

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет) »  
Факультет «Заочный»  
Кафедра «Литейное производство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
д. т. н. профессор  
/Б. А. Кулаков  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
СТАЛЬНОЙ ОТЛИВКИ «КРЫШКА»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.03.02.2020.537.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
доцент, к.т.н.  
А.В. Карпинский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Руководитель проекта  
доцент, к.т.н.  
О.В. Ивочкина  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Автор проекта  
студент группы  
П-537  
Р.С. Бикмухаметова  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

## АННОТАЦИЯ

Бикмухаметова Р.С. Литейные технологии производства стальной отливки «Крышка». – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-537, 2020, 95 с., библиогр. список – 17 наим., 5 листов чертежей ф. А1

В выпускной квалификационной работе разработан технологический процесс изготовления отливки «Крышка» из стали 20ГЛ в соответствии с ГОСТ 977-88 по технологии ХТС.

Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей, дано описание технологии сборки и заливки формы, выбивки и очистки отливки.

В проектно-технологической части спроектированы формовочный и плавильный участки цеха стального литья с годовым объемом производства 20000 тонн годного литья.

Разработаны основные производственные участки литейного цеха. Подобраны оптимальные виды оборудования для формовочного и плавильного участков цеха. Рассчитано количество оборудования для выполнения производственной программы.

Специальная часть работы посвящена применению дуговых печей постоянного тока при производстве стальных отливок.

В части безопасности жизнедеятельности проработаны вопросы безопасной работы литейного цеха.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Бикмухаметова Р.С.</i>			<i>Литейные технологии производства стальной отливки «Крышка»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Ивачкина О.В.</i>				<i>Д</i>	<i>95</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>				<i>Кафедра ЛП</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Килаков Б.А.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
2.1 Технология изготовления отливки «Крышка».....	13
2.2 Материал отливки и его свойства.....	14
2.3 Анализ технологичности изготовления детали.....	16
2.4 Выбор положения отливки в форме и определение поверхности разъема.....	17
2.5 Определение припусков на механическую обработку.....	19
2.6 Определение формовочных уклонов.....	20
2.7 Определение количества и конструкции стержней.....	21
2.8 Разработка конструкции и расчет литниковой системы.....	22
2.9 Термическая обработка	
2.9.1 Нормализация .....	27
2.9.2 Закалка.....	28
2.9.3 Высокий отпуск.....	29
2.9.4 Режим термообработки.....	30
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ	
3.1 Производственная программа.....	31
3.2 Структура литейного цеха .....	32
3.3 Режим работы и фонды времени .....	33
3.4 Плавильный участок.....	34
3.4.1 Составление баланса металла.....	38
3.4.2 Ведомость расхода шихтовых материалов.....	39
3.4.3 Технология и оборудование для выплавки стали .....	39
3.4.4 Расчет потребности в ковшах.....	41
3.5 Формовочно-заливочно-выбивной участок.....	43
3.5.1 Определение числа автоматических линий.....	52
3.6 Внутрицеховые лаборатории.....	55
3.7 Вспомогательные участка и участки цеха.....	56
3.8 Внутрицеховой транспорт.....	56

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

4	СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «ПРИМЕНЕНИЕ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК»	
4.1	Рекомендации к выбору плавильных агрегатов сталелитейного производства.....	58
4.2	Электродуговые печи постоянного тока.....	60
4.3	Технические особенности плавки металла в ДППТ.....	64
4.4	Выплавка стали 20ГЛ.....	66
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1	Общая характеристика литейного цеха.....	70
5.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	71
5.2.1	Загрязнение воздуха рабочей зоны.....	73
5.2.2	Микроклимат на рабочих местах.....	75
5.2.3	Шум.....	77
5.2.4	Вибрация.....	78
5.2.5	Освещение.....	80
5.3	Безопасность производственных процессов и оборудования.....	81
5.3.1	Электробезопасность.....	85
5.3.2	Пожаровзрывобезопасность.....	86
5.4	Охрана природной среды.....	87
5.4.1	Очистка выбросов в атмосферу.....	88
5.4.2	Очистка производственных сточных вод.....	88
5.4.3	Обезвреживание и утилизация отходов.....	89
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	92
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАСЧЕТ ШИХТЫ.....	94

## ВВЕДЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы является подбор оптимальных литейных технологий производства стальной отливки «Крышка».

Для этого необходимо рассчитать и подобрать потребное количество оборудования исходя из современных тенденций в области литейного производства; компоновка данного оборудования на производственной площади.

В проектируемом цехе будут получать отливки из стали 20ГЛ ГОСТ 977-88.

Литье является наиболее распространенным способом производства заготовок для деталей машин. Широкое распространение литейного производства объясняется большими его преимуществами по сравнению с другими способами производства заготовок (ковкой, штамповкой). Производство литых заготовок дешевле, чем производство поковок или резанием сложных контуров из болванки. Литьем можно получить заготовки практически любой сложности с минимальными припусками на обработку. Примерно около 70 % заготовок (по массе) получают литьем, а в некоторых отраслях машиностроения, например, в станкостроении, 90...95 %.

Литейное производство, являясь заготовительной базой для ряда отраслей, оказывает большое влияние на качественные показатели и надежность современных машин и оборудования.

Цех спланирован в одном одноэтажном здании с замкнутым производственным циклом. В здании находятся основные производственные и вспомогательные отделения и участки. Все участки и отделения связаны системой технологического транспорта и грузоперемещения. Спроектированы производственные помещения, оснащённые высокопроизводительным технологическим оборудованием, отвечающим всем нормам по охране труда и промышленной безопасности.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Мировое сообщество признает:

- литье позволило человеку производить машины, поезда, самолеты и т.д.;
- литье остается базовой основополагающей отраслью, необходимой для производства любых машин;
- общество не может развиваться быстрыми темпами без силы, изобретательности и выносливости литейщика;
- с давних (доисторических) пор литейщики были и будут уважаемыми и нужными людьми в любом обществе.

