

РЕФЕРАТ

Дипломный проект состоит из 84 листов формата А4 машинописного текста, 22 рисунков, 26 таблиц, 20 источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1.

В дипломном проекте разработан литейный цех по изготовлению отливок из стали с производительностью 34000 тонн.

В проектной части предложена технология изготовления отливки «Корпус» с применением холоднотвердеющих смесей для изготовления формы и стержней.

Произведен расчет основного технологического оборудования для производства отливок, а также дано описание основных этапов производства отливок.

В экономической части выполнены расчеты направленные на определение основных показателей работы спроектированного цеха с точки зрения экономической выгоды, выполнена калькуляция затрат и определен срок окупаемости проекта.

Проект выполнен в соответствии с нормами и правилами безопасности труда в литейном производстве. Особое внимание уделено охране окружающей среды от вредного воздействия спроектированного цеха.

Ключевые слова: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОТЛИВКА, СЕБЕСТОИМОСТЬ, СРОК ОКУПАЕМОСТИ, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ОХРАНА ТРУДА,

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Отливан</i>				<i>Проект литейного цеха по изготовлению отливок из стали с производительностью 34000 тонн год</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>	<i>Бекетова</i>					<i>Д</i>	<i>84</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт</i>						<i>ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО Кафедра МСП Группа НТ-411сЛП</i>		
<i>Н.конт.</i>	<i>Категорен ко</i>							
<i>Утв.</i>	<i>Гузанов</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	8
1.1 Анализ технологичности отливки	8
1.2 Выбор способа изготовления отливки	9
1.3 Выбор положения отливки в форме	10
1.4 Определение поверхности разъема формы	11
1.5 Определение припусков на механическую обработку	12
1.6 Определение формовочных уклонов	12
1.7 Определение литейной усадки	12
1.8 Определение количества и конструкции стержней	13
1.9 Разработка конструкции и расчет прибылей и холодильников	21
1.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы	23
1.11 Определение габаритов опок	29
1.12 Выбор модельного комплекта	30
1.13 Выбор состава формовочных смесей	31
1.14 Выбор состава стержневых смесей	32
1.15 Выбор состава противопригарных красок	33
1.16 Разработка технологии сборки и заливки форм	33
1.17 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок	36
2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	37
2.1 Проектно-технологические решения	37
2.1.1 Структура литейного цеха	38
2.1.2 Режим работы и фонды времени	39
2.2 Плавильное отделение	40
2.2.1 Составление баланса металла	42
2.2.2 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов	43
2.2.3 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения	45
2.2.4 Расчет потребности ковшей	47
2.3 Формовочно-заливочно-выбивное отделение	48
2.3.1 Технология изготовления форм	48
2.3.2 Выбор оборудования для участка формовки	49
2.3.3 Определение числа автоматических линий	49
2.4 Стержневое отделение	50
2.5 Смесеприготовительное отделение	54
2.6 Отделение регенерации смеси	56
2.7 Термообрубное отделение	57
3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	59

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		4

3.1	Общая характеристика литейного цеха	59
3.2	Анализ производственных, экологических и техногенных опасностей	60
3.3	Техника безопасности	60
3.3.1	Безопасность веществ	60
3.3.2	Безопасность производственных процессов	61
3.3.3	Безопасность оборудования	63
3.3.4	Электробезопасность	63
3.4	Промышленная санитария	64
3.5	Отопление и вентиляция	65
3.6	Освещение	65
3.7	Вибрация	66
3.8	Шум	66
3.9	Пожаровзрывобезопасность	67
4.	ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	69
4.1	Состав и стоимость машин и оборудования	69
4.2	Структура основных фондов	70
4.3	Потребность в оборотных средствах	71
4.4	Баланс использования времени одного производственного рабочего	72
4.5	Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих проектируемого цеха	73
4.6	Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы остальных работников проектируемого цеха	74
4.7	Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы	75
4.8	Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха	76
4.9	Смета цеховых расходов	77
4.10	Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья	78
4.11	Технико-экономические показатели работы литейного цеха	79
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	82
	ПРИЛОЖЕНИЕ Спецификации	84

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		5

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является энергоемким и материалоемким производством. Для производства 1 тонны отливок требуется переплавка 1,1...1,7 тонн металлических материалов, ферросплавов и флюсов, переработка и подготовка 3...5 тонн песка, 3...4 кг связующих материалов и красок. Энергозатраты составляют 30...50% в себестоимости литья, стоимость материалов 30...35%. В современных условиях отдельным отраслям присущи неравномерные темпы развития. Удельная доля производства и использования литых заготовок отраслей в общем объеме производства машиностроительного комплекса составляет:

- автомобильная и тракторная – 60%;
- электротехническая – 6%;
- тяжелое и энергетическое машиностроение – 8%;
- химическое и нефтяное машиностроение – 12%;
- дорожное и коммунальное машиностроение – 10%
- станкостроение и приборостроение – 2%;
- другие отрасли – 2%.

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

Одним из основных направлений развития литейного производства является реконструкция литейных цехов и заводов на базе новых технологических процессов и материалов, перспективного оборудования. Основной целью

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		6

реконструкции является расширение объемов производства, повышение качества продукции, отвечающего современным требованиям заказчика, улучшение экологической ситуации и условий труда. При проведении реконструкции, требуется глубокое изучение рынка сбыта продукции, анализ современных технологических процессов, оборудования и материалов, разработка оптимальной технологической планировки и расстановки оборудования, разработка рабочего проекта. По технологическому и рабочему проектированию нужны квалифицированные специалисты. К сожалению, сегодня в России ограниченное количество организаций, способных полностью взять на себя технологическое и рабочее проектирование цеха или участка. Поэтому создаются творческие группы специалистов и организации, выполняющие данного рода работы.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	<i>лис т</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		7

1. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

1.1 Анализ технологичности отливки

Изготовление отливки с заданными линейными размерами, конфигурацией, физико-механическими свойствами (прочность, твердость, плотность, структура и т.п.), шероховатостью поверхности и другими требованиями может осуществляться различными методами.

Анализ чертежа детали «Корпус» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 14 мм, габаритные размеры детали 706x702x386 мм. Отверстия диаметром 25 мм и меньше литьем не изготавливаем, минимальные литейные радиусы 8 мм.

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

Конфигурация внутренних полостей, отверстий, обрабатываемых поверхностей и расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства в разовые песчаные формы. На рисунке 1.1 приведена 3D модель отливки «Корпус».

Технические требования [1]:

- неуказанные литейные уклоны не более 2 мм [2];
- неуказанные литейные радиусы не более 8 мм;
- неуказанные толщины стенок 14 мм;
- точность отливки 11-8-9-11т [3];
- неуказанные предельные отклонения размеров механически обрабатываемых поверхностей отверстий по H14, валов h14;
- на необрабатываемых поверхностях допускаются раковины глубиной до 2 мм, по наибольшему измерению 5 мм, в количестве до 10 штук на деталь без группового расположения;
- литейная усадка - 2%.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		8

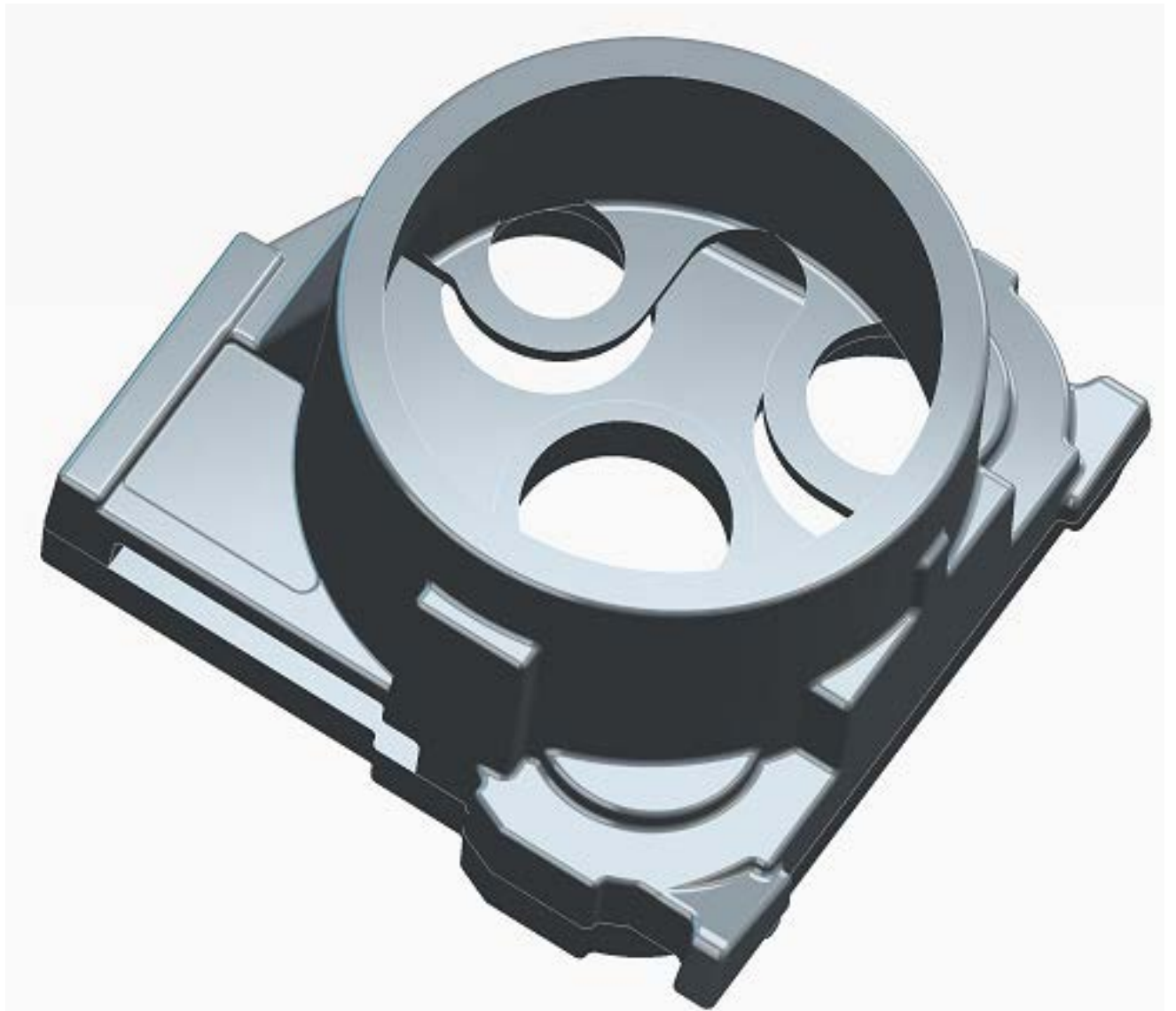


Рисунок 1.1 – 3D модель отливки «Корпус»

1.2 Выбор способа изготовления отливки

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

Показателями, характеризующими прогрессивность технологического процесса, являются: коэффициент выхода годного; производительность оборудования и труда рабочих; стоимость и срок службы оснастки; капитальные затраты на внедрение техпроцесса; себестоимость отливок и деталей; срок окупаемости капитальных вложений.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		9

Выбор способа изготовления отливок зависит от ряда факторов (серийности выпуска, конструкции отливки, вида металла, требований к готовой детали и т.д.). Для производства данной отливки применяется одноразовая песчаная форма на основе ХТС (Alpfa-set процесс) и стержни (β -set процесс).

В производстве отливок использование холоднотвердеющих смесей позволяет резко сократить технологический цикл за счет объемной или поверхностной сушки форм, повысить производительность труда, снизить стоимость оборудования путем замены комбинированных способов уплотнения (встряхивания или вибрации с прессованием) виброуплотнением. Изготовление форм из ХТС упрощает применение современных методов управления процессом формирования свойств отливок, которые при использовании обычных формовочных смесей вызывают большие затруднения.

Технология изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей обладает рядом преимуществ: позволяет изготавливать стержни большой сложности, повышается точность стержней и отливок, прочность стержней при хранении не снижается, они имеют хорошую податливость и выбиваемость, процесс изготовления стержней и простановки их в форму может быть полностью автоматизирован. При этом достигается значительный экономический эффект данной технологии, который выражается в существенной экономии затрат в литейном производстве за счет снижения расхода энергоносителей, брака форм и стержней, повышения производительности оборудования.

1.3 Выбор положения отливки в форме

Конструирование литейной формы начинается с выбора положения отливки в форме при заливке и с определения плоскости разъема формы. Оно включает в себя также обоснование конструкции и размеров всех элементов формы, рассмотрение вопросов конструирования литейной оснастки (моделей, стержневых ящиков, опок и др.), которые решаются после выбора технологии изготовления форм и стержней.

Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата

ДП.22.03.02.903 ПЗ

Лист
т
10

При выборе положение отливки в форме при заливке необходимо обеспечить соблюдение ряда условий, позволяющих получать качественную отливку при минимальных расходах на ее изготовление.

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

В данном случае отливка должна располагаться в форме горизонтально. В этом случае обеспечивается выполнение следующих условий:

- направленное затвердевание и питание всех элементов отливки;
- наиболее простое оформление литниковой системы (система обеспечивает подвод сплава к полости формы по кратчайшему пути);
- верхний отвод газов из стержней (через верхние знаковые части);
- получение формы с минимальным количеством стержней;
- надежное крепление стержней.

1.4 Определение поверхности разъема формы

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

При изготовлении данной отливки песчаная форма имеет одну поверхность разъема. Отливка в данном случае располагается в обеих полуформах. Выбранный разъем обеспечивает следующие технологические решения:

- минимальное количество разъемов, обеспечивающих удобство формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- свободное извлечение модели из формы;
- простая конструкция модели без отъемных частей;
- поверхность разъема является плоскостью;
- фиксирование стержней в нижней полуформе.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		11

1.5 Определение припусков на механическую обработку

С целью достижения заданных чертежом размеров и необходимого качества поверхности на обрабатываемых поверхностях назначают припуски на механическую обработку. Величины припусков определяют в зависимости от класса точности отливки, ее номинальных и габаритных размеров, положения при заливке, способа литья и вида сплава.

Припуски на механическую обработку для отливок из черных и цветных металлов и сплавов назначаются по [3].

Точность отливки 11-8-9-11т по [3]:

11 – класс размерной точности;

8 – степень коробления;

9 – степень точности поверхности;

11т – класс точности массы.

Отверстия, канавки и пазы малого размера, у которых по чертежу детали предусмотрена механическая обработка, в отливках не выполняются.

Величины припусков приведены на чертеже детали с элементами литейной формы.

1.6 Определение формовочных уклонов

Для легкого извлечения модели из формы, на ее рабочей поверхности задаются формовочные уклоны.

Величины этих уклонов назначаются по [2].

Формовочные уклоны для данной отливки назначаются в сторону увеличения и составляют $0^{\circ}30'$.

1.7 Определение литейной усадки

Процесс формирования структуры в реальных отливках зависит от многих факторов, которые определяются свойствами каждого конкретного сплава, формы

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	Лист
						т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		12

и конструкции отливки. На затвердевание влияют теплофизические свойства сплава и формы, температура заливки сплава и формы перед заливкой, металлоемкость формы и средняя толщина стенки отливки и другие факторы.

Под усадочными процессами понимают совокупность явлений сокращения размеров и объема металла, залитого в форму, при его затвердевании и охлаждении.

Усадочные процессы в отливках вызваны изменением объема жидкого, затвердевающего и твердого металла, обуславливающим образование усадочных пустот, изменение наружных размеров, развитие деформаций и остаточных напряжений, появление трещин.

Литейная усадка для данной отливки составляет 2%.

1.8 Определение количества и конструкции стержней

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

Конструкции стержней определяются чертежом отливки, конструкция и размеры знаков стержней, величины зазоров между знаками форм и стержней, конструктивное оформление и размеры фиксаторов на знаках выполняются в соответствии с [2]. Для изготовления данной отливки необходимы двенадцать стержней.

Стержень №1 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня 555x535x310 мм.

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=1$ мм для нижней полуформы. Высота нижнего знака составляет 45 мм, уклон на знаке стержня 20°. Эскиз

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		13

стержня №1 представлен на рисунке 1.2, 3D модель стержня №1 представлена на рисунке 1.3. Для изготовления данной отливки требуется один стержень №1.

