и $V_{бп}$ - объемы здания и бытовых помещений м$^3$;

$C_{тбп}$ и $C_{тзд}$ - удельная цена здания и помещений, тыс. руб./м$^3$;

Затраты на монтаж оборудования определяется в % от цены оборудования, примем - 10%.

Затраты на приобретение и монтаж подъемно транспортного оборудования можно принять 60% от стоимости технологического оборудования; затраты на прочее вспомогательное оборудование примем в размере 25% от стоимости технологического оборудования.

Затраты на инструмент и приспособления 150 рублей на 1 тонну годных отливок. Стоимость хозяйственного инвентаря на одного работающего 1000 рублей.

Результаты расчетов капитальных затрат и амортизационных отчислений сведем в таблицу 16.

Для выполнения расчетов принимаем следующие значения норм амортизации:

- для зданий и сооружений -2%;
- для плавильных агрегатов - 7%;
- для технологического оборудования - 9%;
- для подъемно-транспортного оборудования -10%;
- для прочего оборудования - 10%.

Таблица 16 - Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

| Наименование | Марка оборудования | Количество, шт. | Стоимость единицы оборудования | | | | Общая стоимость, тыс.руб. | Амортизационные отчисления | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | цена, тыс.руб. | монтаж | | всего, тыс.руб. | | норма, % | сумма, тыс.руб. |
| | | | | % | тыс.руб. | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Здания и сооружения | | | | | | | 51840 | 2 | 1036,8 |

Окончание таблицы 16

| Наименование | Марка оборудования | Количество, шт. | Стоимость единицы оборудования | | | | Общая стоимость, тыс.руб. | Амортизационные отчисления | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | цена, тыс.руб. | монтаж | | всего, тыс.руб. | | норма, % | сумма, тыс.руб. |
| | | | | % | тыс.руб. | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Бытовые помещения | | | | | | | 4536 | 2 | 90,72 |
| Итого | | | | | | | 56376 | | 1127,52 |
| Основное оборудование: | | | | | | | | | |
| Автомат стержневой | DISCO 3300 | 1 | 6600 | 10 | 660 | 7260 | 7260 | 9 | 653,4 |
| Система регенерации | IMF | 1 | 12500 | 10 | 1250 | 13750 | 13750 | 9 | 1237,5 |
| Линия формовочная | IMF | 1 | 320 | 10 | 32 | 352 | 352 | 9 | 31,68 |
| Стенд для ремонта сводов | | 2 | 440 | 10 | 44 | 484 | 968 | 9 | 87,12 |
| Печь плавильная | ДСП6 | 4 | 4900 | 10 | 490 | 5390 | 21560 | 9 | 1940,4 |
| Установка подогрева ковшей | | 4 | 460 | 10 | 46 | 506 | 2024 | 9 | 182,16 |
| Смеситель формовочный | Т36/30S | 1 | 6700 | 10 | 670 | 7370 | 7370 | 9 | 663,3 |
| Установака дробеметная | VKP-1200 | 4 | 5700 | 10 | 570 | 6270 | 25080 | 9 | 2257,2 |
| Ванна закалочная | | 2 | 650 | 10 | 65 | 715 | 1430 | 9 | 128,7 |
| Печь термическая | Bosio | 2 | 8200 | 10 | 820 | 9020 | 18040 | 9 | 1623,6 |
| Итого | | | | | | | 97834 | | 1038,2 |
| Подъёмно-транспортное оборудование | | | | | | | 58700,4 | 10 | 5870,04 |
| Инструмент и оснастка | | | | | | | 3450 | 50 | 1725 |
| Прочее оборудование | | | | | | | 24458,5 | 10 | 2445,85 |
| Хозяйственный инвентарь | | | | | | | 1236 | 10 | 123,6 |
| Итого | | | | | | | 87844,9 | | 10164,49 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Всего | | | | | | | 242055 | | 12330,21 |

Затраты на содержание и ремонт оборудования рассчитываем в % от балансовой стоимости, они приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Смета расходов на ремонт и содержание оборудования

| Наименование статьи затрат | Сумма, тыс. руб. | Примечание |
|---|---|---|
| Эксплуатация оборудования | 978,34 | 1% от стоимости оборудования |
| Текущий ремонт оборудования | 4891,7 | 5% от стоимости оборудования |
| Внутрипроизводственные перемещения груза | 115 | 5 руб. на 1 т годного литья |
| Износ малоценного и быстроизнашивающегося оборудования | 345 | 15 руб. на 1 т. годного литья |
| Прочие расходы | 633,004 | 10 % от общей суммы расходов |
| ИТОГО: | 6963,044 | |

4.5 Определение затрат и планирование себестоимости продукции

Постоянные затраты складываются из следующих составляющих:

$$FC = FC_1 + FC_2 + FC_3 + FC_4 + FC_5 + FC_6 + FC_7 + FC_8 + FC_9 \quad (31)$$

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

$FC_2$ - отчисления на эксплуатацию и ремонт оборудования;

$PC_4$ - затраты на оплату вспомогательных рабочих управленческого и обслуживающего персонала плюс отчисления на социальные нужды;

$FC_5$ - затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство;

$FC_6$ - расходы на охрану труда;

$FC_7$ - прочие цеховые расходы;

$FC_8$ - общезаводские расходы;

$FC_9$ - непроизводственные расходы.

Расчет переменных затрат производится по выражению:

$$VC = VC_1 + VC_2 + VC_3 + VC_4 + VC_5 + VC_6 + VC_7, \quad (32)$$

где $VC_1$ - суммарные затраты на сырье и основные материалы;

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

$VC_3$ - затраты на технологическую энергию;

$VC_4$ - затраты на технологическое топливо;

$VC_5$ - затраты на использование воды и воздуха;

$VC_6$ - транспортный налог.