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

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

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		7

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

Основная масса литейных заводов и цехов являются акционерными обществами. В литейном производстве машиностроения и металлургии (по экспертной оценке) занято около 300 тыс. человек, в том числе 90 % рабочих, 9,8 % инженерных и 0,2 % научных работников. Выпуск отливок на одного работающего в 2010 г. составил около 13,3 тонн в год. Динамика изменения производства отливок с 1985 г. приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Динамика изменения производства отливок с 1985 г

Года	1985	1990	2000	2005	2008	2009	2010
Выпуск отливок, млн. т	18,50	13,40	4,85	7,60	7,00	4,20	3,90
В том числе из:							
чугуна	12,90	9,30	3,50	5,20	5,10	3,00	2,90
стали	3,10	3,24	0,96	1,30	1,00	0,70	0,60
цветных сплавов	2,50	0,86	0,39	1,10	0,90	0,50	0,40

В настоящее время производство отливок по технологическим процессам распределяется (по экспертной оценке 2010 г.) следующим образом (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Производство отливок по технологическим процессам

Способ изготовления	Доля использования, %
1. Литье в сырые песчано-глинистые формы	46,0
2. Литье в разовые формы из ХТС	32,0
3. Литье в кокиль	5,0
4. Литье под давлением	8,0
5. Центробежное литье	5,0
6. Литье в оболочковые формы	0,5
7. Литье по выплавляемым моделям	1,5
8. Литье по газифицируемым моделям	0,8
9. Непрерывное литье	0,8
10. Другие технологии литья	0,4

Степень механизации и автоматизации литейного производства России оценивается производством отливок на различном оборудовании (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Производство отливок по степени механизации

Тип оборудования	Производство отливок, %
на автоматических линиях	22
на полуавтоматических и механизированных линиях	66
вручную	12

В настоящее время в России имеется три завода, которые производят литейное оборудование: ОАО «Сиблитмаш», ОАО «Амурлитмаш», ОАО «Литмапшрибор», г. Усмань. В ближайшие 5 лет не планируется создание новых заводов для производства оборудования для литейного производства. Упомянутые 3 завода расширили номенклатуру выпускаемого оборудования. Однако они не удовлетворяют потребности литейных цехов и заводов. В России не производится следующее оборудование:

- автоматические и механизированные линии для изготовления безопочных форм из песчано-глинистых и холоднотвердеющих смесей;
- машины для изготовления литейных стержней по горячей и холодной оснастке;
- оборудование для покраски литейных форм;
- кокильные машины;
- машины для литья под низким давлением;
- машины для центробежного литья;
- индукционные печи средней частоты емкостью более 6 тонн для выплавки чугуна и стали;
- смесители периодического и непрерывного действия для приготовления холоднотвердеющих смесей производительностью более 10 т/ч;
- оборудование для регенерации холоднотвердеющих смесей.

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

Реконструкция литейных цехов осуществляется на базе новых экологически чистых технологических процессов и материалов, прогрессивного оборудования, обеспечивающих получение высококачественных отливок, отвечающих мировым стандартам. В реконструированных цехах около 70 % установлено импортное оборудование.

Плавка и выпечная обработка литейных сплавов является первичным и ответственным технологическим переделом, который обеспечивает литейные, прочностные и эксплуатационные характеристики сплава.

Для получения чугуна и стали перспективными являются технологические процессы плавки в индукционных и дуговых электропечах, которые стабильно обеспечивают заданный химический состав и температуру нагрева расплава для проведения эффективной выпечной обработки.

Перспективным материалом для ответственных отливок является высокопрочный чугун с шаровидной формой графита. В последние годы выпуск отливок из ВЧ вырос на 12 % за счет снижения производства отливок из серого и специальных видов чугуна и стали.

Для выплавки чугуна наиболее технологически гибкими являются индукционные тигельные печи средней частоты. К сожалению, в последние годы не ведутся работ по совершенствованию технологии ваграночной плавки чугуна,

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

которая в ряде случаев незаменима в условиях массового производства ограниченного количества марок чугуна. Нет, и ранее не было, в России серийного производства вагранок. В связи с этим все работающие вагранки изготовлены кустарным способом без подогрева дутья и качественной очистки отходящих газов от пыли и вредных составляющих. Газовые вагранки не нашли должного распространения в нашей стране вследствие отсутствия ее надежной конструкции и применяются лишь для получения низких марок чугуна.

В отечественном литейном производстве наметилась ошибочная тенденция применения в качестве шихты некачественного дешевого лома с целью снижения себестоимости отливок. Однако такой подход, наоборот, в ряде случаев приводит к повышению себестоимости литья за счет увеличения брака, применения дополнительных технологических приемов для обеспечения требуемого качества отливок по заданной микроструктуре, механическим свойствам, химическому составу.

Развитие процессов изготовления литейных форм на базе песчаных и песчано-глинистых смесей идет по нескольким направлениям. Основными из них являются методы динамического уплотнения, усовершенствование процессов изготовления опочных и безопочных форм из ХТС на базе современных связующих материалов и стабилизаторов, вакуумно-пленочная формовка, литье по газифицируемым моделям и др.

Основными методами динамического уплотнения являются: пескодувно-прессовый процесс, воздушно-импульсный низкого давления, Сейатцу-процесс, высокоскоростное дифференциальное прессование и их сочетания.

Формовочные машины в России изготавливает ОАО «Сиблитмаш», ОАО «Литмашприбор», г. Усмань, в Беларуси – институт «БЕЛНИИЛИТ». Зарубежное формовочное оборудование закупается у фирм: «Диса» (Дания), «ХВС», «Кюнкель Вагнер» (Германия), «Савели» (Италия) и др.

Прогрессивным является технологический процесс изготовления опочных и безопочных форм и стержней на базе холоднотвердеющих смесей [1].

В настоящее время эти процессы развиваются в следующих направлениях: Колд-бокс-амин-процесс на базе фенольно-изоцианатного связующего с продувкой

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		11

триэтиламино, триметиламино, диметилэтиламино; резол-СО<sub>2</sub>-процесс на базе фенольной смолы типа «Экофен» с продувкой углекислым газом; альфа-сет-процесс на базе щелочной смолы фенольного класса отвердителей на основе смеси органических эфиров; бета-сет-процесс на базе фенольной щелочной смолы и продувкой газообразным метилформиатом.