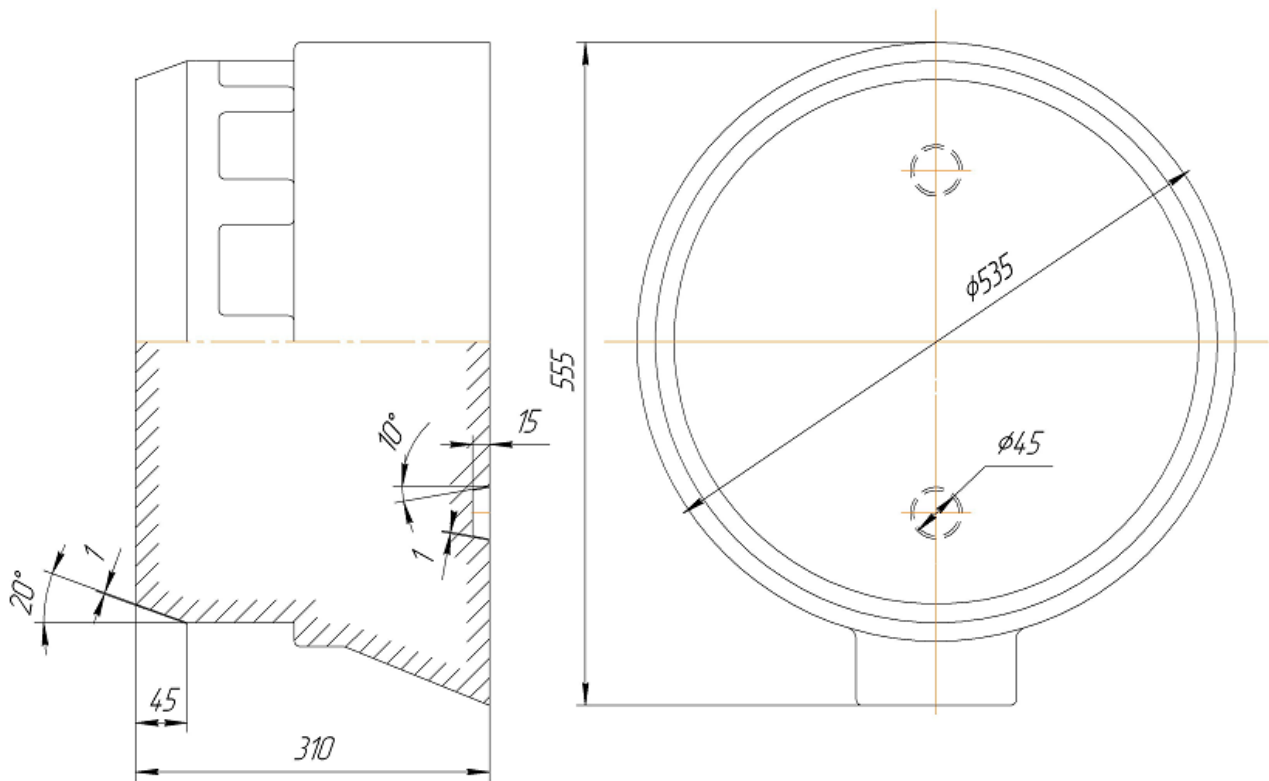


Рисунок 1.2 – Эскиз стержня №1

Стержень №2 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня 712x670x95 мм.

Зазор между стержнем №1 и знаком стержня №2 равен $S_1=1$ мм. Высота нижнего знака составляет 15 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №2 представлен на рисунке 1.4, 3D модель стержня №2 представлена на рисунке 1.5. Для изготовления данной отливки требуется один стержень №2.

Стержень №3 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня $\varnothing 198 \times 153$ мм. Зазор между стержнем №3 и знаком стержня №2 равен $S_1=1$ мм. Высота нижнего знака составляет 80 мм, уклон на знаке стержня 5° . Зазор между формой и верхним знаком стержня №3 равен $S_1=1$ мм. Высота верхнего знака составляет 20 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №3 представлен на рисунке 1.6, 3D модель стержня №3 представлена на рисунке 1.7. Для изготовления данной отливки требуется два стержня №3.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		14

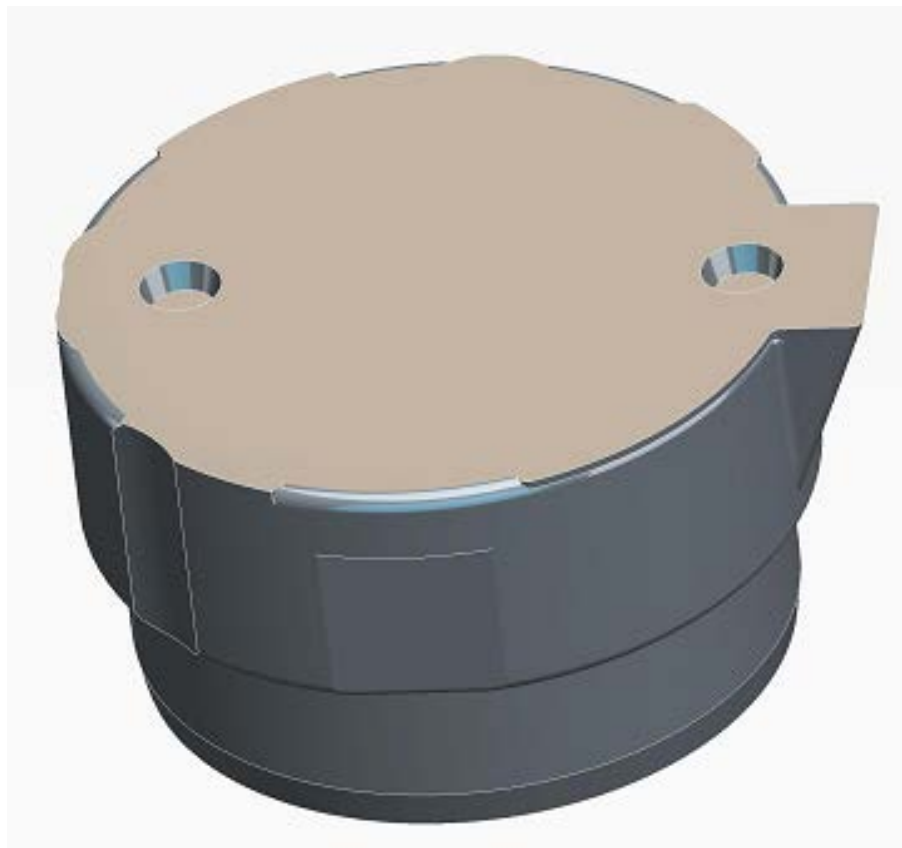


Рисунок 1.3 – 3D модель стержня №1

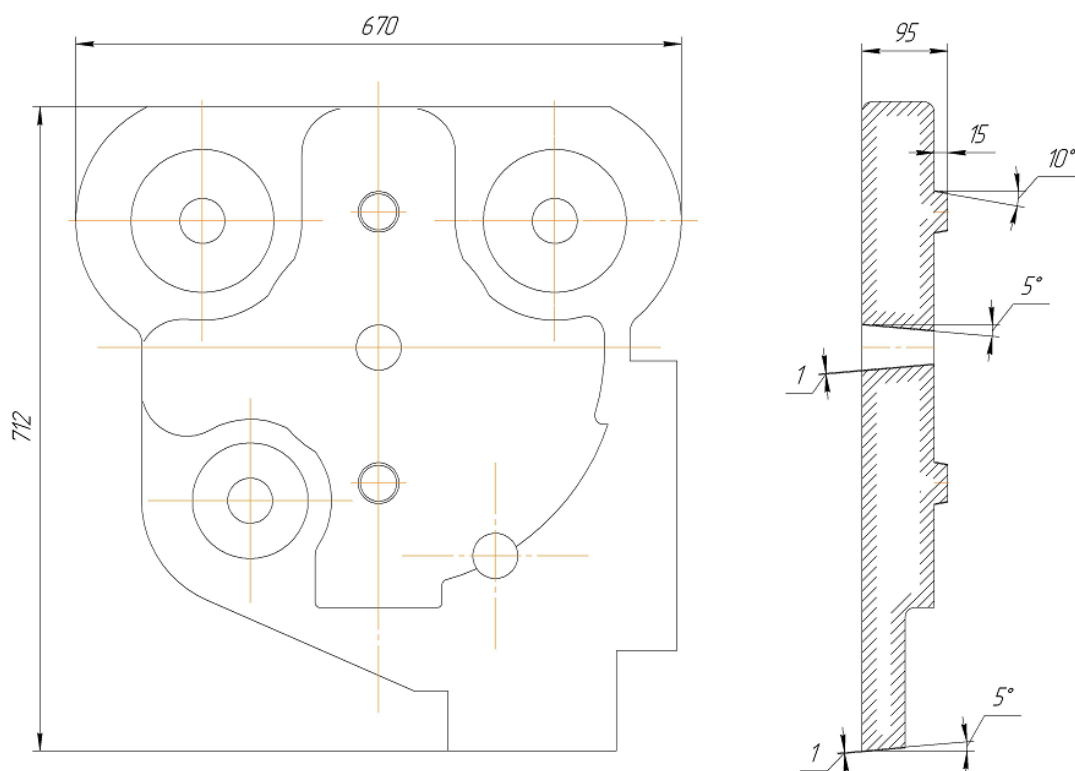


Рисунок 1.4 – Эскиз стержня №2

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		15

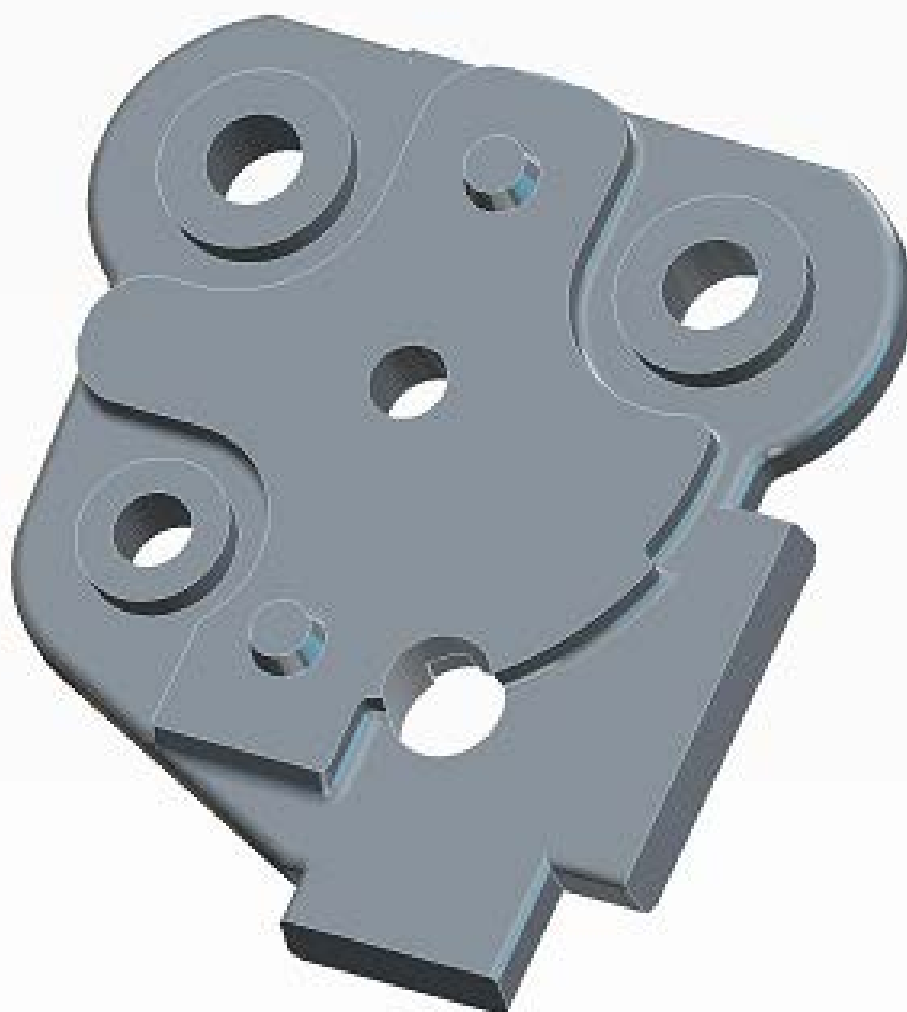


Рисунок 1.5 – 3D модель стержня №2

Стержень №4 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня $\varnothing 238 \times 153$ мм. Зазор между стержнем №4 и знаком стержня №2 равен $S_1 = 1$ мм. Высота нижнего знака составляет 80 мм, уклон на знаке стержня 5° . Зазор между формой и верхним знаком стержня №4 равен $S_1 = 1$ мм. Высота верхнего знака составляет 20 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №4 представлен на рисунке 1.8, 3D модель стержня №4 представлена на рисунке 1.9. Для изготовления данной отливки требуется два стержня №4.

Стержень №5 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня $\varnothing 178 \times 153$ мм. Зазор между стержнем №5 и знаком стержня №2 равен $S_1 = 1$ мм. Высота нижнего знака составляет 80 мм, уклон на знаке стержня 5° . Зазор между формой и верхним знаком стержня №5 равен $S_1 = 1$ мм. Высота верхнего знака составляет 20 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №5

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		16

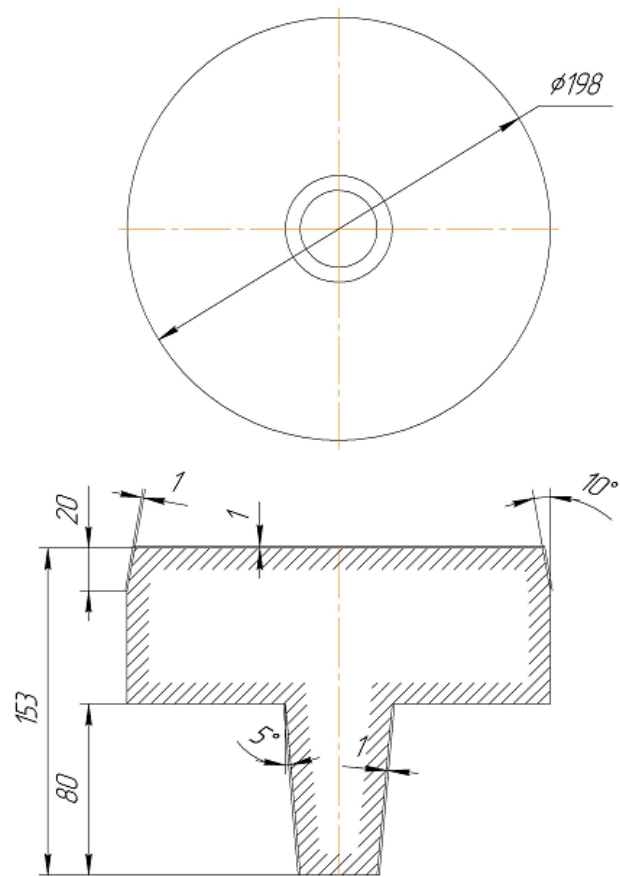


Рисунок 1.6 – Эскиз стержня №3

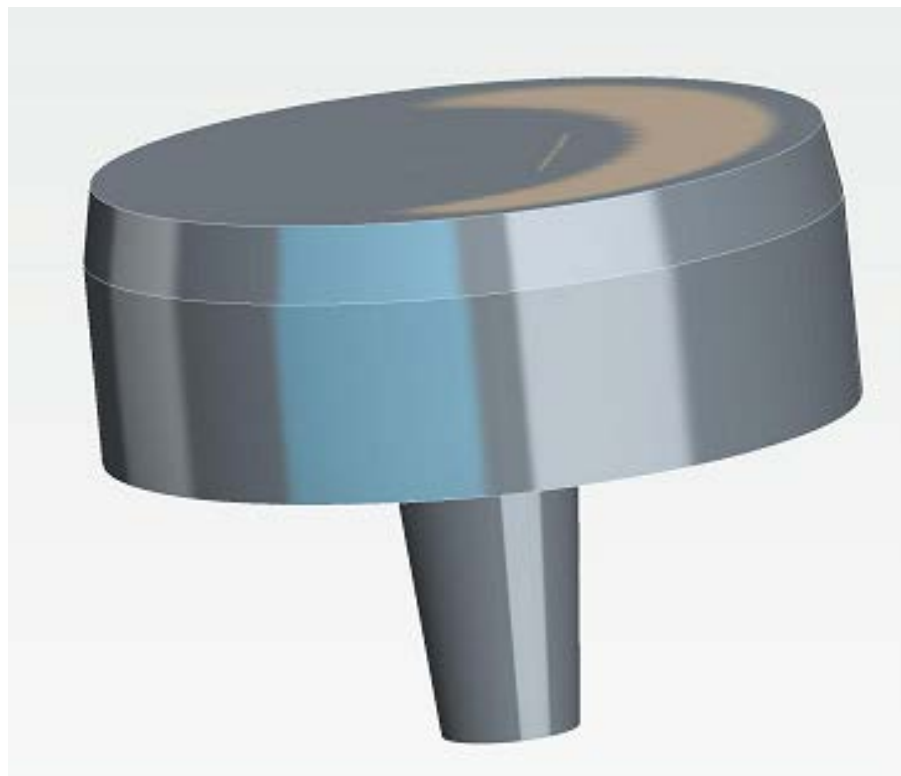


Рисунок 1.7 – 3D модель стержня №3

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис
						т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

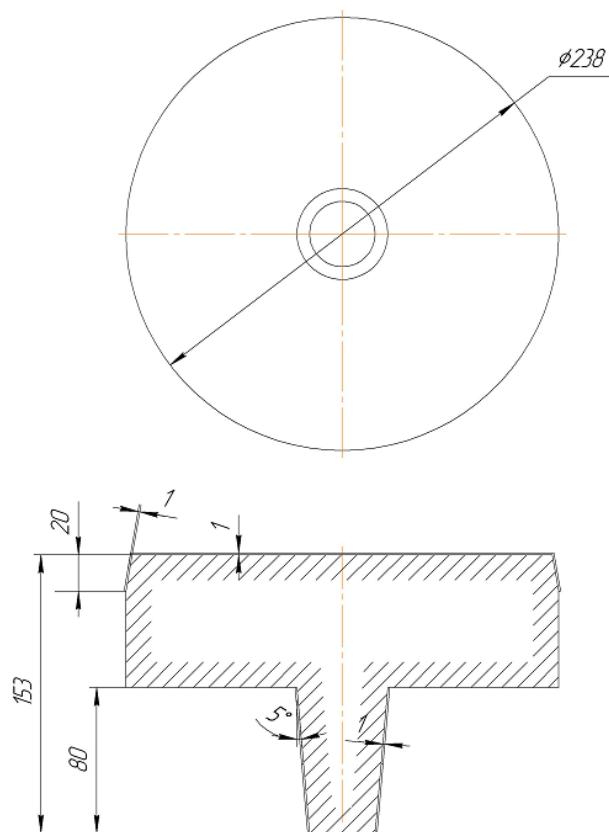


Рисунок 1.8 – Эскиз стержня №4

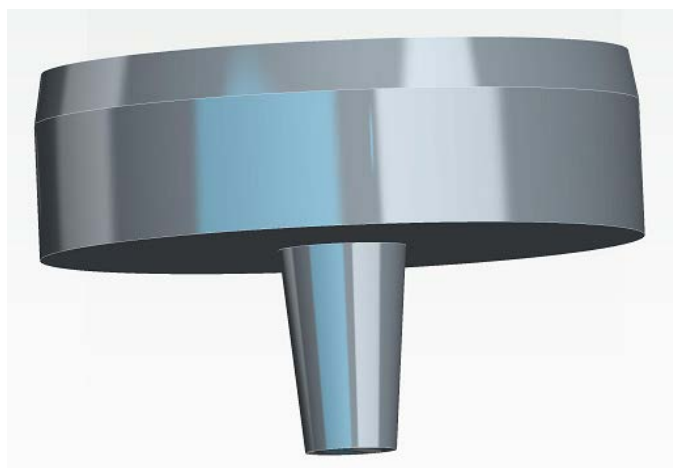


Рисунок 1.9 – 3D модель стержня №4

представлен на рисунке 1.10, 3D модель стержня №5 представлена на рисунке 1.11. Для изготовления данной отливки требуется один стержень №5.