Общие годовые затраты равны:

$$TC = FC + VC, \quad (33)$$

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

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

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

Количество основных и вспомогательных материалов и затраты на их приобретение в расчете на 1 тонну годного литья приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Количество основных и вспомогательных материалов

| Наименование материала | Расход, т | | Затраты, тыс. руб. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | на 1т годного литья | на годовую программу | цена, тыс.руб./т | на 1т годного литья | на годовую программу |
| 1 | 2 | | 2 | | 2 |
| Основные материалы | | | | | |
| 1. Возврат | 0,480 | 11040,000 | 16,00 | 7,68 | 176640 |
| 2. Лом стальной | 0,890 | 20470,000 | 14,00 | 12,46 | 286580 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3. Чугун передельный | 0,080 | 1840,000 | 20,00 | 1,60 | 36800 |
| 4. Ферросплавы | 0,010 | 230,000 | 60,00 | 0,60 | 13800 |

Окончание таблицы 18

| Наименование материала | Расход, т | | Затраты, тыс. руб. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | на 1т годного литья | на годовую программу | цена, тыс.руб./т | на 1т годного литья | на годовую программу |
| 1 | 2 | | 2 | | 2 |
| 6. Раскислитель | 0,020 | 460,000 | 80,00 | 1,60 | 36800 |
| 7. Шлакообразующие материалы | 0,020 | 460,000 | 45,00 | 0,90 | 20700 |
| Итого | 1,500 | 34500,000 | | 24,84 | 571320 |
| Вспомогательные материалы | | | | | |
| Песок формовочный | 0,275 | 6325,000 | 4,00 | 1,10 | 25300 |
| Смесь оборотная | 5,500 | 126500,000 | 2,00 | 11,00 | 253000 |
| Смола | 0,055 | 1265,000 | 60,00 | 3,30 | 75900 |
| Катализатор | 0,014 | 316,250 | 80,00 | 1,10 | 25300 |
| Огнеупоры | 0,350 | 8050,000 | 18,00 | 6,30 | 144900 |
| Итого | 6,194 | 142456,250 | | 22,80 | 524400 |
| Всего | 7,694 | 176956,250 | | 47,64 | 1095720 |

Смета цеховых расходов представлена в таблице 33.

Таблица 19 - Смета цеховых расходов

| | Статьи затрат | Затраты на всю программу, тыс. руб. | Затраты на 1т литья, тыс. руб. |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| $FC_4$ | 1. Затраты на оплату вспомогательных рабочих, управленческого и обслуживающего персонала | 65323,139 | 2,840 |
| $FC_1$ | 2. Отчисления на социальные нужды | 19596,942 | 0,852 |
| $FC_5$ | 3. Амортизация зданий и инвентаря | 1160,400 | 0,050 |
| $FC_1$ | 4. Затраты на НИОКР, рационализаторство и изобретательство (8% от основной зарплаты производственных рабочих) | 6075,701 | 0,264 |
| $FC_6$ | 5. Расходы на охрану труда (10% от основной зарплаты производственных рабочих ) | 7594,626 | 0,330 |

Окончание таблицы 19

| | Статьи затрат | Затраты на всю программу, тыс. руб. | Затраты на 1т литья, тыс. руб. |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | ИТОГО: | 99750,808 | 4,337 |
| | 6. Транспортный налог (1% от цехового фонда заработной платы) | 1052,928 | 0,046 |
| $FC_7$ | 7. Прочие расходы (15% от суммы всех предыдущих расходов) | 14962,621 | 0,651 |
| | ИТОГО цеховых расходов | 115766,357 | 5,033 |

Таблица 20 - Калькуляция себестоимости 1 т годных отливок

| Об-ие | Статья затрат | Единица измерения | На 1 т литья | | | На программу | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | норм. расх. | цена, р. | сумма, тыс. руб. | кол-во, т | сумма, тыс. руб. |
| | 1.Сырьё и основные материалы: | | | | | | |
| | основные материалы | | 1,500 | | 24,840 | 34500,000 | 571320,000 |
| | вспомогательные материалы | кг | 6,194 | | 22,800 | 142456,250 | 524400,000 |
| $VC_1$ | Итого: | | 7,694 | | 47,640 | 176956,250 | 1095720,000 |
| | 2.Возвраты (литники и прибыли) | кг | 0,480 | | 7,680 | 11040,000 | 176640,000 |
| | Итого за вычетом возврата | | 7,214 | | 39,960 | 165916,250 | 919080,000 |
| $VC_2$ | 3.Оплата труда основных рабочих | р | | | 6,142 | | 141269,402 |
| $VC_2$ | 4.Отчисления на соц. нужды | р | | | 1,843 | | 42380,821 |
| $VC_3$ | 5.Технологическая электроэнергия | тыс.кв/ч | 1,283 | 1450,000 | 1,860 | 29509,000 | 42788,050 |
| | 7.Энергия на технические нужды: | | | | | | |
| $VC_4$ | - вода | тыс.$м^3$ | 0,048 | 7210,000 | 0,015 | | 346,080 |
| $VC_5$ | - сжатый воздух | тыс.$м^3$ | 0,013 | 6000,000 | 0,003 | | 75,600 |

Окончание таблицы 20

| Об-ие | Статья затрат | Единица измерения | На 1 т литья | | | На программу | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | норм. расх. | цена, р. | сумма, тыс. руб. | кол-во, т | сумма, тыс. руб. |
| $FC_3$ | 8.Расходы на подготовку и освоение производства | | | | 5,000 | | 115000,000 |
| $FC_2$ | 9.Расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования | | | | 0,303 | | 6963,044 |
| | 10.Отчисления на амортизацию оборудования | | | | 0,045 | | 1038,200 |
| | Технологическая себестоимость | | | | 55,171 | | 1268941,197 |
| | Цеховые расходы | | | | 5,033 | | 115766,357 |
| | Цеховая себестоимость | | | | 60,205 | | 1384707,554 |
| | Общезаводские расходы | | | | 2,174 | | 50000,000 |
| | Производственная себестоимость | | | | 62,379 | | 1434707,554 |
| | Непроизводственные расходы | | | | 0,652 | | 15000,000 |
| | Полная себестоимость | | | | 63,031 | | 1449707,554 |

4.6 Технико-экономические показатели

При установлении цен на продукцию используют следующие методы ценообразования:

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

Рассчитаем цену по формуле:

$$P = 1{,}9 \cdot S, \quad (34)$$

где S - себестоимость тонны годного литья, р.;

Примем цену на тонну годного литья, равную 7249 р. Доход от продаж определим по формуле:

$$Д = Р \cdot Q, \quad (35)$$

где Д-доход от продаж, тыс. руб.;

Р - цена продукции, тыс. руб.;

Q - объем производства, тыс.т.;

Прибыль определим по формуле [16]:

$$\Delta П = Д – В.З., \quad (36)$$

где В.З. - валовые затраты = полной себестоимости, тыс.руб.

Срок окупаемости проектируемого цеха определим по формуле:

$$Т = \Delta П/К, \quad (37)$$

где К - капитальные затраты, тыс. руб.