Для освоения технологии изготовления форм и стержней из ХТС требуется следующее оборудование: смесители, вибростолы, кантователи, протяжные устройства, оборудование для покраски и сушки, газогенераторы, нейтрализаторы, оборудование для выбивки форм и очистки отливок. После выбивки смеси целесообразно регенерировать с применением механических, термических или смешанных методов регенерации с возвратом в производство до 90 % песка,

Большинство из перечисленного оборудования закупается у зарубежных фирм: IMF (Италия), «LAEMPE» (Германия), «Лораменди» (Испания), «Омега» (Англия),

Для развития процессов изготовления форм и стержней из ХТС выпускается достаточный перечень связующих материалов и отвердителей предприятиями: ПО «Карбохим», г. Дзержинск, ООО «Уралхимпласт-Кавенаги», ЗАО «Силикат», г. Елабуга. Наряду с этим ряд предприятий применяют материалы зарубежных фирм: «Фосеко» (Англия), «Диней» (Дания), OY LUX AB (Финляндия) и др.

Серьезной проблемой литейного производства остается экология, так как при производстве 1 тонны отливок из черных и цветных сплавов выделяется около 50 кг пыли, 250 кг монооксида углерода, 1,5...2,0 кг диоксида серы, 1 кг углеводородов.

Следует отметить положительную деятельность Российской ассоциации литейщиков (РАЛ), которая ведет техническую, организационную и информационную деятельность. РАЛ организывает и проводит съезды, конференции, выставки, семинары, издает и распространяет журнал «Литейщик России». РАЛ объединяет и консолидирует деятельность литейщиков России посредством 46 региональных отделений и научно-технических комитетов, которые возглавляют ведущие ученые и специалисты-литейщики, оказывает научно-техническую помощь заводам по реконструкции старых и строительстве новых литейных производств [2].

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

## 2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

### 2.1 Технология изготовления отливки «Крышка»

Изготовление отливки «Крышка» с заданными линейными размерами, конфигурацией, физико-механическими свойствами (прочность, твердость, плотность, структура и т.п.), шероховатостью поверхности и другими требованиями может осуществляться различными методами. При этом могут быть использованы различные типы и конструкции форм, конструктивные и технологические решения по отдельным элементам формы (стержням, литниковой системе, прибылям и т.п.), разнообразные технологические процессы на всех этапах изготовления отливки (приготовление формовочных и стержневых смесей, плавка и разливка металла, изготовление форм, обрубка, очистка и термообработка отливок и т.п.). Поэтому в конкретных условиях производства разрабатывается оптимальный технологический процесс, обеспечивающий стабильное выполнение требований чертежа и технических условий на деталь и отливку при минимальных затратах труда и материальных средств.

Технические требования для отливки «Крышка» следующие:

1. формовочные уклоны по ГОСТ Р53465-2009;
2. неуказанные литейные радиусы 3...5 мм;
3. неуказанные предельные отклонения размеров отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm IT14/2$ ;
4. точность отливки 12-8-18-12 по ГОСТ Р53464-2009;
5. литейная усадка 1,8 %.

На рисунке 2.1 представлен эскиз детали «Крышка», на рисунке 2.2 показана 3D-модель детали «Крышка».

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

## 2.2 Материал отливки и его свойства

Отливка «Крышка» изготавливается из стали марки 20ГЛ.

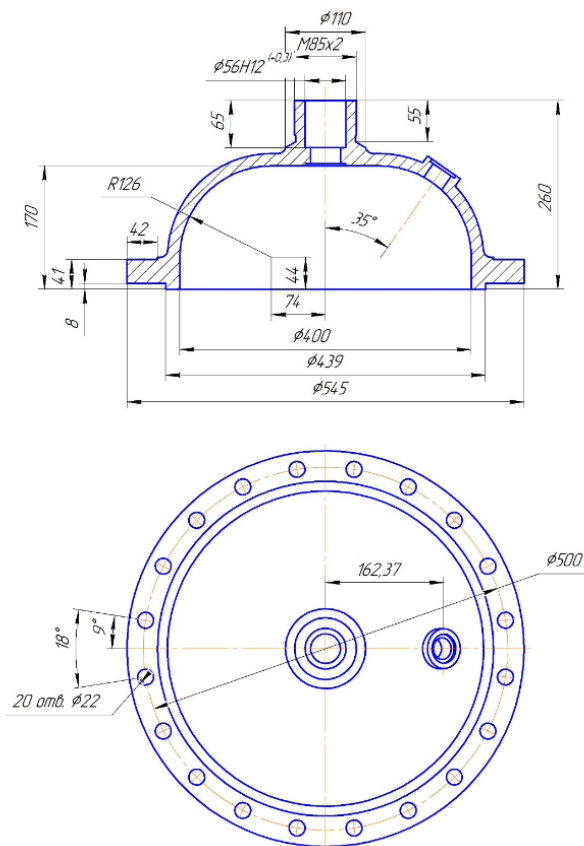


Рисунок 2.1 – Эскиз детали «Крышка»



Рисунок 2.2 – 3D-модель детали «Крышка»

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

14

Сталь 20ГЛ – это сталь для отливок обыкновенная, легированная марганцем (Г), применяемая для изготовления дисков, звездочек, зубчатых венцов, барабанов и др. делателей, к которым предъявляются требования по прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок, а также для ответственных литых деталей автосцепного устройства и тележек грузовых вагонов, работающих при температурах до минус 60 °С [3].

Сталь 20ГЛ флокенонечувствительная, не склонна к отпускной хрупкости, сваривается без ограничений.

В таблице 2.1 представлен химический состав стали 20ГЛ.

Критические точки стали 20ГЛ, приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 20ГЛ по ГОСТ 977-88 [4]

C	Si	Mn	S	P
0,15...0,25	0,20...0,40	1,20...1,60	≤0,040	≤0,040

Таблица 2.2 – Критические точки стали 20ГЛ

Ac <sub>1</sub> , °C	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> ), °C	Ar <sub>1</sub> , °C	M <sub>n</sub> , °C
720	840	-	400

В зависимости от вида термообработки на отливках из 20ГЛ можно получить различный комплекс механических свойств (таблица 2.3).