Стержень №6 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня 150x100x15 мм. Уклон на знаке стержня 3°. Эскиз стержня №6

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис
						т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18
	т			а		

представлен на рисунке 1.12, 3D модель стержня №6 представлена на рисунке 1.13.

Для изготовления данной отливки требуется два стержня №6.

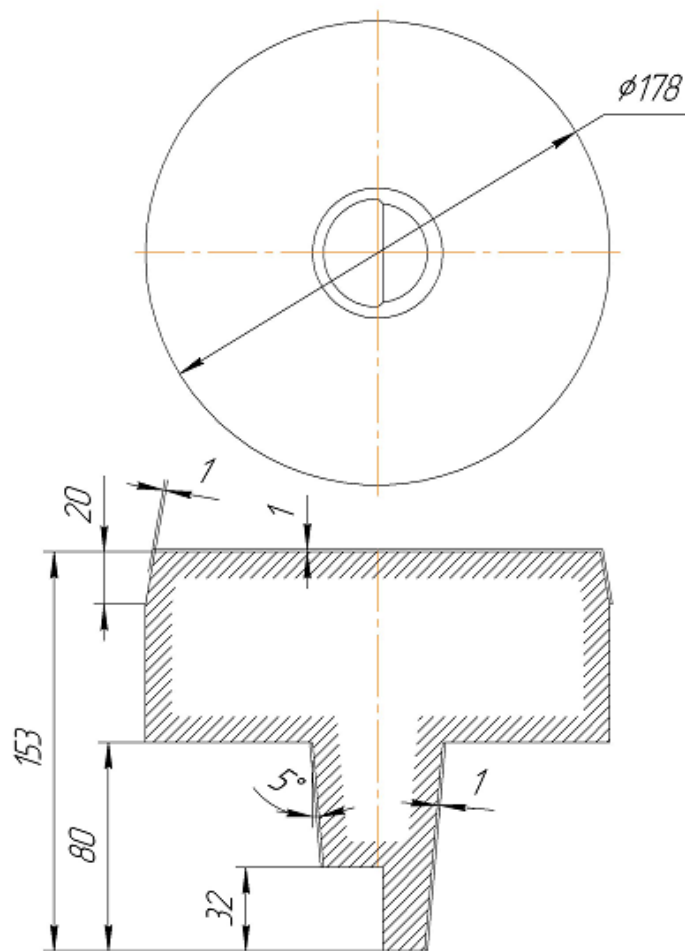


Рисунок 1.10 – Эскиз стержня №5

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		19

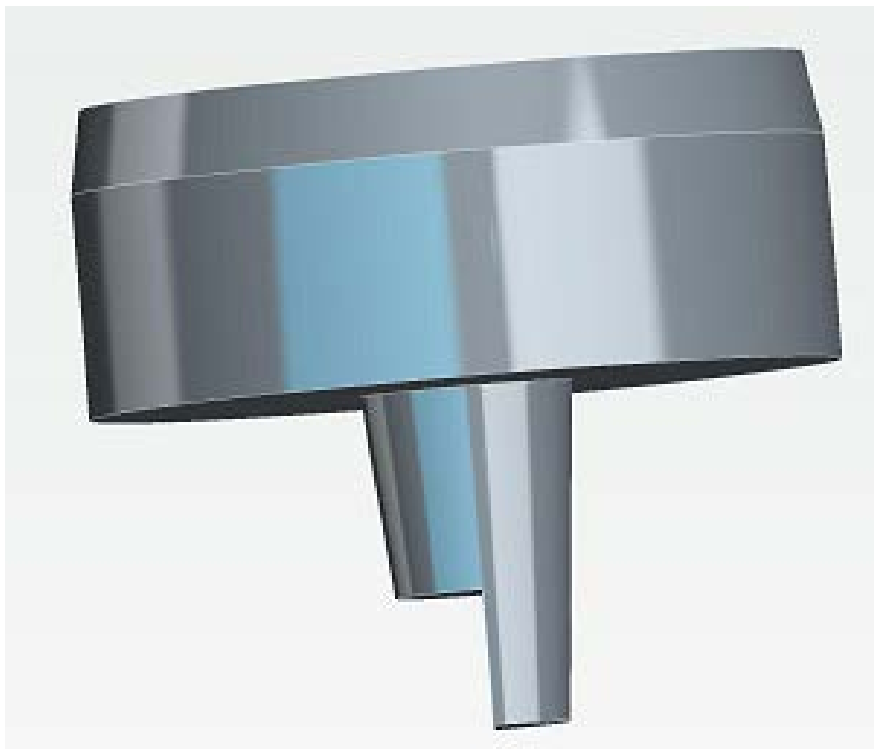


Рисунок 1.11 – 3D модель стержня №5

Стержень №7 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня 90x72x15 мм. Уклон на знаке стержня 3°. Эскиз стержня №7 представлен на рисунке 1.14, 3D модель стержня №7 представлена на рисунке 1.15. Для изготовления данной отливки требуется два стержня №7.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		20

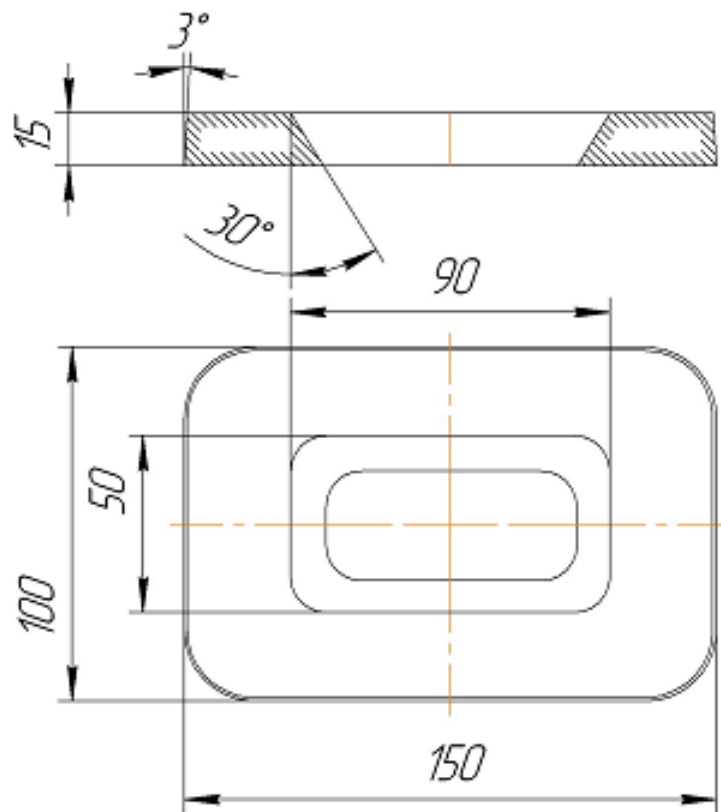


Рисунок 1.12 – Эскиз стержня №6

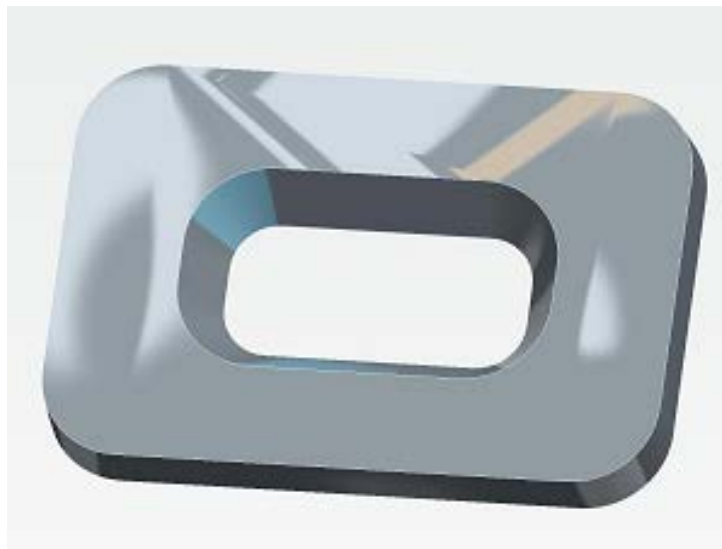


Рисунок 1.13 – 3D модель стержня №5

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		21

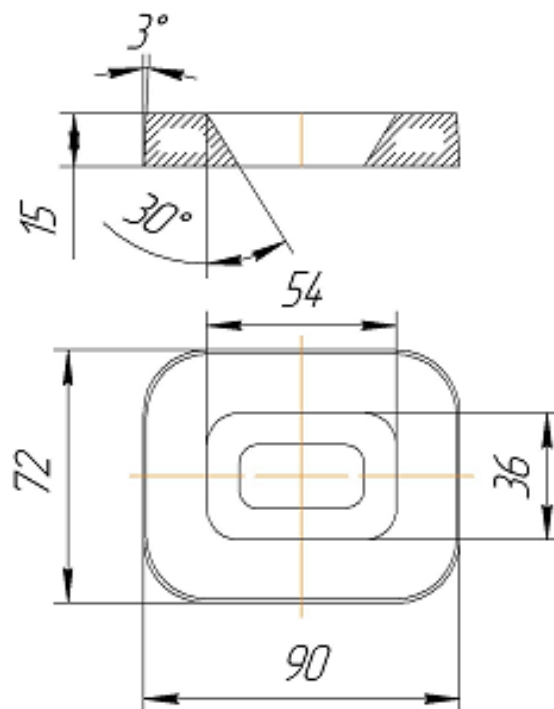


Рисунок 1.14 – Эскиз стержня №7



Рисунок 1.15 – 3D модель стержня №5

1.9 Разработка конструкции и расчет прибылей и холодильников

Прибыли применяются для получения отливки с плотной структурой металла, характеризующейся отсутствием усадочных раковин и усадочной пористости. Прибыль составляет с отливкой общее литое тело, в процессе затвердевания которого жидкий металл переходит из прибыли в отливку и заполняет образующиеся в ней усадочные пустоты. Процесс компенсации объемной усадки отливки за счет жидкого металла поступающего из прибыли, называется питанием

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		22

отливки. В результате питания отливка получается плотной, а прибыль с усадочной раковиной. Для питания теплового узла расположенного внизу применяются внутренние холодильники. Объем внутренних холодильников определим по формуле [7]:

$$V_x = \frac{V_y \cdot \rho}{\rho_M \cdot C_M \cdot (t_c - t_0)}, \quad (1.1)$$

где V_x – объем холодильника, м³;

V_y – объем теплового узла, м³;

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;

C_M – удельная теплота перегрева, кДж/м³

t_c – температура солидус, °С

t_0 – начальная температура холодильника, °С.

$$V_x = \frac{0,006 \cdot 9,81}{7200 \cdot 5,01 \cdot 10^{-6} \cdot (1535 - 20)} = 0,0036, \text{ м}^3.$$

Для одной отливки применяется 24 холодильника

Определим объем прибыли по формуле [7]:

$$V_{\Pi} = \beta E_v V_0 / (1 - \beta E_v), \quad (1.2)$$

где β – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины, $\beta = 10$;

E_v – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины, при изготовлении отливок из стали, $E_v = 0,045$;

V_0 – объем питаемого узла, м³.

Объем прибыли №1 определим по формуле 4.8:

$$V_{\Pi 1} = 0,045 \times 10 \times 0,002 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,00163 \text{ м}^3$$

Объем прибыли №2 определим по формуле 4.8:

$$V_{\Pi 2} = 0,045 \times 10 \times 0,003 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,00245 \text{ м}^3$$

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле [7]:

$$\text{ТВГ} = \frac{V_0}{(1 - \varepsilon_v)(V_0 + V_{\Pi})} \cdot 100 \quad (1.3)$$

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		23

где V_0 – объем отливки, m^3 ;

V_{Π} – объем прибыли, m^3 .

$$ТВГ = \frac{0,0212}{(1 - 0,045)(0,0212 + 0,00676)} \cdot 100 = 79,4\%,$$

Полученный ТВГ сравнивается с нормируемым для подобных отливок. В большинстве случаев при литье стали в песчаные формы эта величина составляет 57...80 %. Определим размеры экзотермических прибылей учитывая, что $k_{эф} \sim 1,75$ значит объем прибылей:

$$V_{\Pi_{1экз}} = 0,00163/1,75 = 0,00093 \text{ м}^3$$

Объем прибыли №2 определим по формуле 4.8:

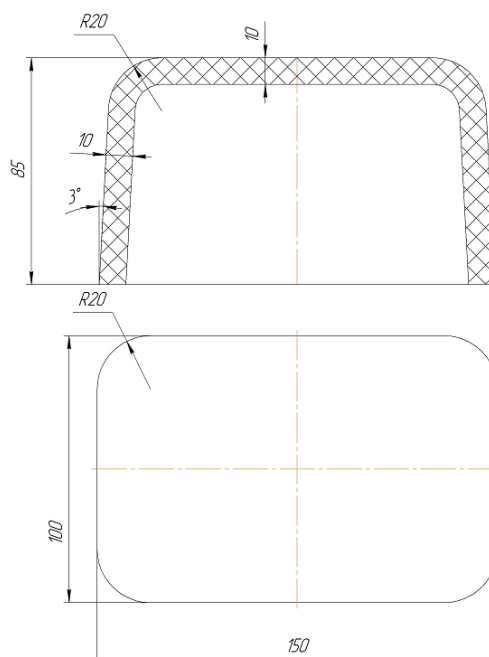
$$V_{\Pi_{2экз}} = 0,00245/1,75 = 0,0014 \text{ м}^3$$

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле 4.9:

$$ТВГ = \frac{0,0212}{(1 - 0,045)(0,0212 + 0,002986)} \cdot 100 = 91,7\%,$$

Применение экзотермических прибылей позволит увеличить ТВГ на 12,3%.

Эскиз прибыли №1 представлен на рисунке 1.16, 3D модель экзотермической оболочки представлена на рисунке 1.17. Эскиз прибыли №2 представлен на рисунке 1.18, 3D модель экзотермической оболочки представлена на рисунке 1.19.