Технико-экономические показатели цеха представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Технико-экономические показатели цеха

| Показатель | Единицы измерения | Проектируемый вариант (при достижении проектного объема выпуска) |
|---|---|---|
| 1.Годовой объём выпуска литья | тонна | 23000,00 |
| 2.Балансовая стоимость основных производственных фондов: | тыс. руб. | 242054,90 |
| 3.Численность рабочих, | | 309,00 |
| в т.ч. всех производственных | человек | 181,00 |
| 4.Себестоимость производственной программы выпуска | тыс. руб. | 1449707,55 |
| Себестоимость 1т годного литья | | 63,03 |
| 5.Чистая прибыль | тыс. руб. | 217456,13 |
| Цена литья | тыс. руб. | 72,49 |
| 6.Дополнительные капитальные вложения | тыс. руб. | 336914,90 |
| 7.Выпуск продукции | | |
| - на 1 работающего | т/г | 74,43 |
| - на 1 производственного рабочего | т/г | 127,07 |

Окончание таблицы 21

| Показатель | Единицы измерения | Проектируемый вариант (при достижении проектного объема выпуска) |
|---|---|---|
| 8. Фондоотдача (на тыс. руб. осн. произ. фондов):- на тыс. руб. активной части осн. произ. фондов | тыс. руб. | 52676,21 |
| 9.Затраты на 1 рубль произведённой продукции | руб. | 0,87 |
| 10.Рентабельность продукции | % | 15,00 |
| 11.Окупаемость капитальных вложений | год | 1,55 |

Проведенные расчеты экономической части дипломного проекта показали, что проектирование нового литейного цеха по производству отливок для нужд АО «ЕВРАЗ НТМК» с годовым выпуском 23000 тонн, является целесообразным и экономически выгодным.

# 5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

## 5.1 Безопасность труда

При планировке цеха учтены производственные, транспортные, экономические и другие требования. Следует иметь в виду создание благоприятной гигиенической обстановки и устранение опасностей для всех категорий работающих в цехе. Место расположения площадки должно обеспечивать возможность соблюдения санитарных норм по предельным концентрациям вредных выбросов в атмосферу, водоемы и наиболее целесообразное расселение рабочих, и доставку их до места работы. Цех и отдельно стоящие производственные сооружения по отношению к жилым районам расположены с подветренной стороны к ветрам преобладающего направления. Места для отвалов и отходов, выделяющих в атмосферу дым, газы, запахи, расположены с подветренной стороны по отношению к площадке предприятия. Между цехом и жилыми районами создана санитарно-защитная зона, ширина которой зависит от количества вредностей, выбрасываемых цехом в воздушный бассейн. Санитарно-гигиенические требования к вентиляции, отоплению помещения выполнены по СанПиН 2.2.4.548-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для безопасности передвижения по территории цеха большое внимание уделено организации грузопотоков. Здание одноэтажное, имеет прямоугольную форму общей площадью 15480 м$^2$.

Фонари прямоугольного сечения шириной 3 м и высотой 6 м. В плавильном отделении предусмотрены механизмы открывания и закрывания фрамуг, обеспечивающие естественную вентиляцию. Естественное освещение достигается за счет остекления наружных продольных стен. Установка фонарей обеспечивает искусственное освещение.

Полы в литейном цехе должны обладать высокой прочностью, износостойкостью к воздействию агрессивных сред, расплавленных металлов, раскаленных деталей. С учетом вышесказанного в отделениях литейного цеха применяют типы полов, удовлетворяющие требованиям: диэлектричности, безыскровости, беспыльности,

бесшовности, теплоусвоения, повышенной химической стойкости. Таким образом, в плавильном, формовочном, выбивном, стержневом, обрубном отделениях, а также в закромах формовочных материалов литейного цеха предусмотрены стальные перфорированные плиты, толщиной 1,5…3 мм, а на участке заливки плиты из жаростойкого бетона. Для складов шихты применяют стальные рифленые плиты толщиной 8 мм.

Температура в цехе в холодный период 15 - 21 $^{o}$C, в теплый период 16 - 27 $^{o}$C. 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).

При укладке шихтовых, формовочных материалов, применяемых в цехе, учтены способы хранения и предельная высота хранения. Ширина проезда: 3 м. В помещениях, используются такие способы перемещения грузов, которые наилучшим образом отвечают требованиям данного производства.

Для складирования грузов отводятся специальные места. Главные входы и въезды на территорию цеха предусмотрены со стороны основных подходов и подъездов рабочих. От входов на территорию устраивают пешеходные дороги к цеху. Вдоль цеха предусмотрены автомобильные дороги и тротуары. Все дороги в летнее время поливают водой, а в зимнее очищают от снега и льда.

Санитарно-защитная зона и территория цеха озеленяется.

Зелень служит барьером, защищающим от пыли, дыма, газов, шума, ветров; она ослабляет отрицательное влияние высокой температуры летом и освежает воздух. Между санитарно-защитной зоной и жилым районом предусмотрена полоса древесно-кустарниковых насаждений шириной 20 м. Все площадки, лестницы, канавы ограждаются перилами, высотой 1,2 м со сплошной обшивкой понизу на высоту 0,2 м. Лестницы имеют уклон 40°.

5.1.1 Характер трудового процесса

Безопасность производственных процессов определяется, в первую очередь, безопасностью производственного оборудования, которая обеспечивается учётом требований безопасности при составлении технического задания на его проектирование.

Безопасность техпроцессов достигается соблюдением требований ГОСТ 12.3.002-2014 «Процессы производственные. Общие требования безопасности» [12].

Важным условием по соблюдению безопасности технологических процессов является проведение профилактических мероприятий.

К специальным средствам обеспечения безопасности труда относятся системы освещения и вентиляции производственных помещений, разрывы и габариты безопасности, расстояние между путями железнодорожного транспорта.

Для обеспечения безопасности операций по хранению и переработке исходных шихтовых, огнеупорных и формовочных материалов используются бункера и закрома. Для транспортировки шихтовых материалов предусматривается механизированное оборудование, которое освобождает рабочих от тяжёлого физического труда и снижает травматизм.

Выбивные решётки и другое опасное оборудование отделяется от других производственных зон оградительными устройствами, тем самым, исключая или уменьшая воздействие вредных и опасных факторов.

Работа выбивной решётки связана с работой вытяжной вентиляции и системой ленточных транспортёров для регенерации смеси, что существенно снижает выделение вредных веществ и уменьшает риск травматизма.

Опасные зоны снабжаются защитными блокировочными ограждениями ГОСТ 12.2.046.0-04 «Оборудование производственное. Ограждения защитные» [13] полностью исключающими травматизм оператора при выполнении технологических операций.

Общие требования безопасности производственного оборудования определены ГОСТ 12.2.003-91 [14]. Безопасность производственных процессов регламентируются [12].

Во избежание выброса металла всё литейное оборудование, контактируемое с ним, просушивается на специальных стендах.

Работы по выбивке, транспортированию отливок и отработанной смеси механизированы ГОСТ 12.4.125-85 «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация» [15].