### 2.3 Анализ технологичности изготовления детали

Анализ чертежа детали «Крышка» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Масса детали – 98 кг. Минимальная толщина стенки – 17 мм, габаритные размеры детали Ø545x260 мм. Минимальные литейные радиусы 3 мм.

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

Таблица 2.3 – Механические свойства стали 20ГЛ при комнатной температуре [4]

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, кДж/м <sup>2</sup>	КС V <sub>60</sub> , кДж/м <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
ГОСТ 977-88	нормализация отпуск	880...900 600...650	воздух воздух	до 100	275	540	18	25	49	-	-
	закалка отпуск	880...900 600...650	вода воздух	до 100	334	530	14	25	48	-	-
ГОСТ 21357-87	нормализация	870...890	воздух	-	300	500	20	35	29*	20	-
	закалка отпуск	920...940 600...620	вода воздух	-	400	550	15	30	29*	20	-
ДЦ	отжиг	890...910	с печью	-	не определяются				-	-	
	закалка отпуск	910...930 480...640	вода воздух	до 100	441	637	10	20	49	-	197...277

Примечание \* – КСУ при минус 60°C.

Обозначения, используемые в таблице 2.3:

- $\sigma_{0,2}$  – предел текучести, МПа;
- $\sigma_b$  – временное сопротивление, МПа;
- $\delta$  – относительное удлинение при разрыве, %;
- $\Psi$  – относительное сужение при разрыве, %;
- КСУ, КСУ<sub>-60</sub> – ударная вязкость, кДж/м<sup>2</sup>;
- НВ – твердость по Бринеллю.

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

Конфигурация внутренних полостей, отверстий, обрабатываемых поверхностей и расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства в разовые песчаные формы [3].

## 2.4 Выбор положения отливки в форме и определение поверхности разъема

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс. Можно предложить три варианта расположения отливки в форме в период заливки и затвердевания. 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.

Варианты расположения отливки в форме в период заливки и затвердевания представлены на рисунке 2.3.

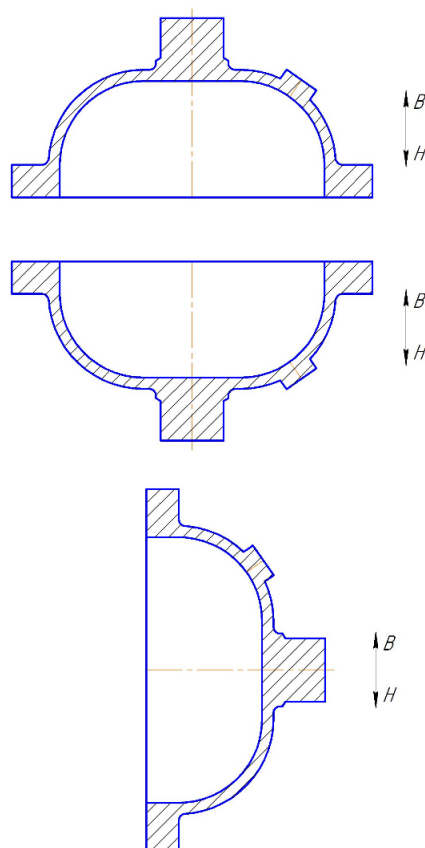


Рисунок 2.3 – Варианты расположения отливки в форме в период заливки и затвердевания

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

17



Вариант №1 – отливка располагается в форме горизонтально, ось симметрии перпендикулярна плоскости разъема, тепловой узел вверх.

Вариант №2 – отливка располагается в форме горизонтально, ось симметрии перпендикулярна плоскости разъема, тепловой узел вниз.

Вариант №3 – Отливка располагается в форме вертикально, наименее целесообразный вариант, т.к. он приводит к существенному увеличению высоты опок и необходимости применения стержней.

Проанализировав возможные варианты расположения отливки в форме приходим к выводу о наибольшей целесообразности варианта №1 (рисунок 2.4). При таком расположении возможно размещение отливки полностью в верхней полуформе и соблюдается принцип направленного затвердевания.

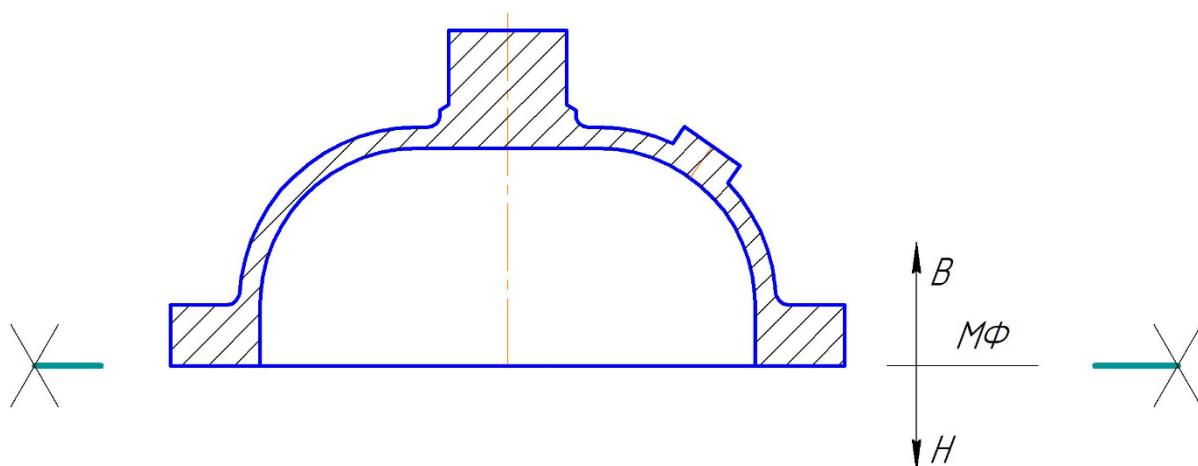


Рисунок 2.4 – Линия разъема формы

Выбранный вариант расположения и разъем обладает следующими преимуществами:

- простая конструкция моделей, без отъемных частей;
- отсутствие стержней;
- отсутствие брака по смещению полуформ;
- кратчайший путь прохождения металла от литниковой системы к отливке;
- отвод газов из полости в форме, образующихся при заливке расплавленного металла;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

18

- направленное затвердевание, возможность установки прибылей прямого действия на тепловые узлы.