					ДП.22.03.02.903 ПЗ	Лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		24

Рисунок 1.16 – Эскиз прибыли №1



Рисунок 1.17 – 3D модель экзотермической оболочки №1

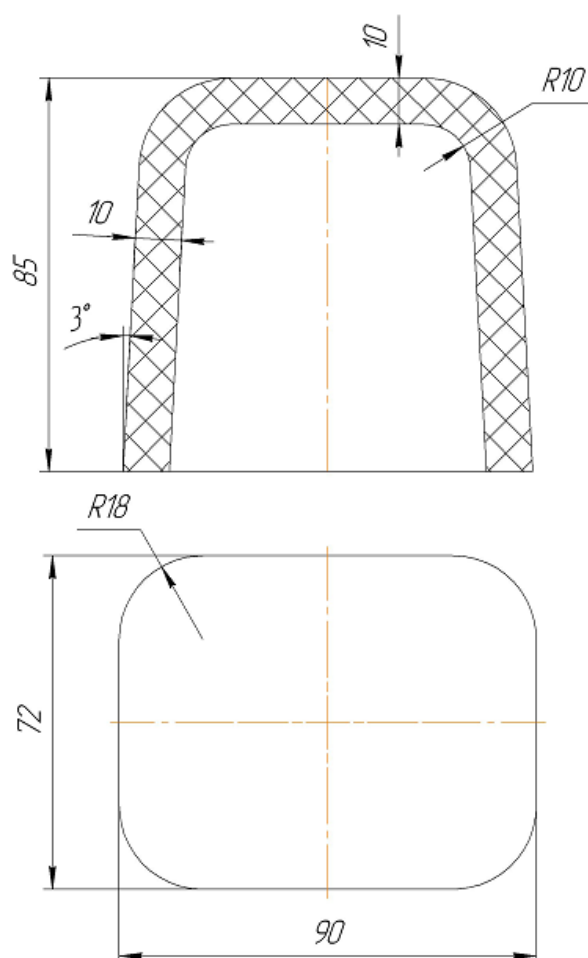


Рисунок 1.18 – Эскиз прибыли №2

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		25



Рисунок 1.19 – 3D модель экзотермической оболочки №2

1.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

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. Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша.

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле [4]:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (1.3)$$

где $\tau_{\text{опт}}$ – 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 отливку с литниками и прибылями, кг.

Расчет массы жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями [4]:

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{лс}}, \quad (1.4)$$

где $G_{\text{отл}}$ – масса отливки, кг;

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		26

$G_{\text{ПРИБ}}$ – масса прибыли, кг;

$G_{\text{ЛС}}$ – масса литниковой системы (5-10% от массы отливки с прибылями), кг.

$$G=295 +48,7+29,5=373,2.$$

Подставляя в формулу (1.3) значения коэффициента $S=1,4$ (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=14$ мм, $G= 373,2$ кг получим:

$$\tau_{\text{ОПТ}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 373,2} = 27,8 \text{ ,}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки. Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке [4]:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}} \text{ ,} \quad (1.5)$$

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

C – высота отливки по положению в форме, мм;

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

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

Подставляя в формулу (1.5) значения высоты отливки $C=488$ мм, $\tau_{\text{опт}}=27,8$ с, получим:

$$V_{\text{ср}} = \frac{488}{27,8} = 17,5.$$

Полученное значение $V_{\text{ср}}$ соответствует допустимому значению 20...10 мм/с для отливок из стали с толщиной стенки 10...40 мм.

Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле [4]:

$$F_{\text{уз}} = \frac{m}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}} \text{ ,} \quad (1.6)$$

где $F_{\text{уз}}$ – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки, м²;

m – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку литниками

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		27

прибылями, кг;

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

$\mu_{\text{ф}}$ – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы;

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле [4]:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (1.7)$$

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

P – высота отливки над питателем, мм;

C – высота отливки по положению в форме, мм.

$$H_{\text{ср}} = 500 - \frac{143^2}{2 \cdot 488} = 479,01 \text{ мм.}$$

Подставляя в формулу (1.6) значения $G=373,2$ кг; $\mu_{\text{ф}}=0,41$; $\tau_{\text{опт}}=27,8$ с; $\rho=7200$ кг/м³; $g=9,81$ м/с²; $H_{\text{ср}}=0,479$ м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{\text{уз}} = \frac{373,2}{0,41 \cdot 7200 \cdot 27,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,479}} = 0,00204 \text{ м}^2 = 20,04 \text{ см}^2.$$

Для сужающихся литниковых систем $F_{\text{уз}}$ является суммарной площадью сечений питателей:

$$F_{\text{уз}} = \Sigma F_{\text{п}}.$$

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих $\tau_{\text{опт}}$ [4]:

$$\Sigma F_{\text{п}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1:1,1:1,2, \quad (1.8)$$

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

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

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

$$\Sigma F_{\text{шл}} = F_{\text{шл}} = 1,1 \times F_{\text{п}} = 1,1 \times 20,4 = 22,04 \text{ см}^2;$$

$$\Sigma F_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} = 1,2 \times F_{\text{п}} = 1,2 \times 20,4 = 24,05 \text{ см}^2;$$

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		28

Металл к отливке будем подводить через один стояк, два шлакоуловителя и шесть питателей.

Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ($D_B=100$ мм).

Так как сечения питателей и шлакоуловителей имеют форму трапеции, то размеры определяются из формулы [4]:

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{2}(a + b) \times c, \quad (1.9)$$

где a - нижнее основание трапеции, мм;

b – верхнее основание трапеции, мм;

c – высота трапеции, мм.

Так как сечение стояка имеет форму круга, то размеры определяются из формулы [4]:

$$F_{\text{ст}} = \pi R^2, \quad (1.10)$$

где R – радиус стояка, мм.

Эскиз сечений литниковой системы представлен на рисунках 1.20 – 1.22.

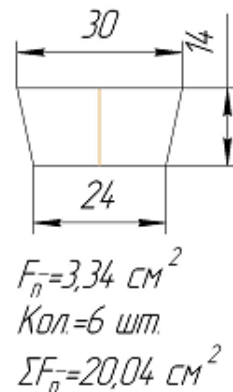


Рисунок 1.20 – Эскиз сечения питателя

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		29

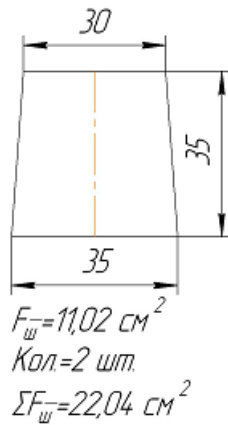


Рисунок 1.21 – Эскиз сечения шлакоуловителя

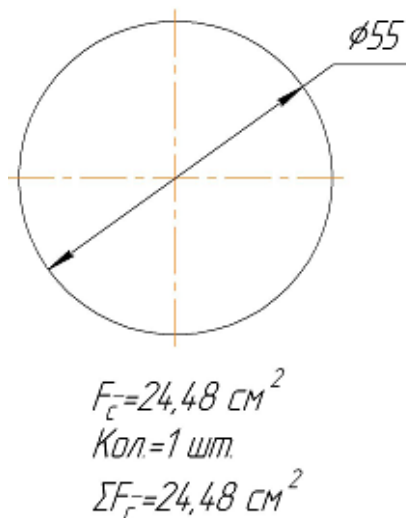


Рисунок 1.22 – Эскиз сечения стояка

1.11 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.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		30

Рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы зависят от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые размеры опок в свету с учетом изготовления 4 отливки в форме. После выбора опок в свету подбирают размер по высоте. Желательно применять верхнюю и нижнюю опоки равными по высоте. Высота опок определяется высотой отливки, выбором места разъема, наличием прибылей и литейной воронки.

Рекомендуемые толщины формовочной смеси на различных участках формы приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Рекомендуемые толщины формовочной смеси на различных участках формы

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм			
	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки	от модели до стенки опоки	между моделью и шлакоуловителем
251-500	120	150	80	70

Окончательно получаем размеры опок 1200x1200x500/500 мм.

1.12 Выбор модельного комплекта

Литейная оснастка должна обеспечивать получение отливок с требуемой точностью и шероховатостью поверхности. Литейная оснастка по своей роли в процессе изготовления отливок подразделяется на формообразующую и универсальную. Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект, в который входят модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы.

Модель – это приспособление для получения внутренних рабочих поверхностей в литейных песчаных формах. Стержневой ящик – это

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		31

приспособление для получения стержней из песчаных смесей. К универсальной оснастке относятся опоки, подопочные и подмодельные плиты.

Для обеспечения бесперебойной работы цеха необходимо иметь запасной модельный комплект, на случай ремонта основного комплекта.

По прочности модельные комплекты подразделяются на три класса, от прочности зависит количество съёмов литейных форм

Для массового изготовления данной отливки применяется металлический модельный комплект первого класса точности и третьего класса прочности, запасной комплект допускается изготовить по второму классу точности и второму классу прочности.

1.13 Выбор состава формовочных смесей

Для производства данной отливки применяется одноразовая песчаная форма и стержни на основе ХТС (Alfa-set процесс).

В производстве отливок использование холоднотвердеющих смесей позволяет резко сократить технологический цикл за счет объемной или поверхностной сушки форм, повысить производительность труда, снизить стоимость оборудования путем замены комбинированных способов уплотнения (встряхивания или вибрации с прессованием) виброуплотнением. Изготовление форм из ХТС упрощает применение современных методов управления процессом формирования свойств отливок, которые при использовании обычных формовочных смесей вызывают большие затруднения.

Связующая система Alfa-set состоит из двух компонентов водорастворимого щелочного фенолформальдегидного олигомера и отвердителя - композиции на основе сложного эфира. Применяют отвердители нескольких типов, каждый из которых дает различное соотношение параметров «живучесть/время до извлечения».

Выбор отвердителя зависит от характеристик песка и типа основного связующего. Обычно живучесть составляет 20...30% от времени извлечения.

Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата

ДП.22.03.02.903 ПЗ

Состав формовочной смеси, % [5]:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 4;
- горелая смесь 96;
- смола (сверх 100%) 0,9-1,7;
- отвердитель ACE-1075(сверх 100%) 0,2-0,4.

Свойства формовочной смеси:

- прочность на сжатие (через 1 час), МПа 1,0;
- прочность на сжатие (через 3 часа), МПа 1,6;
- прочность на сжатие (через 24 часа), МПа 3,0;
- осыпаемость, % 0,13;
- влажность, % 3;
- газотворность, см³/г до 14;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 20-30;
- живучесть, мин 25.

1.14 Выбор состава стержневых смесей

Основные преимущества стержневой смеси, изготовленной β-SET процессом:

- слабый запах при смешивании;
- малая токсичность на всех стадиях техпроцесса;
- достаточная прочность стержней и форм;
- возможность применения песков различной химической природы;
- весьма низкая прилипаемость к оснастке;
- возможность очистки оснастки и смесителя водой.

Состав стержневой смеси, %:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 100;
- смола (сверх 100%) 1,1-1,6;

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис
						т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		33

- отвердитель (сверх 100%) 0,22-0,4.

Свойства стержневой смеси:

- прочность на разрыв (через 1 час), МПа 1,6;
- прочность на разрыв (через 3 часа), МПа 2,4;
- прочность на разрыв (через 24 часа), МПа 3,8;
- осыпаемость, % 0,13;
- влажность, % 3;
- живучесть, мин 25;
- газотворность, см³/г до 14.

3.15 Выбор состава противопопригарных красок

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

Стержни и формы изготовленные по Alfa-set процессу можно окрашивать водными и спиртовыми противопопригарными красками.

Для производства данной отливки применяется самовысыхающие противопопригарное покрытие имеет следующего состава:

- цирконовый концентрат, % 58;

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		34

- поливинилбутираль, % 1,5;
- спирт этиловый, % 40,5.

1.16 Разработка технологии сборки и заливки форм

Формы изготавливают по технологии безопочной формовки из холоднотвердеющих смесей. В этом случае процесс уплотнения и отверждения полуформ идет в жестко закрепленной на подмодельной плите деревянной раме, полуформа отделяется от подмодельной плиты в поворотно-вытяжном устройстве. Далее затвердевшая полуформа идет по конвейеру без деревянной опоки.

Безопочное формовочное оборудование фирмы IMF сконструировано для форм размером до 1800x3400x 680/680 мм. В зависимости от размеров формы, а также от типов используемого технологического оборудования, производительность машин составляет от 8 до 40 безопочных форм в час.

Участок, на котором происходит смена моделей и подготовка деревянных ящиков к формовке, подключен к автоматическому складу моделей, управляемому при помощи ПК. Операция по смене модели происходит в течение одного тактового цикла.

Производительность шнековых смесителей, применяемых для заполнения формы, составляет, как правило, от 6 до 60 тонн/час. Они снабжены двумя рукавами, которые приводятся в движение при помощи серводвигателей.

После заполнения формы смесью происходит уплотнение смеси благодаря срабатыванию вибрационного стола, располагающегося под роликовым транспортером. Удаление излишков смеси происходит автоматически при помощи специального устройства.

Зона отверждения формовочной смеси состоит из нескольких участков роликового транспортера, приводящихся в действие по отдельности и варьирующихся в зависимости от производительности и применяемых процессов.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		35

Благодаря наличию ускорителей и замедлителей, установленных на каждом участке роликового транспортера, транспортировка происходит мягко и без тряски.

Опрокидыватель поворачивается на 180° и при помощи вибрации полуформа оказывается на ленте транспортера. Эта операция осуществляется автоматически. После этого форма направляется на участок окрашивания антипригарной краской, а модельное устройство - возвращается на участок заполнения либо в зону смены модели. Процесс окраски осуществляется путем применения манипуляторов. Сушка форм осуществляется, как правило, в туннеле с теплым воздухом.

Участок установки стержней в форму сконструирован таким образом, что к форме обеспечивается открытый доступ.

Формы с уже проставленными стержнями закрываются при помощи полностью автоматизированных устройств. Оборудование самостоятельно выполняет все необходимые операции без вмешательства оператора независимо от типа формы.

Установленные на разливочной платформе закрытые формы транспортируются при помощи специальных транспортных устройств в зону заливки их металлом.

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Чем выше температура выбивки, тем короче технологический цикл изготовления отливки и больше производительность формовочно-заливочного участка. Однако высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов или ухудшения ее качества. Вблизи температуры кристаллизации сплавы имеют низкие прочностные и пластические свойства, поэтому опасность разрушения отливки особенно велика.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		36

На воздухе отливки охлаждаются быстрее, чем в форме. При этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, и уровень внутренних напряжений в отливке возрастает. Ранняя выбивка может привести к образованию трещин, короблению и сохранению в отливке высоких остаточных напряжений.

Длительная выдержка в форме с целью охлаждения до низкой температуры нецелесообразна с экономической точки зрения, так как удлиняет технологический цикл изготовления отливки. Поэтому выбивку стремятся производить при максимально допустимой высокой температуре. Она зависит от природы сплава, а также от конструкции отливки. Стальные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 500-700 °С.

После охлаждения формы с отливками попадают на вибрационную установку, оснащенную выбивной решеткой или проходным охладительным барабаном. Песок направляется на участок регенерации, а затем используется повторно.

1.17 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок

Отливки, не имеющие явных дефектов, подвергаются дальнейшей очистке от формовочной смеси, пригара.

Для удаления литников и прибылей применяют гидравлический пресс. Для удаления остатков питателей, прибылей, заливок, заусенцев, перекосов и неровностей применяют шлифовальные абразивные круги.

Очистка поверхности металла осуществляется в дробеметной камере.

Далее для улучшения структуры, изменению твердости, прочности и пластичности, отливка подвергается термической обработке. Для снятия внутренних напряжений и измельчения структуры стальных отливок применяется

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	Лист
						т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		37

нормализация при температуре 890-920 °С в течении 12 часов. После термообработки отливки снова очищают в дробеметной камере.