Для предотвращения пожара от короткого замыкания и перегрузки электропроводки предусмотрены плавкие предохранители и заземление ГОСТ 12.1.019-09 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [16].

Специальные требования безопасности к различным группам литейного оборудования рассмотрены на примере формовочных вибрационных столов для уплотнения стержней и форм, изготовляемых из ХТС.

Конструкция стола должна предусматривать:

- дистанционное управление;
- рольганг для транспортировки опок или стержневых ящиков;
- надёжное крепление и ограждение вибровозбудителя.

Конструкция стола должна исключать смещение опок или стержневых ящиков за его пределы при работающих вибровозбудителях.

### 5.1.2 Условия труда

В проектируемом цехе, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-15 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [17], 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 дви-

жущихся 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.

В проектируемом цехе можно выделить ряд опасных и вредных факторов:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;
- пониженный уровень освещённости;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- запылённость воздуха рабочей зоны;
- повышенные значения напряжения в электрической цепи.

Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

***Запыленность воздуха рабочей зоны***

В соответствии с [17] в литейном цехе к опасным и вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

ПДК и классы опасности вредных веществ приведены в таблице 22 по ГОСТ 12.1.007-99 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [18].

Таблица 22 – ПДК и классы опасности вредных веществ

| Наименование веществ | ПДК, мг/м$^3$ | Класс опасности |
|---|---|---|
| Оксид углерода | 20 | класс 4 |
| Оксид азота | 5 | класс 3 |
| Оксид железа | 6 | класс 3 |
| Оксид алюминия | 6 | класс 3 |
| Диоксид серы | 10 | класс 4 |

Окончание таблицы 22

| Наименование веществ | ПДК, мг/м$^3$ | Класс опасности |
|---|---|---|
| Двуокись кремния | 1 | класс 5 |
| Известняк | 6 | класс 5 |
| Фенол | 0,3 | класс 2 |
| Формальдегид | 0,05 | класс 2 |

В качестве индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.034-01 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация» [19] предусматривается:

- респираторы типа «Лепесток»;
- Ф-62Ш, У-2К и другие;
- защита кожи и глаз.

Вредные вещества вызывают у человека головокружение, утомляемость, отравление, потерю трудоспособности.

Плавка стали сопровождается выделением оксида углерода и диоксида углерода. С целью предотвращения вредных выбросов в атмосферу предусматриваются следующие газоочистные установки:

- пылеулавливатель мокрого типа;
- ступенчатый роторный фильтр.

Для уменьшения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны разработана система вентиляционных установок. Контроль содержания опасных веществ проводится непрерывно при помощи таких устройств, как газоанализатор типа ГХ-1.

***Микроклимат на рабочих местах***

Производственный микроклимат – сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха, а в горячих цехах ещё и теплового излучения.

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, которые устанавливаются с учетом интенсивности энергоза-

трат 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 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 ℃;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать (при категориях работ IIб) 5 ℃.

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.

***Шум***

Интенсивный шум оказывает негативное влияние на работоспособность человека. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта, что способствует возникновению несчастных случаев. Уровень шума в производственных помещениях должен соответствовать СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Уровень звукового давления в производственных помещениях, на постоянных рабочих местах и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА. 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» [20]. 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 используем 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 дешёвым способом снижения шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых стационарного оборудование. Основные положения».

***Вибрация***

В литейном цехе по ГОСТ 10816.1-97 «Вибрационная безопасность. Общие требования» локальная и общая вибрация второй категории.

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.

Местная и общая вибрация вызывают вибрационную болезнь.

Поскольку технология изготовления отливок предусматривает использование формовочных вибрационных машин, то необходимо проводить следующие мероприятия по снижению уровня вибрации:

- встраивание дополнительных устройств вибропоглощения в конструкцию машин;
- рабочие обеспечиваются СИЗ – специальными рукавами с вибродемпфирующей прокладкой и обувью с вибродемпфирующей подошвой.

Основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов.

Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [21].

***Освещение***

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведёт к снижению производительности труда и работоспособности. Может явиться причиной заболевания глаз и несчастных случаев.

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 СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями). Кроме естественного освещения через окна и аэрационные фонари в цехе применяется искусственное освещение. Для общего освещения используются газоразрядные источники света типа ДРИ и ДРЛ.

В соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» освещение должно обеспечивать санитарные нормы освещённости на рабочих местах, равномерную яркость, отсутствие ярких теней, правильность направления светового потока.

Непостоянство естественного света вызывает необходимость использования искусственного и комбинированного освещения.

Искусственное освещение осуществляется лампами накаливания, ртутными лампами мощностью 250, 400, 700, 1000 кВт. Местное освещение осуществляется установленными на высоте 3…4 м люминесцентными лампами. Предусматривается аварийное освещение для безопасного продолжения работы и выхода людей из помещения при внезапном повреждении освещения.

***Электробезопасность***

Электробезопасность в литейном цехе обеспечивается следующими мерами:

- электрическое разделение сети трансформаторами;
- применение малых напряжений;
- использование двойной изоляции;
- выравнивание потенциала;
- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- применение специальных электрозащитных средств;
- организация безопасности установок.

Контроль электробезопасности осуществляется по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах. Проверка изоляции должна осуществляться раз в два месяца.

Напряжения прикосновения и тока, протекающие через тело человека при нормальном (ненаправленном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в соответствии с ГОСТ 30331.3- 95 «Защита от поражения электрическим током».

Электроустановки соответствуют ПУЭ (правила устройства электроустановок).

Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта. Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться: монтёрские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления по ГОСТ 12.1.019-01.

***Пожаровзрывобезопасность***

Согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года цех относится к категории В по-

жароопасных. Степень огнестойкости здания зависит от степени возгораемости и предела огнестойкости его строительных конструкций.

Категории пожарной опасности процесса цеха соответствует I степень огнестойкости здания с пределом R120 - несущие конструкции.

В здании обеспечена возможность быстрой, безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Так, для одноэтажного здания с I степенью огнестойкости соблюдается расстояние от рабочего места до эвакуационного места – 55 м.

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров, легковоспламеняющихся жидкостей, горючей пыли.

Нарушение технологического режима и неисправность электрооборудования приводит к пожарам, которые представляют опасность и причиняют большой ущерб. Поэтому в цехе предусмотрены меры профилактики и активной взрыво- и пожарной защиты ГОСТ 12.1.004-99 «Пожарная безопасность. Общие требования», ГОСТ 12.1.010-96 «Взрывобезопасность. Общие требования».

В здании обеспечена возможность быстрой, безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Так, для одноэтажного здания с I степенью огнестойкости соблюдается расстояние от рабочего места до эвакуационного места – 55 м.