## 2.5 Определение припусков на механическую обработку

Точность отливки назначается в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009 [5].

### *Определение класса размерной точности отливки*

Класс размерной точности определяется по таблице А1 для литья в формы отверждаемые в контакте с холодной оснасткой, для термообрабатываемых стальных сплавов с максимальным размером 545 мм (250...630 мм). Класс размерной точности 9т...13. Выбираем 12 класс.

### *Определение степени коробления отливки*

Степень коробления определяется по таблице Б1. Определим отношение наименьшего размера элемента к наибольшему.

Толщина фланца (наименьший размер) – 17 мм.

Диаметр (наибольший размер) – 545 мм.

$$17/545=0,032.$$

Для разовой формы, термообрабатываемого черного сплава и отношения 0,032 (0,025...0,050) степень коробления 6...9. Выбираем степень коробления 8.

### *Определение степени точности поверхности*

По таблице В1 для литья в формы отверждаемые в контакте с холодной оснасткой, для термообрабатываемых стальных сплавов 545 мм (250...630 мм). Степень точности поверхности 13...19. Выбираем 18 класс.

### *Определение класса точности массы отливки*

По таблице Д1 для литья в формы отверждаемые в контакте с холодной оснасткой, для термообрабатываемых стальных сплавов 110 кг (10...100 мм). Класс точности массы отливки 7...15. Выбираем 12 класс.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		19

### Определение ряда припусков

Ряд припусков определяется в зависимости от степени точности поверхности, для 18 класса составляет 9...12. Выбираем 12 (большие значения выбираем для стальных отливок).

### Условное обозначение точности отливки

Точность отливки 12-8-18-12 ГОСТ Р 53464-2009.

### Определение припуска на механическую обработку

Допуск литейных размеров определяется по таблице 1 в зависимости от размера класса размерной точности.

Допуск формы поверхности отливки определяется по таблице 2 в зависимости от размера и степени коробления.

Допуск неровности поверхности отливки определяется по таблице 3 в зависимости от степени точности поверхности.

Допуск массы отливки определим по таблице 4 в зависимости от массы отливки и класса точности массы. Все полученные данные сведем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Допуски отливки «Крышка»

Размер	Допуск литейных размеров	Допуск формы поверхности отливки	Допуск неровности поверхности отливки	Допуск массы отливки	Общий допуск элементов отливки	Обработка	Припуск
260	5,0	1,0	2,4	16 %	5	Чистовая	5
Ø 85	4,6	0,64			4,8	Чистовая	5

Масса отливки с учетом припусков составляет 110 кг.

### 2.6 Определение формовочных уклонов

Для лёгкого извлечения модели из формы, на её рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по

ГОСТ 3212-92. Формовочный уклон определяется в зависимости от высоты формообразующей поверхности и материала модели. Формовочные уклоны с размерами показаны на рисунке 2.5.

Галтелями называют скругления углов, обеспечивающие плавные переходы между поверхностями модели. При остывании отливок галтели предупреждают образование трещин и усадочных раковин в углах.

Радиус галтели необходимо принимать от  $1/5$  до  $1/3$  средней арифметической толщины двух стенок, образующих сопряженный угол (рисунок 2.6).

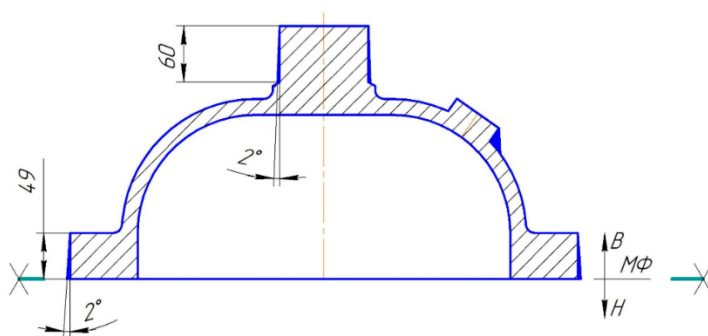


Рисунок 2.5 – Формовочные уклоны с размерами

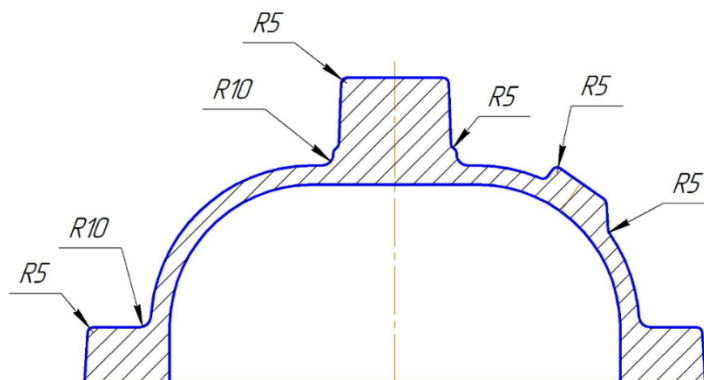


Рисунок 2.6 – Радиусы галтелей

## 2.7 Определение количества и конструкции стержней

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

21

Для изготовления данной отливки стержни не требуются, поскольку высота отливки существенно меньше чем диаметр центрального отверстия, то его можно выполнить конфигурацией модели [6].

## 2.8 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Прибыль необходима для получения плотного металла без усадочных пороков. Прибыль необходима для компенсации объемной усадки в период затвердевания. Поскольку отливка имеет компактную форму, то весь ее объем можно принять за тепловой узел. Объем отливки находим исходя из ее массы и плотности металла (рисунок 2.7).