Грунтовку (окраску) отливок применяют для их предохранения от коррозии при длительном хранении или транспортировке. Окраске подвергают наружные и внутренние поверхности отливок, не подлежащие механической обработке.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		38

2. ПРОЕКТНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

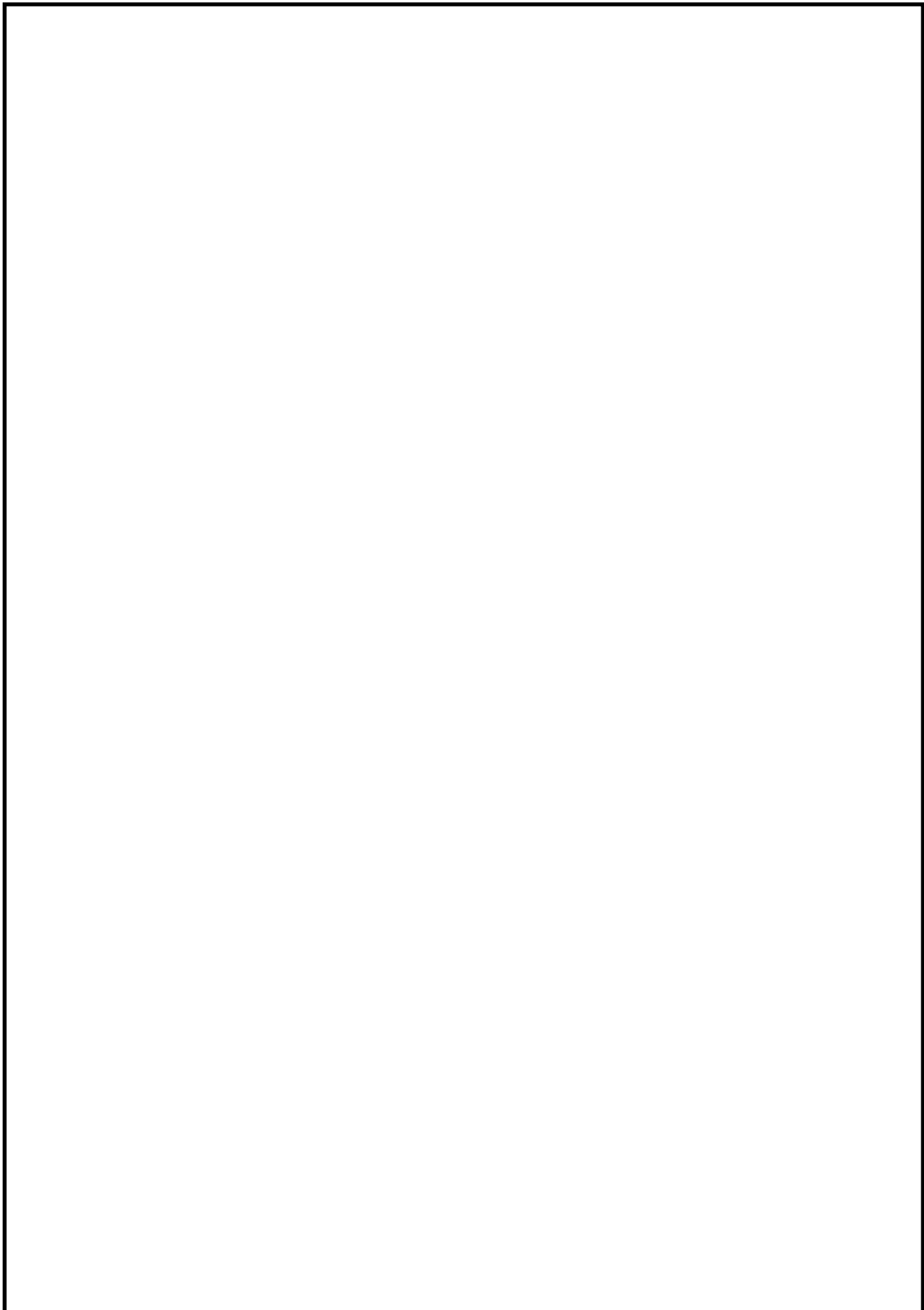
2.1 Производственная программа

Расчет точной производственной программы (таблица 2.1) цеха является основой для технологической части проекта. Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного и массового производства. В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 25Л.

Таблица 2.1 – Точная производственная программа

Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1.Днище	сталь 25Л	139	10616	1475,6
2.Стенка	сталь 25Л	209,5	10618	2224,5
3.Корпус	сталь 25Л	295	10616	3131,7
4.Кожух	сталь 25Л	128	10618	1359,1
5.Венец	сталь 25Л	117	10616	1242,1
6.Раскос	сталь 25Л	151	10616	1603,0
7.Колесо	сталь 25Л	160	10616	1698,6
8.Колесо	сталь 25Л	190	10616	2017,0
9.Бампер	сталь 25Л	125	10616	1327,0
10.Проставка	сталь 25Л	126	10618	1337,9
11.Крышка	сталь 25Л	145	10616	1539,3
12.Барабан	сталь 25Л	250	10616	2654,0
13.Корпус	сталь 25Л	195	10616	2070,1
14.Венец	сталь 25Л	95	10616	1008,5
15.Реборда	сталь 25Л	220	10617	2335,7
16.Муфта	сталь 25Л	94,5	10616	1003,2
17.Картер	сталь 25Л	242	10616	2569,1
18.Кронштейн	сталь 25Л	98,3	10617	1043,7
19.Кронштейн	сталь 25Л	130	10616	1380,1
20.Ступица	сталь 25Л	92,3	10616	979,9
Итого			212328	34000,0

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		39



					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		40

2.1.1 Структура литейного цеха

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

Цех стального литья из углеродистой стали производительностью 34000 тонн литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

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

К производственным помещениям относятся:

- плавильное отделение;
- участок подготовки шихты;
- стержневое отделение;
- формовочно-заливочно-выбивное отделение;
- обрубное отделение.

К вспомогательным участкам относятся:

- участок ремонта ковшей и печей;
- смесеприготовительное отделение
- участок переработки смеси;
- ремонтно-энергетическое и ремонтно-механическое отделения;
- лаборатории.

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

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		41

2.1.2 Режим работы и фонды времени

Для того чтобы рассчитать необходимое количество технологического оборудования, нужно знать действительный фонд времени работы оборудования. Он определяется для каждой группы оборудования (формовочное, стержневое, плавильное) исходя из опыта его эксплуатации. Режим работы литейных цехов определяется организацией производства и количеством рабочего времени трудящихся и оборудования.

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

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный параллельный, при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. При этом режиме работы все основные технологические процессы изготовления отливок производятся в две смены. Третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования. При этом некоторые службы будут работать в одну смену — крановое хозяйство, футеровочный участок, ремонтно-механическая мастерская (РММ), а участок термообработки – в три смены.

Существует три основных фонда рабочего времени:

- календарный (Φ_K), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный (Φ_H), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;
- действительный (Φ_D), учитывающий полное годовое рабочее время с неизбежными потерями.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени условно исключается время пребывания его в плановых ремонтах, установленное нормами системы планово–предупредительных ремонтов.

Календарный фонд времени составляет 8760 часов.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		42

Для определения действительного фонда времени работы рабочих из номинального фонда времени вычитается время пребывания рабочего в отпуске.

В случае пятидневной рабочей недели, восьмичасовой смены номинальный фонд времени составляет для рабочих $\Phi_{н}=2070$ часов и для оборудования $\Phi_{н}=4140$ часов.

Действительный фонд времени составляет [6]:

$$\Phi_{д} = \frac{\Phi_{н} \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (2.1)$$

где $\Phi_{н}$ – номинальный фонд времени, ч;

α – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 2.2.

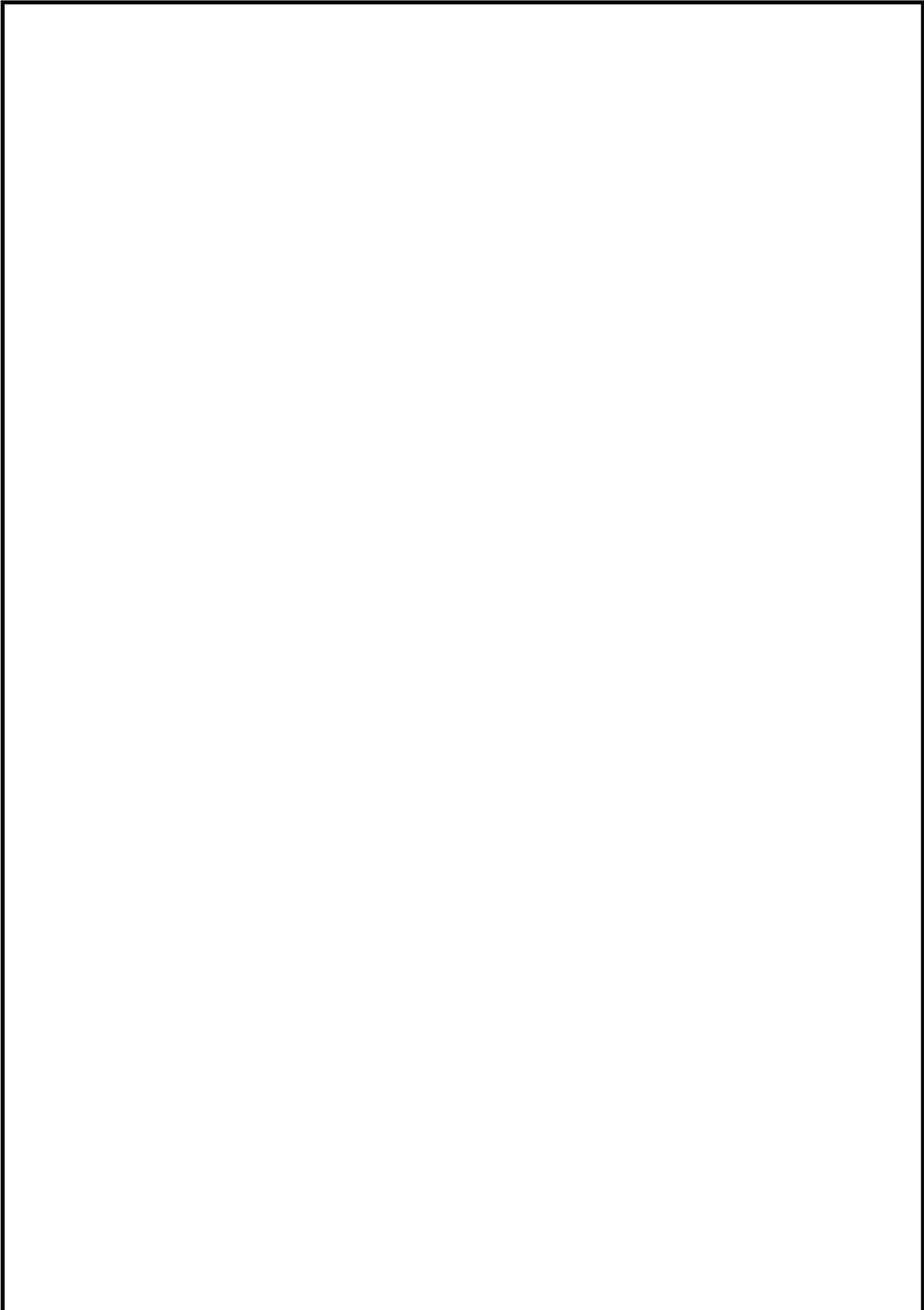
Таблица 2.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потери времени, %	Действительный фонд времени, ч
Оборудование плавильного отделения	2	4140	3	4016
Оборудование подготовки смеси	2	4140	5	3933
Оборудование формовочного отделения	2	4140	10	3726
Оборудование стержневого отделения	2	4140	7	3850
Оборудование термообрубного отделения	2	4140	4	3974
Печи термические	3	6210	3	6024

2.2 Плавильное отделение

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 2.3), которая составляется на основе точной производственной программы цеха.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		43



					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		44

2.2.1 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 25Л [7].
Химический состав стали представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4– Химический состав стали 25Л

Обозначение по ГОСТ 1412-85	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %		
	C		Si		Mn		Fe	S	P
	min	max	min	max	min	max			
Сталь 25Л	0,220	0,300	0,200	0,520	0,450	0,900	ост	0,050	0,050

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 2.5).

Металлозавалка рассчитывается по формуле [6]:

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

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

Γ – 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.

Металлозавалка сталь 25Л:

$$M = \frac{34000 + 17000 + 541,5}{100 - 0,5 - 1 - 3} \cdot 100 = 53970,2 \text{ т.}$$

Таблица 2.5 – Баланс металла

Наименование статей	Сталь 25Л	
	%	т
1. Годные отливки	63,00	34000,0
2. Брак отливок	1,00	541,5
3. Литники и прибыли	31,50	17000,0
4. Технологические пробы	0,50	269,9
5. Сливы и сплески	1,00	539,7

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		45

Окончание таблицы 2.5

Наименование статей	Сталь 25Л	
	%	т
Итого жидкого металла	97,00	52351,1
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	1619,1
Металлозавалка	100,00	53970,2

2.2.2 Ведомость расхода шихтовых материалов

Целесообразно вести расчёт на 100кг шихты, тогда масса компонентов в килограммах и их процентные соотношения численно совпадут, что упрощает расчёт.

Составление и расчет шихты производится, исходя из требуемого химического состава выплавляемого сплава и имеющихся шихтовых материалов.

Среднее содержание марганца 0,625 %; кремния – 0,36 %. Требуемая масса углерода рассчитывается по формуле [8]:

$$m_C = C_C + 0,2...0,3\% \quad (2.3)$$

$$M_C = 0,26 + 0,3 = 0,56 \text{ кг (или 0,56 \%)}.$$

Таблица 2.6 – Компоненты шихты для стали 35Л, выплавляемой в дуговой печи

Компонент	Обозначение X _j	Массовая доля элементов, %				
		C	Mn	Si	S	P
Возврат	X ₁	0,26	0,625	0,38	0,05	0,05
Лом стальной 2А ГОСТ 2787-86	X ₂	0,11	0,62	0,32	0,03	0,025
Чугун передельный ПЛ1 ГОСТ 805-80	X ₃	4,14	0,85	0,85	0,016	0,018
Ферромарганец ФМn 75 ГОСТ 4755-91	X ₄	7	68	6,0	0,02	0,03
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-78	X ₅	0,01	0,4	75	0,020	0,04

Масса ферромарганца и ферросилиция рассчитывается по формуле [8]:

$$m_j = \frac{M C_j (1 + Y_i)}{l_{ij}} \quad (2.4)$$

где C_i – среднее содержание i^{го} элемента (в данном случае Mn и Si) в стали, %;

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		46

Y_i – угар $i^{\text{го}}$ элемента в долях единицы;

l_{ij} – содержание $i^{\text{го}}$ элемента в $j^{\text{ом}}$ компоненте;

$$m_{\text{ФМn}} = \frac{100 \cdot 0,625(1 + 0,2)}{68} = 1,103 \text{ кг}$$

$$m_{\text{ФC}} = \frac{100 \cdot 0,36(1 + 0,10)}{75} = 0,528 \text{ кг}$$

В балансе выплавляемой стали возврат (X_2) составляет 34 %.

Массы лома (X_1) и чугуна (X_3) рассчитываются из уравнений, составленных на основе баланса металла и углерода [8]:

$$X_2 + X_3 = 100 - \sum_{j=1}^k m_j \quad (2.5)$$

$$C_2 \cdot X_2 + C_3 \cdot X_3 = 100m_c - \sum_{j=1}^k C_{cj} \cdot m_j$$

где X_1 и X_3 – массовая доля, % соответственно лома и чугуна;

C_{cj} – массовая доля углерода в $j^{\text{ом}}$ компоненте, %.

$$\begin{cases} X_2 + X_3 = 100 - 1,103 - 0,528 - 34 \\ 0,11X_2 + 4,14X_3 = 100 \cdot 0,56 - 1,103 \cdot 0,01 - 0,528 \cdot 7,0 - 34 \cdot 0,26 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_2 + X_3 = 64,369 \\ 0,11X_2 + 4,14X_3 = 43,453 \end{cases}$$

Из уравнения выражаем X_1

$$X_2 = 64,369 - X_3$$

$$0,11(64,369 - X_3) + 4,14X_3 = 43,453$$

$$X_3 = \frac{57,288}{4,03} = 14,215$$

Подставляем полученное значение X_3 в уравнение

$$X_2 = 64,369 - X_3 = 64,369 - 14,215 = 50,152$$

Составленная на основе вышеприведенных расчетов ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 2.6

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		47

Таблица 2.7 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Возврат	34,002	18351,067
Лом стальной 2А	50,152	27067,145
Чугун предельный П1	14,215	7671,867
Ферросилиций ФС75	0,528	284,963
Ферромарганец ФМн75	1,103	595,292
Итого	100,000	53970,333

2.2.3 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения

Выбор плавильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовыделений и отходов плавки, а также эффективностью производства.

Для получения жидкой стали применяется электро-дуговая печь.

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле [6]:

$$G = \frac{V_{\Gamma} K_{\text{H}} \tau}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (2.6)$$

где G – расчетная вместимость печи, т;

V_{Γ} - годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

K_{H} - коэффициент неравномерности потребления и производства;

τ – длительность разливки одной плавки, ч

$\Phi_{\text{д}}$ - годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{52351,1 \cdot 1,1 \cdot 0,5}{4016} = 7,16 \text{ т.}$$

Из стандартного ряда печей типа ДППТ выбираем печь ДППТ-10.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		48

Техническая характеристика ДППТ-10:

- мощность источника питания, кВА; 2500;
- напряжение питающей сети, кВ 10;
- производительность, т/ч; 5;
- номинальная емкость, т; 10;
- температура перегрева металла, °С; 1700.

Дуговые печи постоянного (ДППТ) и переменного (ДСП) тока имеют аналогичные исполнения основных конструктивных элементов, одинаковые схемы загрузки шихты и разлива металла, используют одни и те же огнеупорные материалы, позволяют применить одни и те же технологические процессы плавления и доводки металла.

Расчетное количество плавильных агрегатов P_1 определяется по формуле [6]:

$$P_1' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_H}{\Phi_{\text{Д}}' \cdot N'_{\text{расч}}}, \quad (2.7)$$

где V_{Γ} – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);
 $\Phi_{\text{Д}}$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;
 $N'_{\text{расч}}$ – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

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

$$P_1' = \frac{52351,1 \cdot 1,2}{4016 \cdot 5} = 3,13.$$

Число единиц оборудования (P_2'), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [6]:

$$P_2' = \frac{P_1'}{K_3}, \quad (2.8)$$

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

$$P_2' = \frac{3,13}{0,8} = 3,75.$$

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис
						т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата а		49

Принимаем $P'_2=4$; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [6]:

2.2.4 Расчет потребности ковшей

Периоды работы и ремонта ковшей:

- 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 5 тонны (средняя металлоемкость формы 500 кг). В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600...700 °С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800...900 °С.