Для более раннего обнаружения начавшегося пожара и оповещения о нем, в цехе установлены электрическая пожарная сигнализация, а также используется телефонная сеть. В цехе установлены пожарные щиты, ящики с песком, пожарные краны и установки автоматического пожаротушения.

Для предотвращения пожара от коротких замыканий и перегрузки электропроводки устанавливаются плавкие предохранители, а на электродвигателях тепловые реле. В цехе предусмотрена связь со службой пожарной охраны завода и звуковая сигнализация.

Мерами предупреждения взрывов является контроль концентрации пыли и температуры поверхностей и деталей оборудования, соприкасающихся с пылью.

## 5.2 Экологичность проекта

### 5.2.1 Глобальные экологические проблемы современности

Сегодня экологическую ситуацию в мире можно охарактеризовать как близкую к критической.

Стало совершенно очевидной пагубность потребительского отношения человека к природе лишь как к объекту получения определенных богатств и благ. Среди глобальных экологических проблем можно отметить следующие:

- уничтожены и продолжают уничтожаться тысячи видов растений и животных;
- в значительной мере истреблен лесной покров;
- стремительно сокращается имеющийся запас полезных ископаемых;
- мировой океан не только истощается в результате уничтожения живых организмов, но и перестает быть регулятором природных процессов;
- атмосфера во многих местах загрязнена до предельно допустимых размеров, а чистый воздух становится дефицитом;
- частично нарушен озоновый слой, защищающий от губительного для всего живого космического излучения;
- загрязнение поверхности и обезображивание природных ландшафтов: на Земле невозможно обнаружить ни одного квадратного метра поверхности, где бы не находилось искусственно созданных человеком элементов.
- кислотные дожди заметно повышают кислотность озер, прудов, водохранилищ, в результате чего там постепенно вымирает их естественная флора и фауна.
- накопление углекислого газа в атмосфере – одна из основных причин парникового эффекта. Углекислый газ действует в атмосфере, как стекло в оранжерее: он пропускает солнечную радиацию и не пропускает обратно в космос инфракрасное (тепловое) излучение земли. Содержание парниковых газов – $CO_2$, метана и др. – неуклонно увеличивается.

Известно, что загрязнение атмосферы происходит в основном в результате работы промышленности, транспорта и т. п., которые в совокупности ежегодно выбрасывают «на ветер» более миллиарда твердых и газообразных частиц.

С позиции экологии охраны труда литейное производство является одним из самых опасных. Отходы литейного производства, выбросы в атмосферу пагубно влияют на экологическое равновесие. При производстве 1 т отливок из стали выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксидов углерода, 1,5-2 кг оксидов серы и азота и до 1,5 кг других вредных веществ. В водный бассейн поступает до 3000 $м^3$ сточных вод и вывозится в отвалы до 6 т отработанных формовочных смесей. В то же время без литейного производства невозможно представить себе современную промышленность.

### 5.2.2 Анализ связей технологического процесса с экологическими системами

Данный технологический процесс состоит в изготовлении отливок из стали с годовым выпуском 23000 тонн литья. Плавка металла производится в электродуговой печи ДСП -6. На рисунке 16 представлена схема технологического процесса.

В качестве сырья в технологическом процессе используются чугунный и стальной лом, отходы производства (литники, прибыли), ферросплавы.

Энергоресурсами служит электроэнергия, природный газ.

В процессе изготовления отливок из стали образуются следующие виды отходов:

Материальные:

- жидкие (сточные воды образуются при термической обработке отливки);
- твёрдые (пыль образуется при сушке песка, при выбивке отливок из форм, при очистке отливок в дробеструйной камере. Шлак, угар, скрап образуются в процессе плавки стали);

Твердые: шлак, скрап, пыль, недоливки и т.д.