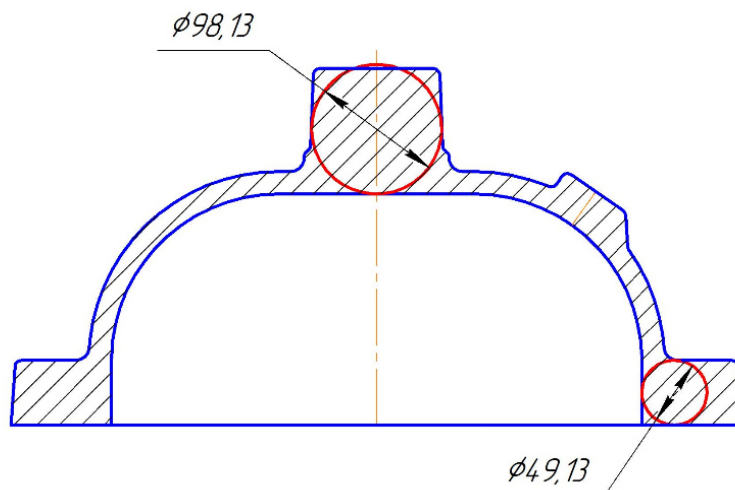


Рисунок 2.7 – Эскиз расположения тепловых узлов в отливке «Крышка»

Объем теплового узла №1

$$V_{\text{ТУ1}} = 0,009 \text{ м}^3.$$

Определяется объем прибыли №1 по формуле:

$$V_{\text{ПР1}} = \frac{\beta \cdot \varepsilon_v}{1 - \beta \cdot \varepsilon_v} \cdot V_{\text{ПУ1}}, \quad (2.1)$$

где  $V_{\text{ПР1}}$  – объем прибыли,  $\text{м}^3$ ;

$\beta$  – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины,  $\beta=12$ ;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

22

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

$V_{ПУ1}$  – объем питаемого узла,  $m^3$ .

$$V_{ПР1} = \frac{12 \cdot 0,045}{1 - 12 \cdot 0,045} \cdot 0,009 = 0,0073 \text{ м}^3.$$

Для питания кольцевого теплового узла принимаем четыре фасолевидные прибыли (рисунок 2.8).

*Объем теплового узла №2*

$$V_{ТУ2} = 0,002 \text{ м}^3.$$

$V_{ПУ2}$  – объем питаемого узла,  $m^3$ .

$$V_{ПР2} = \frac{12 \cdot 0,045}{1 - 12 \cdot 0,045} \cdot 0,002 = 0,0016 \text{ м}^3.$$

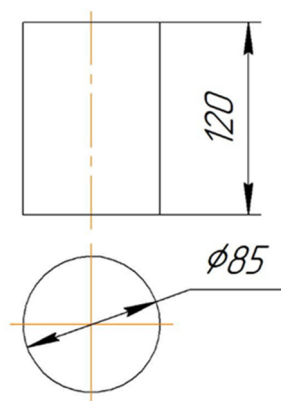


Рисунок 2.8 – Эскиз прибыли №1

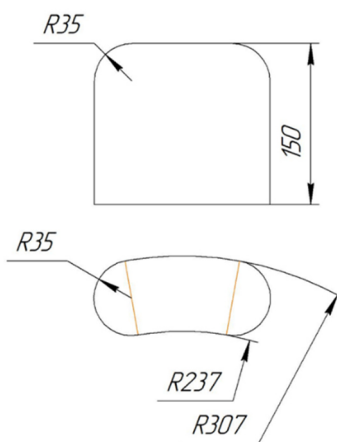


Рисунок 2.9 – Эскиз прибыли №2

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

23

Суммарный объем прибылей составляет:

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{пр1}} + V_{\text{пр1}}.$$

$$V_{\text{пр}} = 0,0073 + 0,0016 = 0,0089 \text{ м}^3.$$

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

$$\text{ТВГ} = \frac{Q_{\text{отл}}}{Q_{\text{отл}} + Q_{\text{приб}} + Q_{\text{л.с.}}}, \quad (2.2)$$

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

$Q_{\text{приб}}$  – масса прибылей, приходящаяся на одну отливку, кг;

$Q_{\text{л.с.}}$  – масса литниковой системы, приходящаяся на одну отливку, кг.

$$\text{ТВГ} = \frac{110}{110 + 70 + 15} \cdot 100 = 56\%.$$

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:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (2.3)$$

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;

$\delta$  – 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 находим по формуле:

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{лс}} \quad (2.4)$$

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

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

$G_{\text{лс}}$  – масса литниковой системы, кг.

$$G=110 + 70+12,5=192,5 \text{ кг.}$$

Подставляя в формулу (2.3) значения коэффициента  $S=1,4$  (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки  $\delta=17$  мм,  $G= 192,5$  кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{17 \cdot 192,5} = 18,9 \text{ с.}$$

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

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (2.5)$$

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 (2.5) значения высоты отливки  $C=170$  мм,  $\tau_{\text{опт}}=10,7$  с, получим:

$$V_{\text{ср}}=400/18,9= 21,1 \text{ мм/с.}$$

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

Поэтому необходимо пересчитать оптимальную продолжительность заливки металлу в форму.

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{C}{V_{\text{доп}}},$$

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{400}{15} = 26,7 \text{ с.}$$

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

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25



$$F_{уз} = \frac{G}{\mu_{\phi} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (2.6)$$

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

$G$  – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку литниками и прибылями, кг;

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

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

$\rho$  – плотность заливаемого расплава, кг/м<sup>3</sup>;

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (2.7)$$

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;

$$H_{\text{ср}} = 400 - 400^2 / (2 \times 400) = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}.$$

Подставляя в формулу (2.6) значения  $G=145$  кг;  $\mu_{\phi}=0,42$ ;  $\tau_{\text{опт}}=26,7$  с;  $\rho=7200$  кг/м<sup>3</sup>;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $H_{\text{ср}}=0,2$  м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{уз} = \frac{192,5}{0,42 \cdot 7200 \cdot 26,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,2}} = 0,00093 \text{ м}^2 = 9,3 \text{ см}^2.$$

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

$$F_{уз} = \Sigma F_{\text{п}}.$$

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

$$\Sigma F_{\text{п}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,2, \quad (2.8)$$

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

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

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

Металл к одной отливке будем подводить через один стояк, один шлакоуловитель и один питатель.

$$\Sigma F_{шл} = F_{шл} = 1,1 \times F_{п} = 1,1 \times 9,3 \times 2 = 20,5 \text{ см}^2,$$

$$\Sigma F_{ст} = F_{ст} = 1,2 \times F_{п} = 1,2 \times 9,3 \times 4 = 44,8 \text{ см}^2.$$

Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ( $D_{в} = 200 \text{ мм}$ ).

Элементы литниковой системы представлено на рисунке 2.10.