Расчет ковшей проводится по формуле [6]:

$$n = \frac{V_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q}, \quad (2.9)$$

где V_r – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

t – средний цикл оборота ковша, ч;

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{52351,1 \cdot 0,5}{4016 \cdot 5} = 1,3 \text{ шт.}$$

Число ковшей, находящихся в ремонте [6]:

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис
						т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата а		50

$$n_{\text{кр}} = \frac{n \cdot \tau_p \cdot n_p \cdot K_H}{\Phi_d}, \quad (2.10)$$

где $n_{\text{кр}}$ – число ковшей находящихся в ремонте, шт;

n – число ковшей находящихся в работе, шт;

τ_p – общая длительность ремонтного цикла, $\tau_p = 16\text{ч}$;

n_p – число ремонтов в год, $n_p = 120$ шт.

$$n_{\text{кр}} = \frac{1,3 \cdot 16 \cdot 120 \cdot 1,1}{1967} = 1,4 \text{ шт.}$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 2 штукам.

Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество ковшей в проектируемом цехе 4 шт.

2.3 Формовочно-заливочно-выбиное отделение

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими.

В настоящее время выбор технологии и оборудования для получения форм достаточно широк, однако в массовом производстве единственным, отвечающим современным требованиям производства способом получения мелких и средних отливок, является безопасная формовка, реализованная на формовочном оборудовании фирмы IMF [9].

Формовочное отделение разбито на участки: формовки, заливки форм, охлаждения форм и выбивки.

2.3.1 Технология изготовления форм

Система – ALPHA-SET - связующая смола холодного отверждения, которая позволила:

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		51

- улучшить экологическую обстановку литейного цеха (внутреннюю/внешнюю);
- добиться превосходных характеристик литья, в сравнении с использованием силикатных связующих;
- использовать преимущества существующих органических связующих.

Прочность литейной формы и однородность уплотнения обеспечивают возможность более точной отливки изделий согласно расчётным размерам.

Однако эта жёсткость требует, чтобы при изготовлении образцов моделей особо задавались формовочные уклоны, т.к. эти уклоны должны учитывать относительно негибкое состояние формы при протяжке модели. Расталкивание модели не является рациональным, и по этой причине рекомендуется, как можно более широко использовать вибрационные устройства с целью облегчения отделения модели.

2.3.2 Выбор оборудования для участка формовки

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

Для изготовления форм выбираем автоматическую безопочную формовочную линию Fast-loop фирмы IMF.

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики:

- цикловая производительность, форм/час 8 – 40;
- грузоподъемность стола, кг 6000;
- установленная мощность, кВт 400.

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

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		52

Формовочная автоматическая линия Fast-loop фирмы IMF предназначена для изготовления отливок из стали в одноразовых формах из холоднотвердеющих смесей.

2.3.3 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно – заливочно – выбивных отделений при поточном производстве P_1 определяется по формуле [6]:

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} \cdot N_{п.расч} \cdot \Phi_{д}}, \quad (2.11)$$

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

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

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

$\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд времени, ч.

Расчетную производительность определим по формуле (2.11):

$$P_1 = \frac{86260}{0,95 \times 30 \times 3726} = 0,81.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (2.7):

$$P'_2 = \frac{0,82}{0,9} = 0,91.$$

Принимаем одну формовочную линию Fast-loop фирмы IMF.

2.4 Стержневое отделение

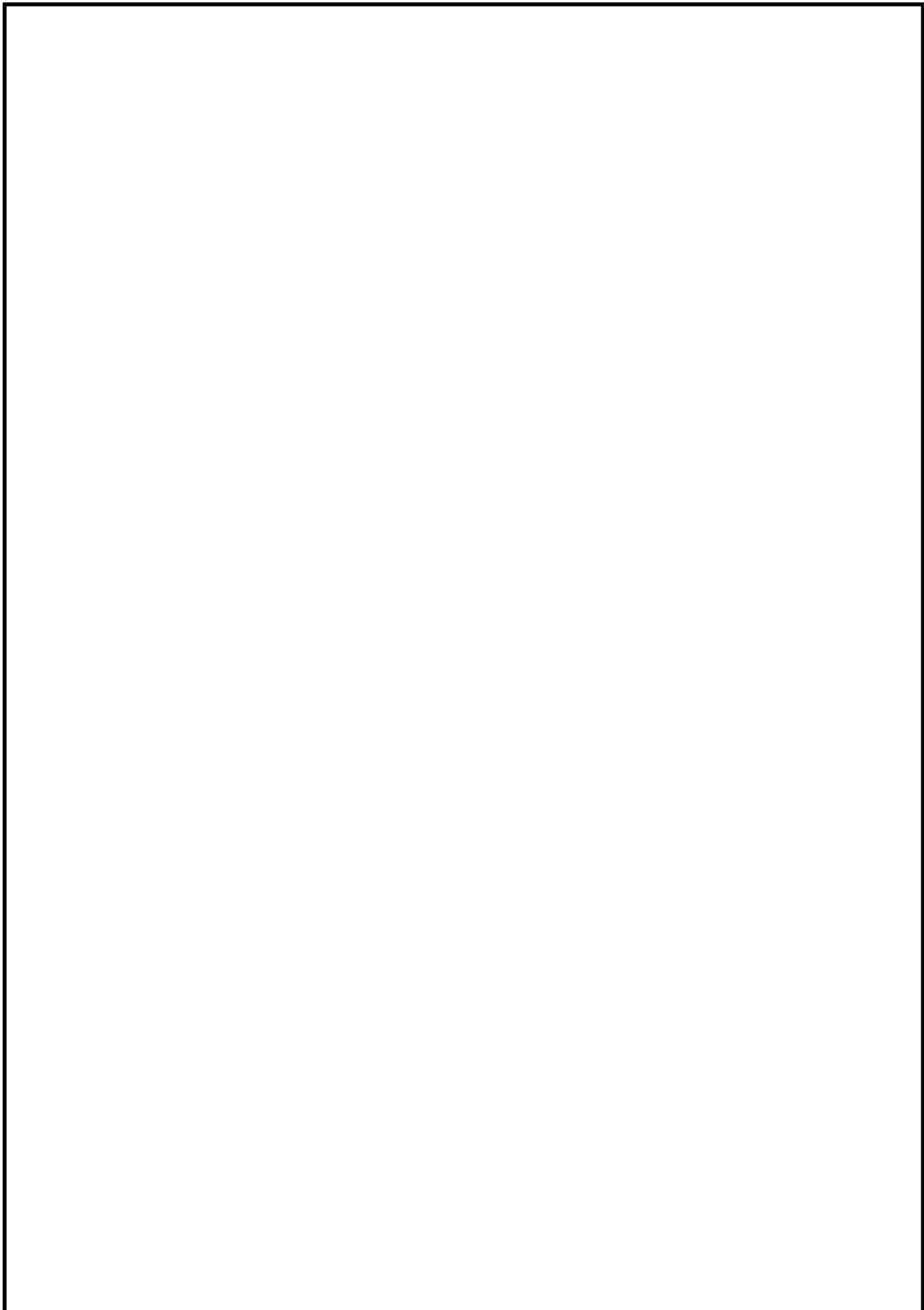
					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		53

Основой для расчета стержневого отделения является ведомость изготовления стержней (таблица 2.8).

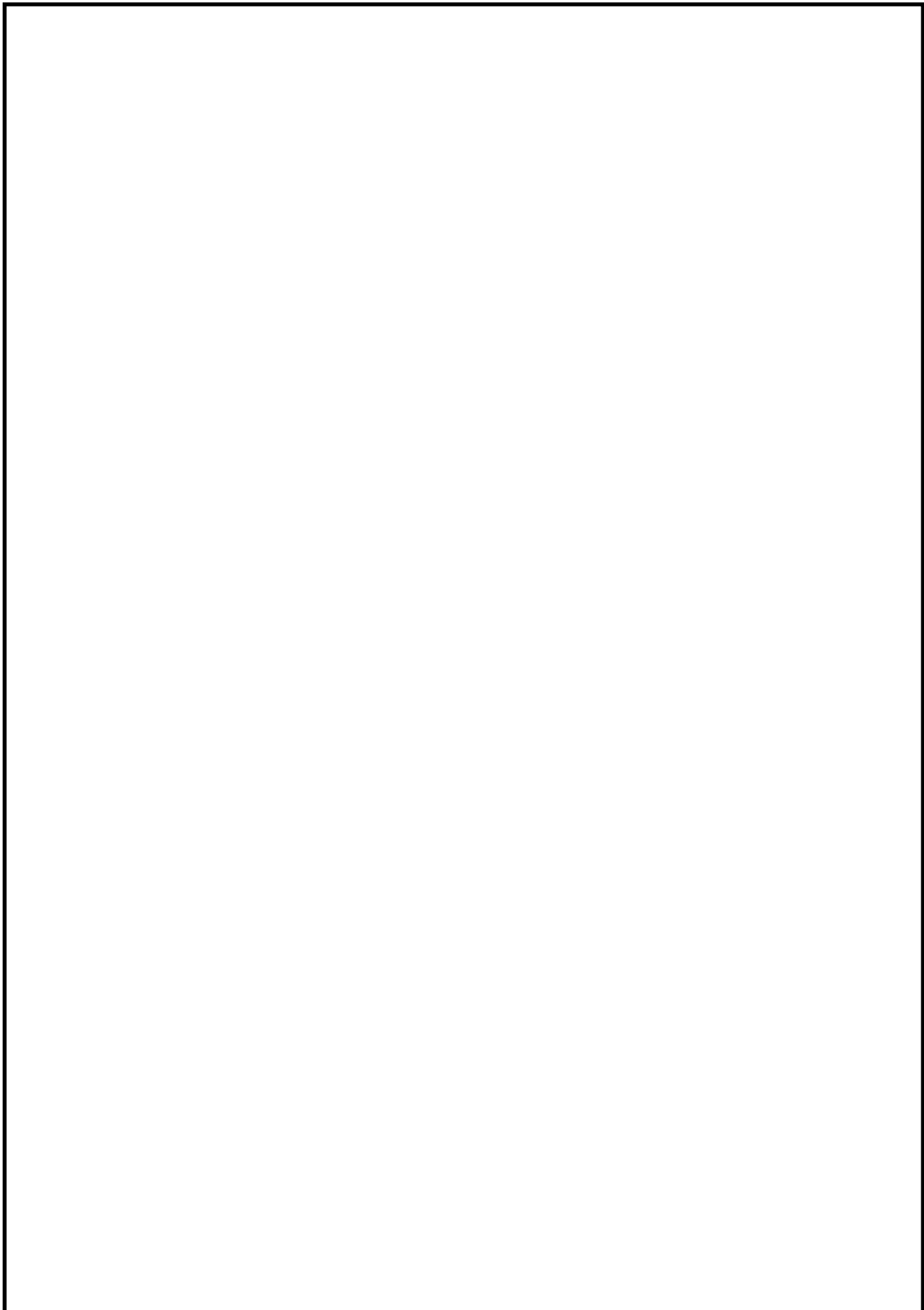
Для изготовления стержней используется β -SET процесс. Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет продувки метилформиатом.

Данная смесь обеспечивает хорошее качество литых поверхностей, отсутствие азота и серы в связующем, незначительное расширение смеси, более легкая выбиваемость и возможность достижения экологически благоприятных условий труда.

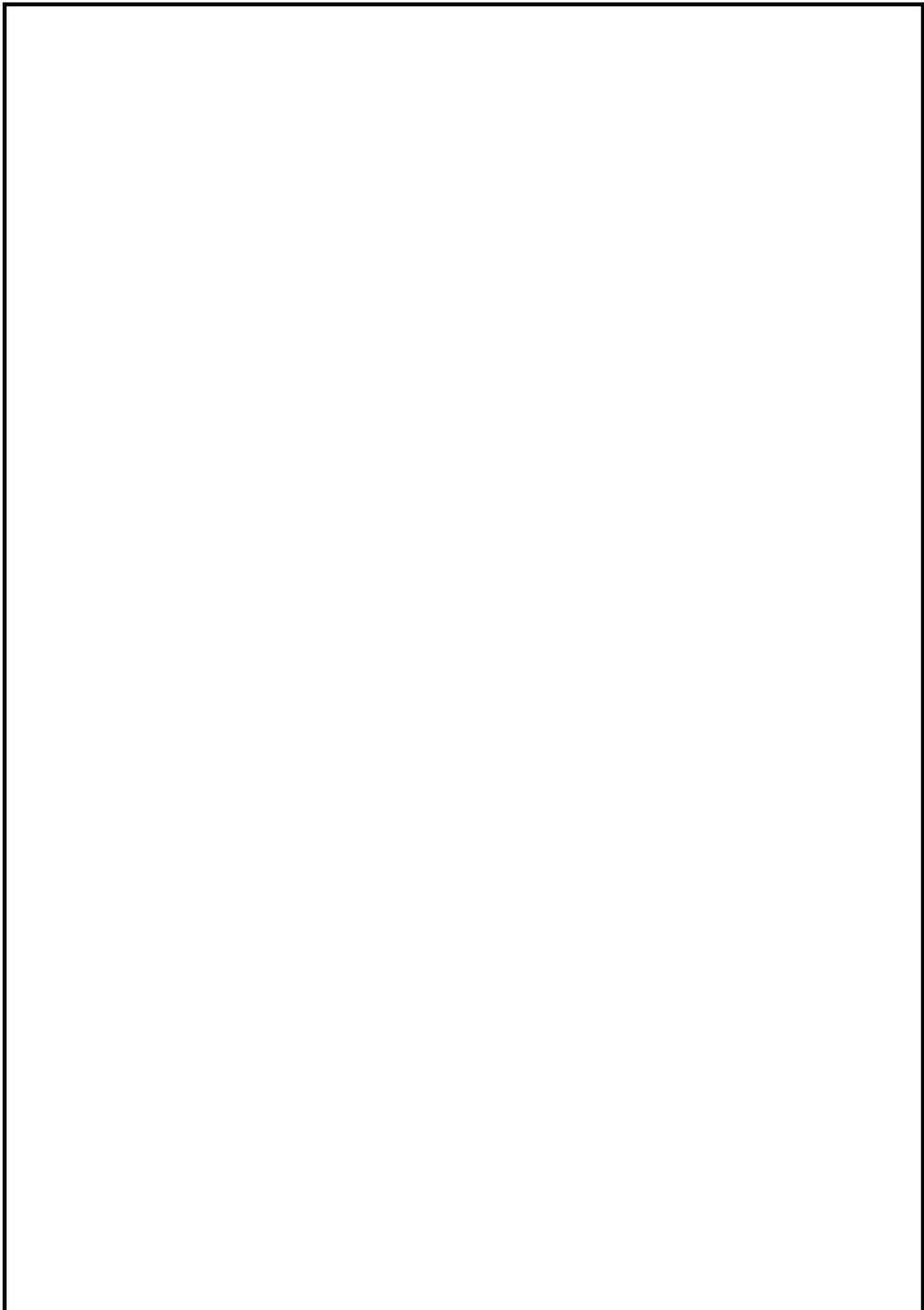
					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		54



					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		55



					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		56



					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		57

Для изготовления стержней предусмотрен отдельный участок, включающий автоматическую стержневую машину PRACTICOR-80 фирмы IMF с применением β -SET процесса.

Технические характеристики стержневой машины PRACTICOR-80:

- объем пескострельной головки, л 80;
- длительность цикла, с 65;
- производительность съемов/ч 40.

Расчетное количество стержневых линий определяется по формуле (2.6):

$$P'_1 = \frac{217183,98 \cdot 1,1}{40 \cdot 3850} = 1,55.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (2.7):

$$P'_2 = \frac{1,55}{0,9} = 1,71$$

Принимаем две стержневые машины PRACTICOR-80 фирмы IMF.

2.5 Смесеприготовительное отделение

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

При определении количества смеси необходимо учесть их потери при транспортировке и формообразовании, равные 4...5%.

Таблица 2.9 – Ведомость потребности в смесях

Наименование смеси	Потребность			Оборотная смесь	
	по расчету, т/год	на просыпи (5%), т/год	всего	%	т/год
Формовочная смесь	179635,46	8981,77	188617,23	94,00	177300,20

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		58

Продолжение таблицы 2.9

Наименование смеси	Потребность			Оборотная смесь	
	по расчету, т/год	на просыпи (5%), т/год	всего	%	т/год
Стержневая смесь	4718,36	235,92	4954,27		

Окончание таблицы 2.9

Наименование смеси	Обновление					
	песок		ТРА-480		АСЕ-1075	
	%	т/год	%	т/год	%	т/год
Формовочная смесь	6,00	11317,03	1,60	3017,88	0,40	754,47
Стержневая смесь	100,00	4954,27	1,60	79,27	0,40	19,82

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.

Для приготовления формовочной смеси применяются смеситель Т60/S, фирмы IMF с производительностью 50 т/час.