Жидкие: сточные воды

Газообразные: углекислый газ, диоксид азота, диоксид серы

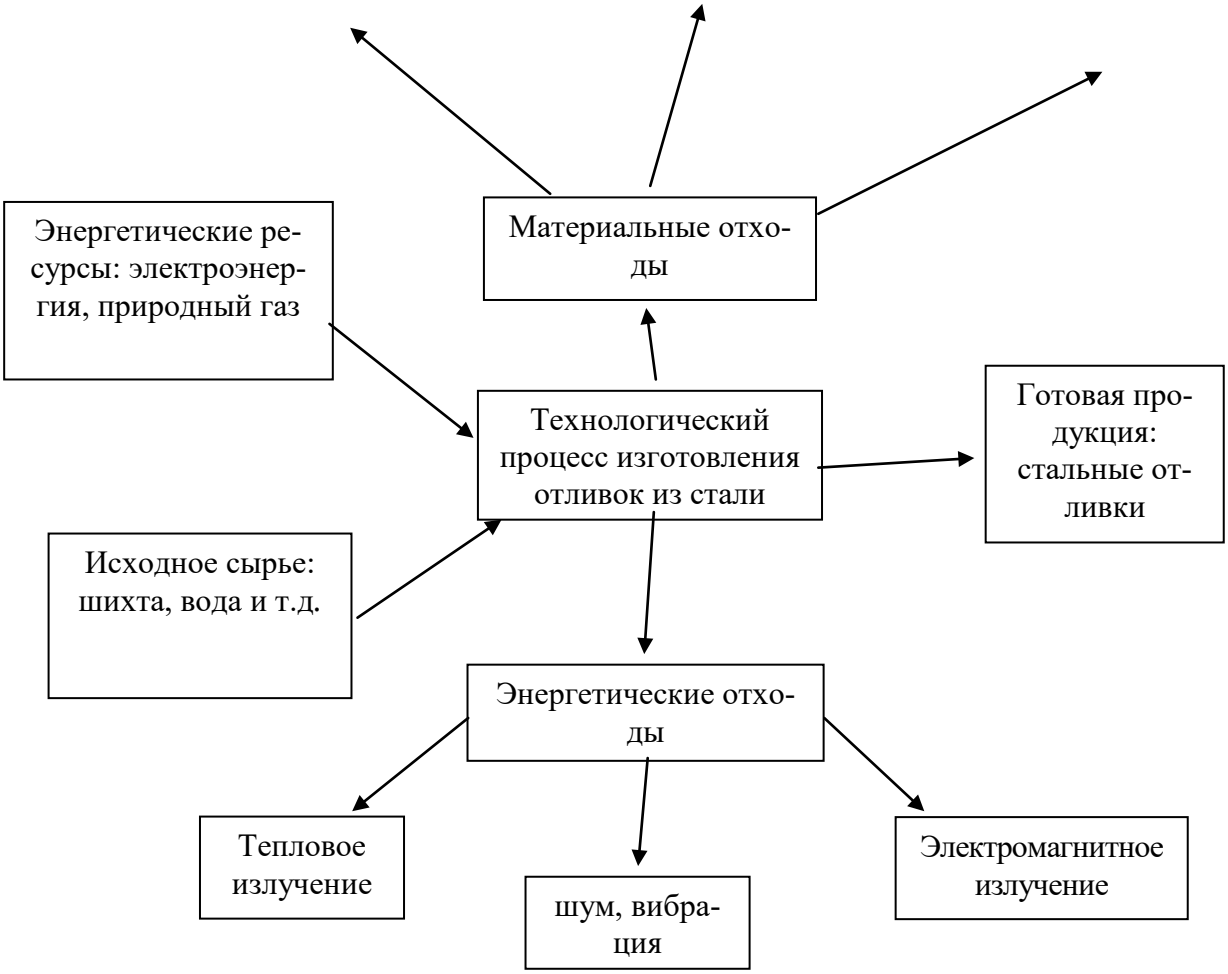



Рисунок 16 - Схема образования отходов в процессе изготовления отливок из стали

- газообразные (углекислый газ, диоксид азота, диоксид серы образуются при плавке металла).

Энергетические загрязнения (шум, вибрация, тепловое излучение, электромагнитное излучение).

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

В цехе установлена стержневая машина DISCO 3300 фирмы IMF. Главными преимуществами данной установки являются:

- высокое качество литых поверхностей;

- улучшение экологической ситуации в литейных цехах и вокруг них;
- локализация вредных газовыделений, образующихся при отверждении стержневой смеси в ящике, т.е. укрыты в специальный кожух, частично застекленный для наблюдения за работой механизмов и раскрывающийся для ее обслуживания;

Использование регенерации отработанных смесей с последующим возвратом песка в технологический процесс, а также возвращение литников или отработавших деталей в плавильное отделение для повторного использования.

Мероприятия по оздоровлению среды цеха:

- в складском отделении установлена вытяжная система;
- на участках ремонта и сушки ковшей, выбивки и ремонта сводов установлена местная вытяжная вентиляция с эффективной очисткой отсасываемого воздуха;
- для очистки воздуха от пыли применяются циклоны;
- все виды отделения финишных операций снабжены местными отсосами и укрытиями;
- предусмотрены оконные проёмы и аэрационные фонари;
- в цехе предусмотрены изолированные комнаты отдыха для рабочих.

Снижение запыленности воздуха рабочей зоны достигается герметизацией формовочного и смесеприготовительного оборудования, а также устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции в местах образования пыли.

Отсасываемый с участков литейного цеха воздух перед выпуском в атмосферу очищается пылеочистными устройствами.

Понижение температуры воздушной среды до установленных санитарных норм обеспечивается применением водяного или воздушного охлаждения нагретых поверхностей и ограждений, с тем чтобы их температура не превышала 45°С, а также устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Для облегчения условий работы используют также воздушное душирование, т. е. обдувку рабочего направленным потоком воздуха со скоростью 2 - 3 м/с.

Для снижения количества выбросов в водный бассейн предусматривается введение оборотного водоснабжения. Сточная вода после прохождения механической очистки возвращается в технологический цикл.

К основным мероприятиям по снижению шума до установленных санитарных норм относится также замена встряхивающих формовочных машин прессовыми, пневматических приводов гидравлическими, встряхивающих выбивных решеток механизмами выдавливания отливок из опок. Снижение вибрации до предельно допустимых, уровней достигается применением виброгасящих амортизирующих устройств и приспособлений, систематическим ремонтом пневматического инструмента, использованием виброзащитных рукавиц, а также заменой рубильных молотков электрическими инструментам.

Суммарные выбросы вредных веществ в окружающую среду приводятся в таблице 23.

Таблица 23 - Планируемые выбросы вредных веществ в атмосферу и водоемы проектируемого цеха (тыс. т/год)

| № | Наименование фактора | Образующееся | Улавливаемое | Выбрасываемое |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Выбросы в атмосферу: | | | |
| | Пыль | 0,025 | 0,022 | 0,003 |
| | Оксид азота | 0,32 | 0,29 | 0,022 |
| | Оксид углерода | 0,2 | 0,04 | 0,16 |
| 2. | Выбросы в водоемы: | | | |
| | Хлориды | 0,042 | 0,037 | 0,005 |
| | Фториды | 0,031 | 0,011 | 0,02 |
| 3. | Энергетические выбросы: | | | |
| | Шум, дБ | 85 | 5 | 80 |
| | Вибрация, дБ | 93 | 1 | 92 |
| | Электромагнитные излучения, Гц | 52 | 2 | 50 |

Рекомендуемые мероприятия позволят сделать технологический процесс экологичным, энергосберегающим, за счет применения нового оборудования, снижающего количество вредных выбросов, а также введения оборотного водоснабжения, что является мероприятием по ресурсосбережению [22].

# МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В методической части дипломного проекта разработаем средство обучения, (в данном случае презентация на занятие) для обучения рабочих по профессии контролёр в литейном производстве для разработанного в дипломном проекте цеха.

Из списка основных рабочих профессий, задействованных в проектируемом цехе выбираем профессию контролёр в литейном производстве 4 разряда. Из Единого тарифно- квалификационного справочника берём особенности трудовых функций и обязанности рабочего [23].

**Характеристика работ**. Контроль и приемка по чертежам, техническим условиям и эскизам сложных и крупных отливок из различных металлов, деревянных и металлических моделей и стержневых ящиков с отъемными частями, а так же контроль соблюдения технологических процессов при выплавке металла. Приемка и проверка шаблонов моделей для всевозможных токарных и фрезерных работ. Периодический контроль качества установки и набора поддонов, ремонта футеровки и сушки ковшей. Разметка сложных моделей и кокилей по чертежам. Составление отчетности по принятой и забракованной продукции.

**Должен знать:** технологический процесс ручной и машинной формовки сложных, крупных, точных деталей, моделей и стержневых ящиков; технические условия на применяемые материалы, а также на изготовление облицовочных смесей для форм и стержней; способ проверки и правильности расположения разъемов и отъемных частей; основные литейные свойства черных и цветных металлов, температурные режимы плавки и заливки металла; способы и виды формовки и заливки деталей различной сложности; методы вязки и склеивания частей дерева.

**Примеры работ:**

**Контроль и приемка:**

- Блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания мощностью до 736 кВт (1000 л.с.).

- Винты гребные.