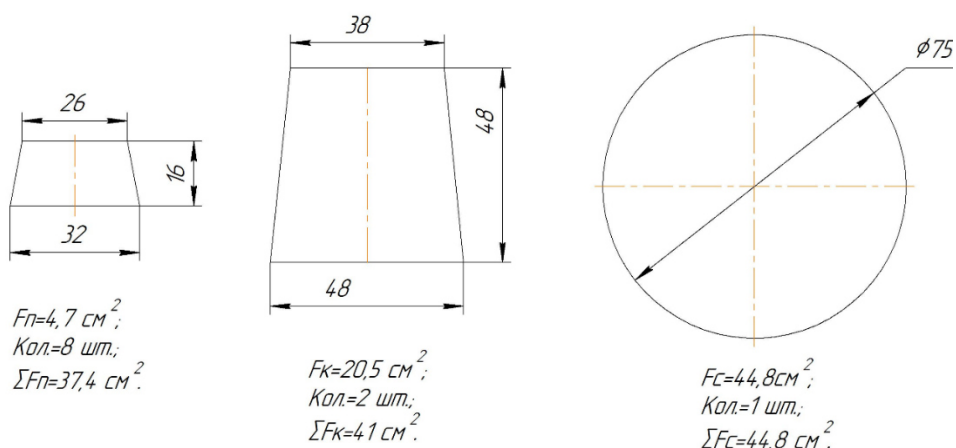


Рисунок 2.10 – Эскизы сечений литниковой системы

## 2.9 Термическая обработка

Подготовительная термообработка – отжиг или нормализация, которая служит для исправления грубой литейной структуры и подготовки к дальнейшей упрочняющей термообработке

Упрочняющая термообработка – закалка с отпуском, нормализация с отпуском, которые придают отливкам требуемый уровень механических свойств и величины зерна металла [8].

### 2.9.1 Нормализация

При нормализации сталь нагревают до аустенитного состояния и после непродолжительной выдержки охлаждают на спокойном воздухе. Температуру

нагрева выбирают на 30...50 °С для доэвтектоидных сталей. Охлаждение на воздухе должно обеспечить формирование ферито-карбидной структуры. Она широко используется для улучшения структуры и свойств углеродистых и низколегированных сталей с невысокой устойчивостью переохлажденного аустенита. По сравнению с полным отжигом диффузионное превращение при нормализации протекает при больших переохлаждениях, что обуславливает формирование более дисперсной ферито-карбидной структуры.

В случае малоуглеродистых сталей нормализация часто используется вместо отжига. Она является более кратковременной обработкой и часто обеспечивает формирование более оптимальной структуры для проведения последующих технологических операций.

Нормализация отливок так же служит для снятия литейных напряжений, для устранения разнотекстурной литейной структуры (мелких равноосных кристаллов, столбчатых и крупных зерен).

## 2.9.2 Закалка

Углеродистые и легированные стали подвергают закалке в целях получения мартенситной структуры. Для закалки стали на мартенсит необходимо нагреть изделие до аустенитного состояния, а затем после некоторой выдержки охладить со скоростью, превышающей верхнюю критическую скорость закалки  $V_{ВКЗ}$ , чтобы подавить распад переохлажденного аустенита при температурах диффузионного и промежуточного превращений. В структуре закаленной стали, кроме основной структурной составляющей – мартенсита, всегда имеется некоторое количество остаточного аустенита, а также могут присутствовать карбидные частицы, не растворившиеся при аустенитизации или выделившиеся в процессе самоотпуска.

При осуществлении закалки скорость охлаждения уменьшается от поверхностных слоев к центральным, что приводит к уменьшению количества мартенсита или к его полному исчезновению.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		28

При проведении закалки, как правило, возникают высокие внутренние напряжения. В них основная причина коробления изделий и образования трещин.

Охлаждение при закалке должно обеспечить получение мартенситной структуры в нужной толщине изделия.

Охлаждение при закалке данной марки стали будем осуществлять в воде. Охлаждение в жидких средах протекает в несколько стадий. При погружении нагретого до высокой температуры изделия в жидкость у его поверхности начинается интенсивное испарение, что сопровождается резким снижением температуры поверхности. Однако эти изменения температуры не велики, так как пар быстро покрывает плотным и тонким слоем поверхность охлаждаемого изделия. Образовавшаяся паровая оболочка, имея низкую теплопроводность, затрудняет отвод тепла от поверхности изделия. Скорость охлаждения этой стадии, называемой стадией пленочного кипения, относительно невелика [9].

По мере понижения температуры поверхности интенсивность парообразования снижается, паровая оболочка становится тоньше, а затем начинает разрушаться, наступает стадия пузырьчатого кипения. Когда температура поверхности изделия станет ниже температуры кипения воды, наступит стадия конвективного теплообмена.

### 2.9.3 Высокий отпуск

Высокий отпуск (500...670 °С) широко используется для различных изделий, которые должны сочетать повышенный уровень прочности с высокой пластичностью и вязкостью. Высокоотпущенные стали хорошо противостоят динамическим нагрузкам. Термическая обработка, включающая закалку и высокий отпуск, называется улучшением. После улучшения сталь имеет структуру сорбита отпуска.

Высокий отпуск наиболее полно снимает остаточные закалочные напряжения. Но окончательный уровень внутренних напряжений зависит от условий охлаждения после отпуска. Чем медленнее охлаждение, тем меньше остаточные напряжения.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		29

## 2.9.4 Режим термообработки

Выберем режим термической обработки для отливок из 20ГЛ, который будет состоять из подготовительной термической обработки – нормализации и термообработки на получение механических свойств – закалке и высоком отпуске (рисунок 2.12).