Расчётное количество смесителей модели Т60/S рассчитаем по формуле (2.6):

$$P'_1 = \frac{188617,23 \cdot 1,1}{60 \cdot 3933} = 0,88$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, рассчитывается по формуле (2.7):

$$P'_2 = \frac{0,88}{0,9} = 0,97.$$

Значит, к установке в цехе принимаем один смеситель модели Т60/S.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		59

2.6 Отделение регенерации смеси

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

Оттирка зерен происходит в камере пневматической очистки. Отделенная пленка связующего отсасывается через фильтр. Смесь просеивается через вибрационное сито. Фиксированное контрольное сито предотвращает попадание инородных частиц в охладитель в случае повреждения полотна вибрационного сита. Бункер для сбора смеси, снабженный датчиками максимального и минимального уровня, позволяет поддерживать постоянный уровень смеси в расположенном ниже охладителе. Смесь охлаждается до оптимальной температуры после прохождения через охладитель, снабженный охладительной башней, воздушно-водным теплообменником или группой холодильных установок, в зависимости от условий внешней среды. Термопара, расположенная над разгрузочной решеткой охладителя, контролирует температуру выдачи смеси. Система разгрузки, реализующая сброс смеси по всему сечению, позволяет проконтролировать однородность смеси и отсутствие заторов.

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

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

Для расчета установки регенерации берем объем формовочной смеси на годовую программу за вычетом 5% (просыпи и безвозвратные потери).

Определяется расчетное количество установок регенерации (2.6):

$$P'_{1} = \frac{179635,461,1}{30 \cdot 3933} = 1,72.$$

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис
						т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		бо

По формуле (2.7) рассчитывается количество единиц машин, принимаемое к установке в цехе P'_2 :

$$P'_2 = \frac{1,72}{0,9} = 1,89.$$

К установке в цехе принимаем две установки механической регенерации фирмы IMF .

2.7 Термообрубное отделение

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

Отливки, поступающие из формовочного отделения, попадают на участок отделения литников и прибылей, затем в дробеметную камеру, после очистки отливки помещают в термопечь, затем снова в очистную дробеметную камеру.

Технические характеристики дробеметной установки НРС []:

- высота, мм	4500;
- ширина, мм	7000;
- длина, мм	9500;
- производительность, т/ч	6.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (2.6).

$$P'_{1} = \frac{51541,56 \cdot 1,1}{6 \cdot 3974} = 1,59.$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (2.7):

$$P'_2 = \frac{1,59}{0,9} = 1,75.$$

Принимаем в цехе две дробеметные установки модели PG фирмы Cogeim.

Для термообработки применяются печи электрические камерные с выкатным

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		61

ПОДОМ.

Технические характеристики печи ПВП 20.40.20/10М фирмы «НАКАЛ»:

- размеры печи, мм 11000x5600x3500;
- размеры рабочей камеры, мм 4000x2000x2000;
- температура max, °С 1250;
- производительность, т/час 4
- мощность, кВт 410.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (2.5).

$$P'_{1} = \frac{34541 \cdot 1,1}{4 \cdot 6024} = 1,58.$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (2.6):

$$P'_2 = \frac{1,58}{0,9} = 1,73.$$

Принимаем две печи ПВП 20.40.20/10М фирмы «НАКАЛ».

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		62

3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Общая характеристика литейного цеха

Проектируемый цех предназначен для производства средних отливок с маркой стали 25Л. Для производства отливок применяется разовая песчаная форма на основе ХТС (Alpfa-set процесс) и стержни (β -set процесс).

Цех стального литья представляет собой одноэтажное здание, конфигурация плана которого имеет вид прямоугольной формы. Несущий каркас состоит из металлических (стальных) колонн, установленных на фундаментах и связанных балками и фермами. Применяемые стальные конструкции для несущего каркаса здания обеспечивают более широкие возможности формирования объема здания, упрощают подвеску транспортного и технологического конвейерного оборудования к колоннам и фермам, улучшает интерьер цеха. Шаг колонн по наружной оси составляет 6 метров, по внутренней оси 6 метров. Теплоизоляционные материалы – пенобетон. Цех работает в две смены. Конструкция здания проектируемого литейного цеха соответствует требованиям СНиП II 2.09.02-95 (2001) «Производственные здания промышленных предприятий». При расстановке технологического оборудования соблюдены нормы расстояния от оборудования до стен и колонн. Ширина проездов и проходов соответствует нормам технологического проектирования.

Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к вентиляции помещений, выполняются согласно СНиП 245-91 (2001) «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» и СНиП 2.04.05-91 (2000, с изм. 3 2002) «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В соответствии с нормами пожарной безопасности ФЗ №123 от 22 июля 2008 года цех относится к категории «Б», огнеопасность здания характеризуется II степенью. Для экстренного пожаротушения в цехе предусмотрена система пожарных кранов и щитов с пожарным инвентарем и огнетушителями. Длина

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		б3

шлангов такова, что они перекрывают радиус действия друг друга на 2...3 м, покрывая своей зоной тушения всю территорию цеха.

3.2 Анализ производственных, экологических и техногенных опасностей

При проведении технологического процесса в литейных цехах на всех стадиях обработки материалов возможно появление опасных и вредных производственных факторов.

В соответствии с [11] в цехе можно выделить опасные и вредные производственные факторы, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Опасные и вредные производственные факторы

Наименование технологической операции	Опасный производственный фактор	Вредный производственный фактор
Плавка и заливка металла	Высокая температура расплава (1500...1700 °С)	Тепловое излучение, пары металлов
Выбивка форм	Движущиеся части и механизмы	Пыль формовочной массы, вибрация

3.3 Техника безопасности

3.3.1 Безопасность веществ

Для устранения вредного воздействия веществ на рабочих и окружающую среду предусмотрена вытяжная вентиляция с очисткой механических выбросов. Для защиты органов дыхания работающие используют респираторы типа «Лепесток» ГОСТ 12.4.028-76. Предельно допустимая концентрация вредных веществ представлена в таблице 3.2.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		64

Таблица 3.2 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГН 2.2.5.1313-03

Вредное вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Кварц пылевидный	2	III

3.3.2 Безопасность производственных процессов

Безопасность производственных процессов в литейном производстве достигается соблюдением требований безопасности [12], механизация и автоматизация технологических процессов достигается использованием современных автоматических и механизированных линий. Структура методов необходимых для осуществления безопасности в литейном производстве достигается выполнением требований [13].

Плавильное отделение

В цехе установлены четыре печи ДППТ-10, каждая оборудована вытяжной и приточной вентиляцией. Подача шихтовых материалов механизирована, управление печами в процессе плавки осуществляется дистанционно. Установка электродов, осмотр печи и другие работы, связанные с непосредственным соприкосновением с электродом, осуществляются при отключенном напряжении. Смена электрода осуществляется с помощью грузоподъемного оборудования. Рабочие площадки по периметру печей имеют перила высотой 1,5 метра с глухим металлическим ограждением снизу на высоту 0,2 метра и ограждающую полосу на высоте 500 мм от настила площадки. Пряжки печей оборудованы гидроизоляцией, защищающей от попадания в них воды.

Формовочное отделение

Разработка, организация и выполнение технологических процессов изготовления форм соответствуют [12] и безопасна на всех стадиях хранения, транспортировки, подготовки исходных формовочных материалов. На участке приготовления формовочной смеси установлены вытяжная и приточная

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		65

вентиляции. В формовочном отделении цеха происходит изготовление форм из холоднотвердеющих смесей по системе ALPHA-SET с помощью одного формовочного смесителя фирмы IMF. Использование данной системы позволило улучшить экологическую обстановку литейного цеха (внутреннюю/внешнюю).

Стержневое отделение

В стержневом отделении цеха происходит изготовление стержней из холоднотвердеющих смесей на двух стержневых автоматах модели «PRACTICOR-80» фирмы IMF.

Для изготовления стержней используется β -SET процесс. Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет продувки метилформиатом.

Данная смесь обеспечивает возможность достижения экологически благоприятных условий труда по сравнению с традиционными техническими процессами, этот метод имеет ряд преимуществ:

- сокращение до минимума трудоемких операций и возможность автоматизации;
- снижение затрат на оборудование.

На участках приготовления стержневых смесей установлены вытяжные и приточные вентиляции. Используется система электрической блокировки, защитные ограждения и кожухи, сделанные из металлических уголков и сетки.

Термообрубное отделение

В термообрубном отделении происходят следующие операции: обрубка, очистка, термическая обработка и зачистка отливок. Эти операции сопровождаются образованием шума, пыли, теплового излучения.

Создание благоприятных условий труда обеспечивается следующими мероприятиями:

- заключены в звукоизоляционные кожухи дробеметные барабаны;
- применены автоматы и полуавтоматы для обрезки литников и прибылей, а также зачистки отливок, значительно повышающих культуру производства и

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		66

обеспечивающих трудоемкие и тяжелые работы, снабжены оградительными решетками и вытяжными и приточными вентиляциями.

3.3.3 Безопасность оборудования

Для обеспечения безопасности рабочих и предупреждения травматизма выполняются следующие меры:

- станины машин, корпуса электродвигателей и другие металлические части, которые могут быть под напряжением, заземлены;
- перед включением проверяется заземление оборудования;
- металлический инструмент, применяемый при обслуживании литейной установки, имеет электроизолированные ручки;
- перед началом работы рабочий должен проверить исправность оборудования и убедиться в его работоспособности, а также систем управления;
- температура наружных поверхностей не выше 45 °С;
- для предупреждения вредного воздействия шума предусмотрена облицовка внутренних поверхностей помещений звукопоглощающими материалами на участках разделки, и очистки шихтовых материалов, противозумные наушники и вкладыши.

При разработке технологического процесса руководствоваться требованиями к безопасности оборудования по [14].

3.3.4 Электробезопасность

Электродвигатели и прочие электрические устройства цеха выполняются в соответствии с требованиями [15].

Электроустановки с открытыми токоведущими частями надежно ограждены и расположены в местах недоступных для работающих. Также цех является помещением повышенной электронасыщенности, поэтому проверку изоляции производят не реже одного раза в месяц. Все аварийные кнопки «Стоп» окрашены в ярко-красный цвет и отчетливо выделяются на фоне механизмов.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		67

Для предупреждения поражения электрическим током обеспечивается:

- надежное заземление металлических частей электрооборудования и электроаппаратуры, которые могут оказаться под напряжением;
- надежная изоляция наружной электропроводки от механических и термических повреждений;
- блокировка, обеспечивающая отключение электротока при загрузке и разгрузке электрических печей с открытыми нагревательными элементами сопротивления;
- термоэлектроизоляция ручек плавильного инструмента;
- выполнение «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ)» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок (ПТБ)», утвержденных Госэнергонадзором.

3.4 Промышленная санитария

В цехе все работы относятся к работам средней тяжести (категория 2б). Это работы, связанные с переносом тяжестей до 10 кг, а так же работы, проводимые стоя. Факторами, определяющими действие вредных веществ на организм человека, являются:

- химические свойства вещества (токсичность). В цехе вредными химическими веществами являются оксиды металлов и газы образующиеся при плавке стали (CO, CO₂, N₂, H₂, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, Al₂O₃ и др.);
- дисперсность вещества – чем выше дисперсность, тем больше опасность отравления; наиболее опасны вещества, находящиеся в паро- или газообразном состоянии, в виде дымов или туманов. Опасными являются пылевидный кварц, кварцевый песок;
- концентрация веществ во вдыхаемом воздухе – чем выше концентрация, тем скорее может наступить отравление;
- продолжительность действия вещества;
- комбинированное действие веществ.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		68

3.5 Отопление и вентиляция

В качестве теплоносителя для системы отопления производственных помещений применяется горячая вода с температурой 150 °С. В холодное время подогреваемый воздух через специальные насадки подается к воротам, отсекая воздушные холодные массы.

Для предупреждения повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны и окружающей среды, а также опасности отравления применяют:

- местные отсосы и общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию рабочих и складских помещений, обеспечивающие состояние воздушной среды помещений и рабочих зон согласно [16];
- технические средства улавливания и очистки удаляемого вентиляцией загрязненного воздуха от химических вредных веществ.

Кроме естественной вентиляции, осуществляемой под действием разности температур наружного и внутреннего воздуха и ветра, организованной за счет установки светоаэрационных фонарей под углом 90° к направлению ветров, на крыше здания вентиляцию обеспечивают приточные и вытяжные вентиляционные системы, выполненные в соответствии с [17]. Борьба с пылью, газами, избытком тепла осуществляется путем укрытия или изоляции источников вредных выделений.

Воздух, удаляемый системами вентиляции, очищается перед выбросом в атмосферу с помощью скрубберов, циклонов и электрофильтров чтобы не было концентрации вредных веществ, превышающей санитарные нормы. В воздухе, поступающем внутрь производственных помещений, концентрация вредных веществ не должна превышать 0,3 ПДК для рабочей зоны этих помещений.

3.6 Освещение

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		69

Нормы освещенности рабочих мест регламентируются [18] «Естественное и искусственное освещение», которое обеспечивает на рабочих местах равномерную яркость, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности во времени и правильности направления светового потока. Зрительные работы в цехе относятся к работам средней точности, что соответствует IV разряду зрительной работы.

3.7 Вибрация

Фактическая величина вибрации на рабочих местах поддерживается ниже допустимого уровня за счет проведения технических мероприятий двух направлений: воздействие на источник вибрации и снижение вибрации на пути ее возникновения. Гигиенические нормы вибрации приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5– Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскоростей (дБ) в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						
	2	4	8	16	31,5	63	125
Транспортно-технологическая	117	108	102	101	101	101	–
Локальная	–	–	115	109	109	109	109

3.8 Шум

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания, быстроты реакции и увеличения числа ошибок при выполнении работ. Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены [19] и представлены в таблице 3.6.

Защита от вредного воздействия шума достигается рациональной планировкой и размещением оборудования в цехе. Рабочие используют средства

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		70

индивидуальной защиты – наушники. В помещении с высоким уровнем шума применяются объемные звукопоглотители, подвешиваемые к потолку.

Таблица 3.6 – Допустимые уровни звука в литейном цехе

Рабочие места	Уровни звукового давления дБ в октавных полосах, Гц									Уровни звука, дБ
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения управления, рабочие комнаты	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Постоянные рабочие места	110	99	92	86	83	80	78	76	74	85

3.9 Пожаровзрывобезопасность

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

Обеспечение пожарной безопасности промышленных предприятий достигается соблюдением требований регламентированных [20].

При проектировании производственных зданий в обязательном порядке предусматриваются пути эвакуации выхода людей во время пожара. В соответствии с требованиями СНиП 2.01.02-85 эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в здании цеха в течении необходимого времени эвакуации. Для тушения пожара используют огнетушители, пожарные краны, песок, пожарные багры, ведра и оборудованные щиты.

Основным преимуществом предотвращения взрывов является строгое соблюдение нормативных параметров технологических процессов, что исключает возможность образования взрывоопасных систем.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		71

Взрывопредупреждение достигается предотвращением появления источника взрыва (открытого пламени, электрического разряда, искры и так далее). Для этого необходимо строго соблюдать регламент огневых работ, режим нагрева оборудования, использовать инструмент не образующий искры, взрывозащитное оборудование.

В производственном процессе литейного цеха используют разнообразные сосуды, работающие под давлением: баллоны для перевозки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов, цистерны и бочки для перевозки сжиженных газов под давлением, цистерны для перевозки и хранения газа, жидкостей и сыпучих материалов без давления, но опорожняемых под давлением. Неправильная эксплуатация сосуда, работающего под давлением, может привести к взрыву. Порядок работы с сосудами под давлением регламентирован «Правилами устройства и безопасности эксплуатации сосудов под давлением».

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		72

4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Данный раздел дипломного проекта посвящен оценке эффективности работы проектируемого цеха стального литья на годовой выпуск 34000 годного литья с точки зрения целесообразности его открытия.

Технико-экономического обоснования проекта производится на основе материалов преддипломной практики.