- Головки блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания.
- Детали судовой арматуры сложные, корпуса сервомоторов, бугели.
- Диафрагмы турбин.
- Кокили для отливки мульд.
- Колеса червячные и с литым зубом независимо от модуля и диаметра.
- Корпуса редукторов.
- Корпуса двухседельные и контурные - контроль и приемка отливок.
- Отливки корпусов насосов.
- Пресс-формы, штампы простые и средней сложности.
- Станины рабочих клетей прокатных станов.
- Цилиндры ковочных молотов и прессов.
- Чаши шлаковые. [ЕТКС]

Получение профессии контролер в литейном производстве осуществляется в техникуме. Контролёр выпускается из техникума с 3 разрядом. В учебном центре на предприятии проходит повышение квалификации с третьего на четвертый разряд. Это необходимо для того, чтобы контролёр мог расширить перспективы карьерного роста, а так же усовершенствовать свои знания в конкретном вопросе, получить навыки решения практических задач. Зачастую, повышение квалификации - это обязательное требование не только работодателя, но и конкретных сфер деятельности. В следующем разделе представим рабочий учебный план повышения квалификации с 3 на 4 разряд.

**Рабочий учебный план повышения квалификации**

По профессии: « Контролёр в литейном производстве»

Квалификация специальности: Контролёр в литейном производстве 3-4 разряд

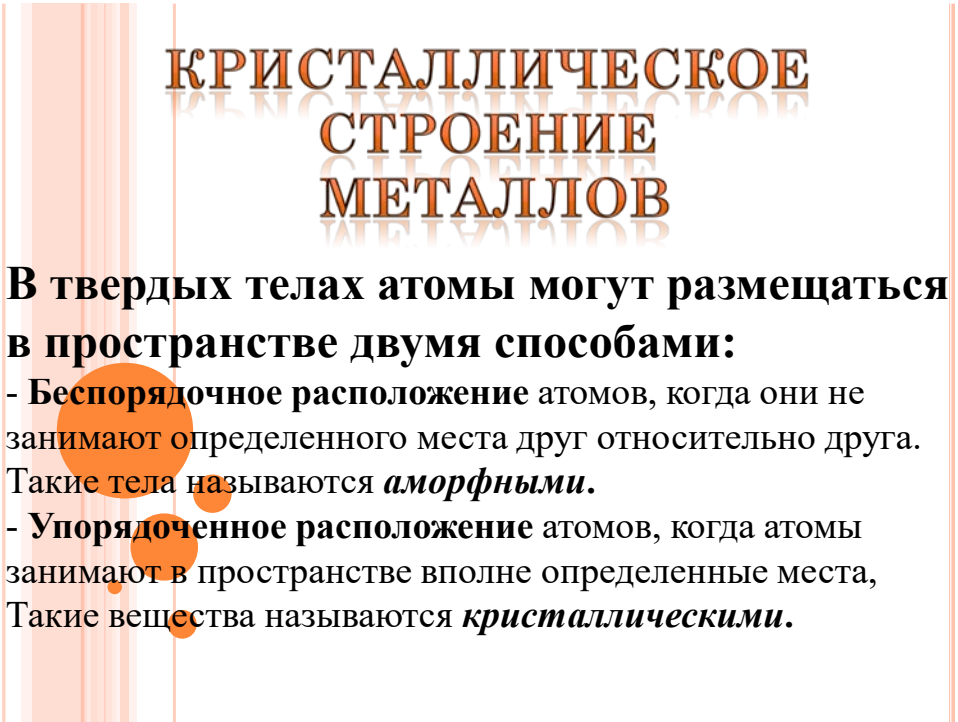
Срок обучения-2.5 месяцев

Таблица 24 - Рабочий учебный план повышения квалификации

| № п/п | Цикл, курсы, предметы | Общее кол-во часов | График изучения предметов (в неделях) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 7 | 3 | 1 |
| 1 | **Теоретическое обучение** | **168** | | | |
| 1.1 | Экономика отрасли предприятия | 7 | 1 | | |
| 1.2 | Материаловедение | 14 | 2 | | |
| 1.3 | Чтение чертежей | 7 | 1 | | |
| 1.4 | Основы электротехники | 14 | 2 | | |
| 1.5 | Допуски, посадки и технические измерения | 14 | 2 | | |
| 1.6 | Охрана труда и промышленная безопасность | 14 | 2 | | |
| 1.7 | Технология контроля в литейном производстве | 70 | 10 | | |
| 1.8 | Оборудование в литейном производстве | 28 | 4 | | |
| 2 | **Практическое обучение** | **256** | | | |
| 2.1 | Производственное обучение | 112 | 16 | | |
| 2.2 | Производственная практика | 144 | | 40 | 24 |
| | Консультация | 8 | | | 8 |
| | Экзамен | 8 | | | 8 |
| | **Всего часов** | **440** | **40** | **40** | **40** |

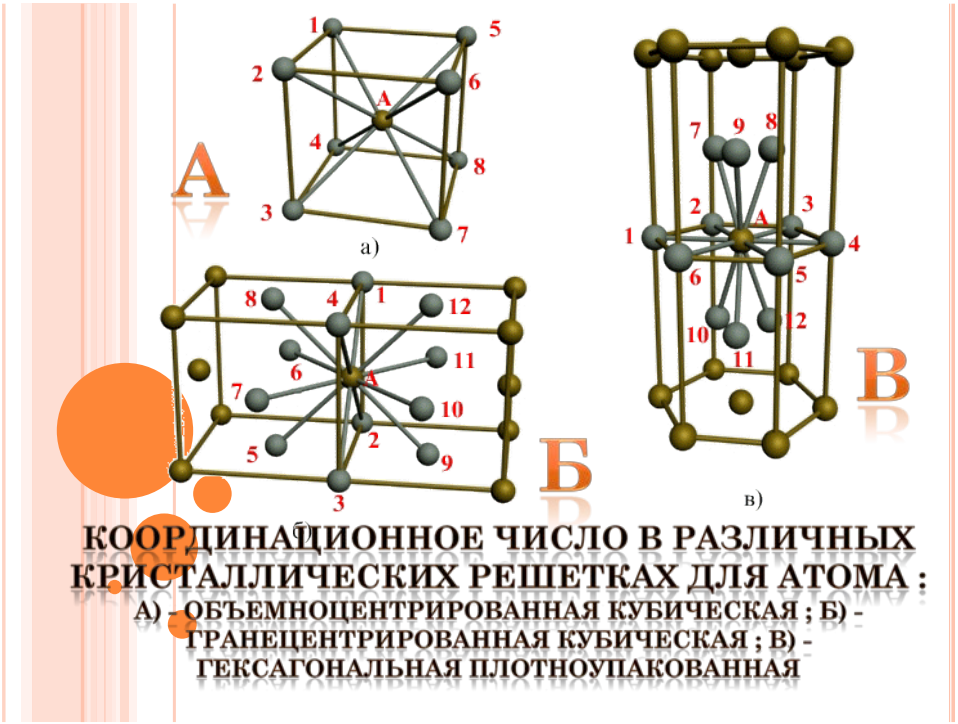
Из учебного плана выбираем дисциплину «Материаловедение» и разрабатываем средство обучения и применяем его в ходе проведения занятия. Тема занятия - « Кристаллическое строение металлов». Это будет презентация учебного материала в виде слайдов. **Презентация** - это способ представления нового продукта или какой-либо информации аудитории. В презентацию включаем только ту информацию, которая поможет слушателям лучше воспринять материал. Цвет слайдов сделаем белым, т.к на белом цвете можно использовать любой цвет шрифта. Заголовки слайдов сделаем большим шрифтом, так нашу презентацию смогут лучше увидеть люди, которые не только сидят на первых рядах, но и в самом конце аудитории. В нашей презентации 5 слайдов, просмотр презентации займет не более 5-6 минут.