4.1 Состав и стоимость машин и оборудования

Таблица 4.1 - Состав и стоимость машин и оборудования

Машины и оборудование		Количество машин данной марки	Стоимость 1 шт., тыс. руб.	Стоимость всех машин данной марки, млн. руб.
Наименование	Марка			
Линия формовочная	FAST-LOOP	1	76000,000	76,000
Печь плавильная	ДППТ-10	4	9000,000	36,000
Установка подогрева ковшей		2	450,000	0,900
Установка пневмотранспорта		1	350,000	0,350
Установка подготовки песка		1	1800,000	1,800
Смеситель формовочной смеси	TS	1	480,000	0,480
Установка регенерации	IMF	2	790,000	1,580
Автомат стержневой	PRACTICOR	2	4500,000	9,000
Печь термическая	ПВП 20.40.20	2	470,000	0,940
Установка дробеметная	PG	4	680,000	2,720
Тележка передаточная	10 т	2	80,000	0,160
Кран мостовой	10 т	5	780,000	3,900
Кран мостовой	20 т	7	1200,000	8,400
Итого				142,230

В проектируемом цехе стоимость машин и оборудования составила 142,230 млн. руб.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		73

4.2 Структура основных фондов

Таблица 4.2 – Структура основных фондов

Наименование основных фондов цеха.	Стоимость основных фондов, млн. руб.	Содержание от общей суммы фондов. %	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления. млн. руб.
1.Здания	280,000	61,205	1,200	3,360
2.Сооружения	5,000	1,093	8,500	0,425
3.Передаточное устройство	20,000	4,372	4,200	0,840
4.Машины и оборудование:	0,000	0,000		0,000
-силовые машины	1,400	0,306	6,400	0,090
-рабочие машины	142,230	31,090	8,300	11,805
-измерительные приборы	0,400	0,087	7,000	0,028
-вычислительная техника	0,400	0,087	12,000	0,048
5.Транспортные средства	0,250	0,055	4,200	0,011
6.Инструмент	0,200	0,044	20,000	0,040
7.Производственный инвентарь	3,800	0,831	9,100	0,346
8.Хозяйственный инвентарь	3,800	0,831	9,100	0,346
Всего	457,480	100,000		17,338

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		74

В проектируемом цехе годовые амортизационные отчисления составили 17,338 млн. руб.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		75

4.3 Потребность в оборотных средствах

Таблица 4.3 – Потребность в оборотных средствах

Наименование оборотных средств	Ед. изм.	Норма расходов на 1т. годного литья	Цена за единицу, руб.	Годовая потребность	
				в тоннах	в млн. руб.
Основные материалы					
1. Возврат	т	0,540	8000,000	18351,067	146,809
3. Лом А19	т	0,796	7000,000	27067,145	189,470
5. Чугун предельный П1	т	0,226	19800,000	7671,867	151,903
6. Ферросилиций ФС75	т	0,008	29000,000	284,963	8,264
7. Ферромарганец ФМн75	т	0,018	63000,000	595,292	37,503
Итого		1,587		53970,333	533,949
Вспомогательные материалы					
1. Смесь оборотная	т	5,215	400,000	177300,000	70,920
2. Песок 2К ₂ О ₂ 02	т	0,479	180,000	16271,000	2,929
4. Смола	т	0,091	45000,000	3097,000	139,365
5. Отвердитель	т	0,023	60000,000	774,000	46,440
7. Огнеупоры	т	0,400	8000,000	13600,000	108,800
Итого		6,207		33742,000	368,454
Топливо и энергия для технологических нужд					
1. Эл. энергия	кВ/ч	4200,000	4,200	142800000,000	599,760
2. Вода	м ³	15,000	14,000	510000,000	7,140
Итого				143310000,000	606,900
Топливо и энергия для хозяйственных нужд					
1. Эл. энергия	кВ/ч	60,000	4,200	2040000,000	8,568
2. Питьевая вода	м ³	15,500	16,000	527000,000	8,432
Итого				2567000,000	17,000
Всего					1526,303

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		76

Продолжение таблицы 4.3

Наименование оборотных средств	Ед. изм.	Норма расходов на 1т. годного литья	Цена за единицу, руб.	Годовая потребность	
				в тыс. руб.	в млн. руб.
Возвратные отходы					
1. Обратная формовочная смесь	т	8,000	400,000	272000,000	108,800
2. Возврат	т	0,540	8000,000	18351,067	146,809
3. Вода	м ³	10,000	14,000	340000,000	4,760
Итого				630351,067	260,369

Годовая потребность в оборотных средствах за вычетом возвратных отходов составила 1265,934 млн. руб.

4.4 Баланс использования времени одного производственного рабочего

Таблица 4.4 – Баланс использования времени одного производственного рабочего

Элементы баланса	Дни	Часы
Календарное время	365	2920
Выходные и праздничные дни (если цех не работает)	112	896
Номинальное время	253	2024
Потери рабочего времени:		0
– очередной отпуск;	28	224
– болезнь;	8	64
– выполнение государственных и общественных обязанностей;	3	24
– прочие	2	16
Эффективное время	212	1696

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		77

4.5 Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих проектируемого цеха

Таблица 4.5 – Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих проектируемого цеха

Профессия рабочего	Кол. работающих	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб.	Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.			
			прямой	начисления на прямую заработную плату	общий	общий с учетом СВ 30,2%
Основные рабочие						
Шихтовщик	4	110,00	746,240	373,120	1119,360	1457,407
Плавильщик	8	120,00	1628,160	814,080	2442,240	3179,796
Помощник плавильщика	8	90,00	1221,120	610,560	1831,680	2384,847
Заливщик	2	100,00	339,200	169,600	508,800	662,458
Оператор формовочной машины	2	100,00	339,200	169,600	508,800	662,458
Проставщик стержней	2	95,00	322,240	161,120	483,360	629,335
Оператор стержневой машины	4	100,00	678,400	339,200	1017,600	1324,915
Стерженщик	4	95,00	644,480	322,240	966,720	1258,669
Оператор смесителя	2	100,00	339,200	169,600	508,800	662,458
Оператор установки регенерации	2	100,00	339,200	169,600	508,800	662,458
Обрубщик	8	120,00	1628,160	814,080	2442,240	3179,796
Маляр	4	110,00	746,240	373,120	1119,360	1457,407
Итого	46				13457,76	17522,004
Вспомогательные рабочие. Занятые обслуживанием оборудования						
Наладчик	6	90,00	915,840	457,920	1373,760	1788,636
Электрик	6	90,00	915,840	457,920	1373,760	1788,636
Электромонтер	6	90,00	915,840	457,920	1373,760	1788,636
Слесарь	6	90,00	915,840	457,920	1373,760	1788,636
Итого	24				5495,040	7154,542

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		78

Продолжение таблицы 5.5

Профессия рабочего	Кол. работающих их	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб.	Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.			
			прямой	начисления на прямую заработную плату	общий	общий с учетом СВ 30,2%
Незанятые обслуживание оборудования						
Кладовщик	2	65,00	220,480	110,240	330,720	430,597
Итого	2				330,720	430,597
Всего	72				19283,52	25107,143

Начисления на прямую заработную плату составляют 50%, из них 15% уральские, 5% вредность, 30% премия.

Среднесписочная численность рабочих в цехе составляет 72 человека. Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ всех рабочих базового цеха составляет 25,107 млн. руб.

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

Таблица 4.6 – Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы остальных работников проектируемого цеха

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб. 50%	Общий годовой фонд заработной платы, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ, 30,2%, тыс. руб.
Руководители					
Начальник цеха	1	50000	25000,000	900,000	1171,800
Зам начальника	2	30000	15000,000	1080,000	1406,160
Мастер	8	25000	12500,000	3600,000	4687,200
Главный технолог	1	30000	15000,000	540,000	703,080
Главный конструктор	1	30000	15000,000	540,000	703,080
Итого	13			6660,000	8671,320
Специалисты					
Бухгалтер	4	20000	10000,000	1440,000	1874,880

Продолжение таблицы 4.6

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб. 50%	Общий годовой фонд заработной платы, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ, 30,2%, тыс. руб.
Инженер	4	18000	9000,000	1296,000	1687,392
Технолог	4	18000	9000,000	1296,000	1687,392
Конструктор	4	18000	9000,000	1296,000	1687,392
Итого	16			5328,000	6937,056
Служащие					
Контролер	4	14000	7000,000	1008,000	1312,416
Секретарь	1	9000	4500,000	162,000	210,924
Итого	5			1170,000	1523,340
Младший обслуживающий персонал					
Дворник	4	7000	3500,000	504,000	656,208
Уборщица	4	6500	3250,000	468,000	609,336
Итого	8			972,000	1265,544
Всего	42			14130,000	18397,260

Начисления на оклад составляют 50%.

Среднесписочная численность всех работающих в проектируемом цехе составляет 42 человек. Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ всех работающих проектируемого цеха составляет 43,54 (25,107+18,397) млн. руб.

4.7 Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы

Таблица 4.7 – Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы

Категория работающих	Кол. работающих	Среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы, млн. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ 30,2%, млн. руб.
Основные рабочие	46	31,743	13,458	17,522

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	Лист 80
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		

Продолжение таблицы 4.7

Категория работающих	Кол. работающих	Среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы, млн. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ 30,2%,млн. руб.
Вспомогательные рабочие:				
– занятые обслуживанием оборудования;	24	24,842	5,495	7,155
– незанятые обслуживанием оборудования	2	17,942	0,331	0,431
Руководители	13	55,585	6,660	8,671
Специалисты	16	36,131	5,328	6,937
Служащие	5	25,389	1,170	1,523
Младший обслуживающий персонал	8	13,183	0,972	1,266
Итого	114		33,414	43,504

4.8 Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха

Таблица 4.8 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс. руб.	Примечание
1. Амортизация машин и оборудования, транспортных средств, инструмента	11855,590	Данные из таблицы 4.2
2. Вспомогательные материалы для ухода за оборудованием (смазочные и др.)	75,000	Принимается по действующим нормам на предприятии

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		81

3. Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ рабочих, занятых обслуживанием оборудования (слесари, электрики, смазчики и т.д.)

24676,546

Данные из таблицы 4.7

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		82

Продолжение таблицы 4.8

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс. руб.	Примечание
4. Текущий ремонт оборудования и транспортных средств, инструмента	30,000	Принимается по действующим нормам на предприятии
Итого	36637,136	

Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования проектного цеха составила 36,637 млн. руб.

4.9 Смета цеховых расходов

Таблица 4.9 – Смета цеховых расходов

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс. руб.	Примечание
1. Амортизация зданий, сооружений, передаточных устройств, производственного и хозяйственного инвентаря цеха	5316,600	Данные из таблицы 4.2
2. Вспомогательные материалы на хозяйственно-бытовые нужды цеха	75,000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
3. Топливо и энергия (вода) на хозяйственно-бытовые нужды цеха	1526,303	Данные из таблицы 4.3
4. Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ руководителей, специалистов и служащих, младшего обслуживающего персонала, а также вспомогательных рабочих, не занятых обслуживанием оборудования	50658,945	Данные из таблицы 4.5, 4.6
5. Текущий ремонт зданий, сооружений, передаточных устройств, производственного и хозяйственного инвентаря цеха	75,000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
6. Прочие расходы (охрана труда, рационализация, изобретательство и т.д.)	100,000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого	57751,848	

Цеховые расходы проектируемого цеха составили 57,751 млн. руб.

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		83

4.10 Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья

Таблица 4.10 – Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья

Калькуляционные статьи затрат	На годовую программу, млн. руб.	На одну тонну годного литья, тыс. руб.	Примечание
1. Основные и вспомогательные материалы на технологические цели	902,403	26,541	Данные из таблицы 4.3
2. Топливо и энергия на технологические цели	606,900	17,850	
3. Возвратные отходы оборотных средств	-260,369	-7,658	
4. Общая заработная плата основных рабочих с учетом СВ	17,522	0,515	Данные из таб. 4.7
5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	36,637	1,078	Данные из таб. 4.8
6. Цеховые расходы	57,752	1,699	Данные из таб. 4.9
7. Потери от брака	5,000	0,147	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого цеховая себестоимость	1365,845	40,172	
8. Общехозяйственные расходы (доля расходов по управлению и обслуживанию на предприятии, приходящаяся на данный цех)	2,000	0,059	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого производственная себестоимость	1367,845	40,231	
9. Внепроизводственные расходы (доля коммерческих расходов предприятия, приходящаяся на данный цех)	4,000	0,118	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого полная себестоимость	1371,845	40,348	

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		84

Полная себестоимость 1 т. годного литья в проектно цехе составила 40,348 тыс. руб.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		85

4.11 Техничко-экономические показателей работы литейного цеха

Таблица 4.11 - Техничко-экономические показателей работы литейного цеха

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Годовой объем производства годного литья	т.	Q	34000
Потери от брака	%	$ПБ = \frac{mБ}{Q + mБ} \times 100\%$	3,00
Общая площадь цеха	м ²	S	10560
Съем литья с 1 м общей площади	т/м ²	CS = Q / S	3,220
Балансовая стоимость основных производственных фондов	млн. руб.	ФБ	457,480
Активная часть основных производственных фондов	%	$АЧ = \frac{\Phi_3}{\Phi_Б} \times 100\%$	31,19
Фондоотдача	руб./руб.	$\Phi_О = \frac{Q \times Ц}{\Phi_Б}$	3,00
Фондоемкость продукции	руб./руб.	ФЕ=1/ФО	0,33
Стоимость оборотных фондов (оборотные средства)	млн. руб.	ОС	1526,303
Материалоотдача	руб./руб.	$МО = \frac{Q \times Ц}{ОС}$	0,90
Материалоемкость продукции	руб./руб.	МЕ = 1/МО	1,11
Расход основных материалов на 1 т годного литья	т.	РОМ	1,587
Численность: – работающих;	чел.	Ч	114
– рабочих		ЧР	72

					ДП.22.03.02.903 ПЗ	лис т
						86
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		

Производительность труда одного работающего	т/чел.	ПТ = Q/Ч	298,246
--	--------	----------	---------

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
						87
<i>Изм</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат а</i>		

Продолжение таблицы 4.11

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Производительность труда одного рабочего	т/чел.	$ПТР = Q/ЧР$	472,222
Трудоемкость продукции	(чел.*ч)/т.	$ТЕ = \frac{ЧР \times ЭВ}{Q}$	3,592
Общий годовой фонд заработной платы работающих	млн. руб.	ФЗП	33,414
Среднемесячная заработная плата одного работающего	тыс. руб.	ЗП	24,425
Полная себестоимость 1 т годного литья	тыс. руб.	С	40,348
Цена 1 т годного литья	тыс. руб.	Ц	55,000
Прибыль на 1 т литья	тыс. руб.	$П = Ц - С$	14,652
Прибыль на годовой выпуск	млн. руб.	$ПО = П \times Q$	498,155
Рентабельность продукции	%	$R_{П} = \frac{П}{С} \times 100\%$	36,31
Рентабельность по фондам	%	$R_{Ф} = \frac{П \times Q}{Ф_{Б} + ОС} \times 100\%$	25,11
Затраты на 1 руб. Продукции	руб./руб.	$Z = С/Ц$	0,73
Капиталовложения	млн. руб.	К	2029,531
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	$T = K/П_0$	4
Коэффициент эффективности капитальных вложений	1/год	$E = 1/T$	0,25

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработан литейный цех по изготовлению отливок из стали с производительностью 34000 тонн.

Для изготовления литейной формы и стержней применяется ALPHA-SET процесс и оборудование фирмы IMF. Это дает возможность получения стержней и отливок высокой точности и с качественной поверхностью, автоматизации процесса, повышения производительности и уменьшения затрат в литейном производстве. Готовые отливки проходят обязательный контроль. Отработанная смесь проходит соответствующую обработку и возвращается в технологический процесс. Для осуществления всех операций технологического процесса было выбрано и рассчитано оптимальное количество оборудования и сделана планировка цеха с указанием всех технологических потоков.

Применение новых агрегатов и материалов в технологическом процессе позволили значительно снизить высокий процент брака, характерный для производства стального литья, и капитальные затраты на оборотные материалы. Специализация цеха на производстве среднего литья для нового металлургического оборудования повлияли на срок окупаемости предложенного проекта и не высокую рентабельность продукции. Поэтому такие цеха, в основном, входят в состав крупных заводов тяжёлого машиностроения, которые могут обеспечить повышенные капитальные затраты с не высоким уровнем капиталотодачи.

Спроектированный цех стального литья отвечает всем требованиям строительным и санитарным нормам и правилам. Проведён комплекс работ по обеспечению безопасности труда персонала цеха, а также снижению вредного воздействия производства и его отходов на окружающую среду.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		89

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: Учебник/ Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.
2. ГОСТ 3212-92. Название: Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
3. ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
4. Теория литейных процессов: учебное пособие /Л. Г. Знаменский, В. К. Дубровин, Б. А. Кулаков, В. И. Швецов.- Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999.-163 с.
5. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: Учебное пособие/ В.И. Швабауэр. - Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 68с.
6. Кулаков, Б.А. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 144 с.
7. ГОСТ 977-88 Отливки стальные.
8. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: Учебное пособие / В.И. Швабауэр. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 68 с.
9. <http://www.imf-moscow.ru/equipment/fast loop.html>
10. <http://www.cst-prom.ru/drobemetnie-ustanovki-periodicheskogo-deystviya/>
11. Классификация. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.
12. ГОСТ 12.3.027-81. Система стандартов безопасности труда. Работы литейные. Требования безопасности.
13. ГОСТ 12.2.093-83 Система стандартов безопасности труда. Автоматизированные комплексы оборудования для литейного производства.
14. ГОСТ 12.2.003-91, Система стандартов безопасности труда.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		90

Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

15. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда.

Электробезопасность.

16. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.005-88.

17. СНиП 2.04.05—91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Введен 01.01.1992. Утвержден Госстрой СССР.

18. СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение». Введен 2.08.95.

19. СН 2.2.4/2.1.8 562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Введен 31.10. 96.

20. Производственные здания. СНиП2.09.02-85*.

					<i>ДП.22.03.02.903 ПЗ</i>	лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		91