1 слайд



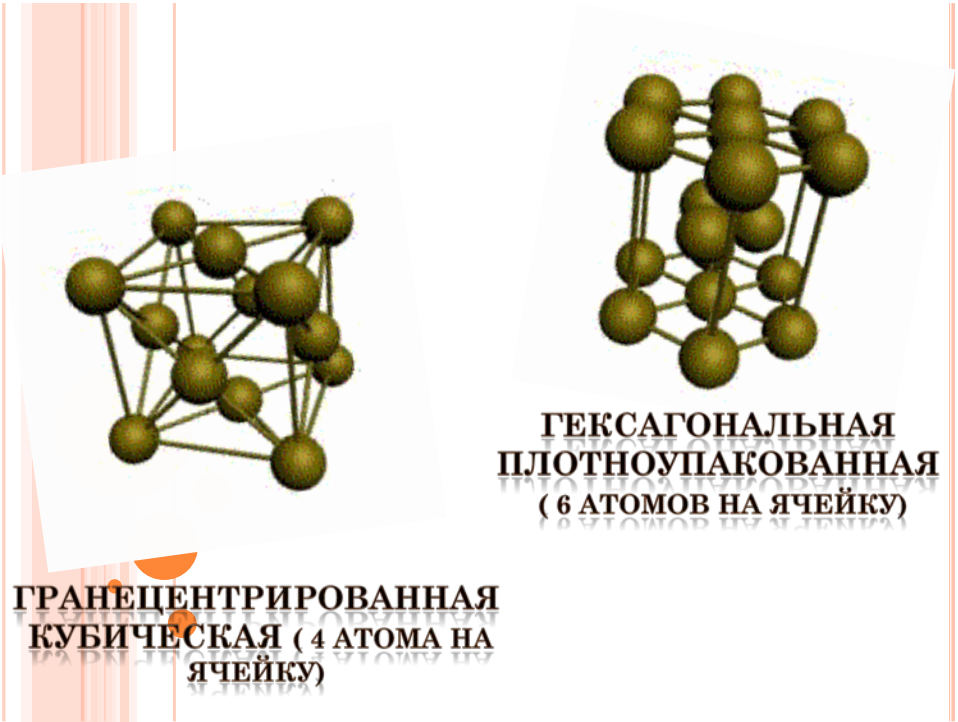
2 слайд

3 слайд



4 слайд

5 слайд



В ходе написания методической части из списка основных рабочих профессий была выбрана профессия « Контролёр в литейном производстве». Из справочника ЕТКС выписаны трудовые функции и обязанности рабочего. Выбрали способ осуществления профессиональной подготовки по выбранной профессии, приведён рабочий учебный план теоретического и производственного обучения для четвертого разряда. Из учебного плана выбрана дисциплина «Материаловедение» и по теме « Кристаллическое строение металлов» представлен план проведения в виде презентации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработан цех по производству отливок из стали марки 35Л ГОСТ 977-88 годовой производительностью 23000 тонн. 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. Для осуществления всех операций технологического процесса было выбрано и рассчитано оптимальное количество оборудования и сделана планировка цеха.

Разработан технологический процесс изготовления отливки «Подушка» из стали 35Л ГОСТ 977-88 в соответствии с техническими требованиями на литую деталь. После анализа технологичности отливки предложено изготовление отливки «Подушка» 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 стали.

Эффективность и целесообразность разработки, выполненной в проекте, обоснована экономическими расчетами показателей, таких как фондоотдача, срок окупаемости капитальных вложений.

Для экологической оценки принятых проектно-технологических решений в разделе «Безопасность и экологичность проекта» 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.

Сделав анализ проделанной работы можно считать дипломный проект целесообразным и экономически выгодным.

Также была разработана методическая часть, в ходе которой был разработан план проведения в виде презентации.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ


1. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия. Введ. 01.01.90. -М.: Изд.- во стандартов, 1989. 56 с.

2. Технология литейного производства. Учебник. Под редакцией Б.С. Чуркина, Э.Б. Гофман и др. Екатеринбург. Урал. гос. проф. – пед. Ун-т . 2000. 662с.

3. ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку (с Изменениями N 1, 2).

4. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.

5. Теория литейных процессов: учебное пособие /Л.Г. Знаменский, В.К. Дубровин, Б.А. Кулаков, В.И. Швецов.- Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999. – 163 с.

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

7. Фанталов, Л.И. Основы проектирования литейных цехов и заводов: Учебник для вузов по специальностям “Машины и технология литейного производства” и “Литейное производство черных и цветных металлов” / Л.И. Фанталов, Б.В. Кнорре, С.И. Четверухин и др. Под ред. Б.В. Кнорре – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с., ил.

8. Д.М. Кукуй, В.А.Скворцов, В.Н. Эктова. Теория и технология литейного производства. Минск: изд. Дизайн ПРО, 2000. 416 с.

9. ГОСТ Р 53066-2008 Огнеупоры для разливки стали. Изделия огнеупорные сто порные. Технические условия.

10. http://www.ruscastings.ru/work/168/170/176/3442.

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

12. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности.

13. ГОСТ 12.2.046.0-2004 Оборудование технологическое для литейного производства. Требования безопасности.

14. ГОСТ 12.2.003-91 Оборудование производственное.

15. ГОСТ 12.4.125-83 Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов. Классификация.

16. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

17. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

18. ГОСТ 12.1.007-99 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2).

19. ГОСТ 12.4.034-2001 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.

20. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).

21. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

22. 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.

23. http://www.aup.ru/docs/etks/etks-2_1/39.htm (11.02.2018)