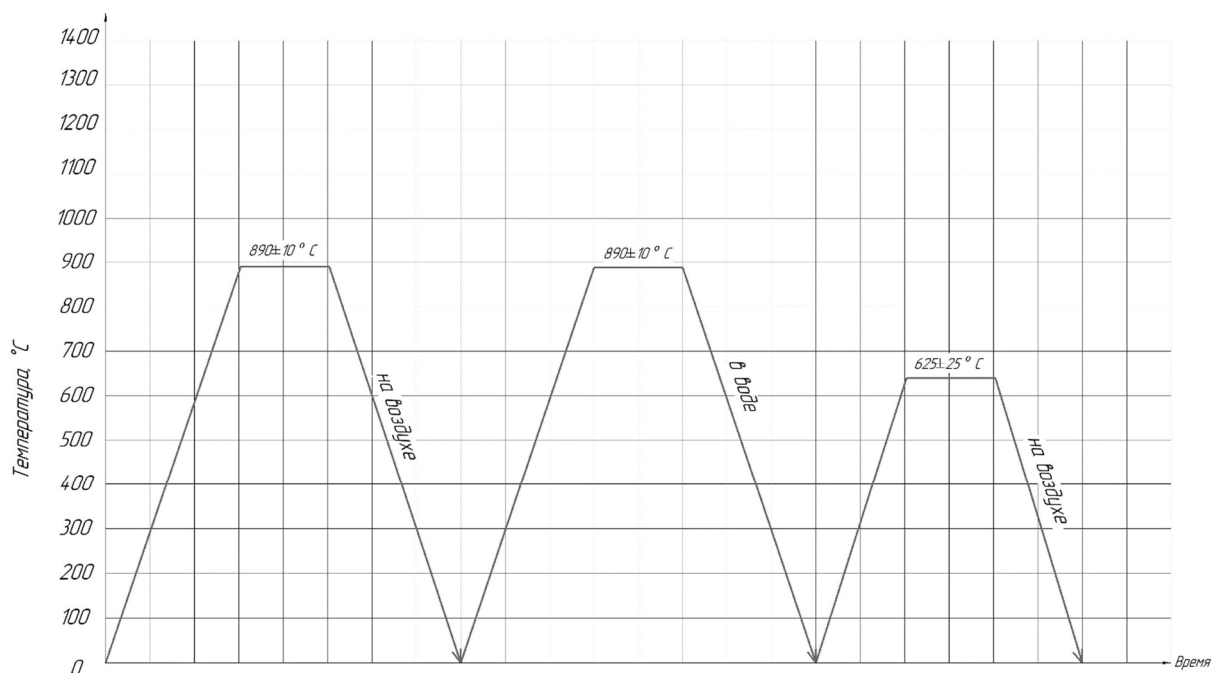


Рисунок 2.12 – Термическая обработка 20ГЛ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

Лист  
30

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ

#### 3.1 Производственная программа

Расчет точной производственной программы (таблица 3.1) 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 20ГЛ ГОСТ 977-88.

Таблица 3.1 – Точная производственная программа

Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт.	Масса отливок на годовую программу, т
Крышка задвижки шиберной DN700 PN16-25	20ГЛ	1892	740	1400,0
Крышка задвижки шиберной ТС DN700 PN125	20ГЛ	1795	1448	2600,0
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN16-25	20ГЛ	2910	481	1400,0
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN80	20ГЛ	2427	824	2000,0
Крышка задвижки шиберной DN600 PN16-25	20ГЛ	857	3734	3200,0
Крышка задвижки шиберной DN600 PN80	20ГЛ	1078	2041	2200,0
Корпус шиберной задвижки под приварку DN500 PN16-25-40	20ГЛ	1700	1059	1800,0
Корпуса шиберной задвижки под приварку DN300 PN80	20ГЛ	492	4065	2000,0
Крышка задвижки шиберной DN500 PN16-25-40	20ГЛ	350	4571	1600,0
Крышка	20ГЛ	110	16364	1800,0
Итого			35327	20000,0

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

### 3.2 Структура литейного цеха

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

Участки цеха стального литья производительностью 20000 тонн литья в год проектируются с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

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

К производственным помещениям относятся:

- плавильный участок;
- участок подготовки шихты;
- стержневой участок;
- формовочно-заливочно-выбивной участок;
- обрубной участок;
- участок термообработки.

К вспомогательным участкам относятся:

- участок ремонта ковшей и печей;
- смесеприготовительный участок;
- участок переработки смеси;
- ремонтно-энергетическое и ремонтно-механическое участка;
- лаборатории.

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

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

### 3.3 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 серийного 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 ( $\Phi_K$ ), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный ( $\Phi_N$ ), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;
- действительный ( $\Phi_D$ ), 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.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33



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  $\Phi_H=2018$  часов и для оборудования  $\Phi_H=4036$  часов.

Действительный фонд времени составляет [10]:

$$\Phi_D = \frac{\Phi_H \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (3.1)$$

где  $\Phi_H$  – номинальный фонд времени, ч;

$\alpha$  – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потери времени, %	Действительный фонд времени, ч
Оборудование плавильного участка	2	4036	3	3915
Оборудование подготовки смеси	2	4036	5	3834
Оборудование формовочно-заливочно-выбивного участка	2	4036	10	3632

### 3.4 Плавильный участок

Основой для расчета плавильного участка является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 3.3), которая составляется на основе точной производственной программы цеха.

Таблица 3.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа	
			шт.	т
1	2	3	4	5
Крышка задвижки шиберной DN700 PN16-25	1892,00	20ГЛ	740	1400,0
Крышка задвижки шиберной ТС DN700 PN125	1795,00	20ГЛ	1448	2600,0
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN16-25	2910,00	20ГЛ	481	1400,0
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN80	2427,00	20ГЛ	824	2000,0
Крышка задвижки шиберной DN600 PN16-25	857,00	20ГЛ	3734	3200,0
Крышка задвижки шиберной DN600 PN80	1078,00	20ГЛ	2041	2200,0
Корпус шиберной задвижки под приварку DN500 PN16-25-40	1700,00	20ГЛ	1059	1800,0
Корпуса шиберной задвижки под приварку DN300 PN80	492,00	20ГЛ	4065	2000,0
Крышка задвижки шиберной DN500 PN16-25-40	350,00	20ГЛ	4571	1600,0
Крышка	110,00	20ГЛ	16364	1800,0
Итого			35327	20000,0

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

35

Продолжение таблицы 3.3

Наименование отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год	
	%	шт.	т	шт.	т
1	6	7	8	9	10
Крышка задвижки шиберной DN700 PN16-25	3	23	43,30	763	1443,30
Крышка задвижки шиберной TC DN700 PN125	3	45	80,41	1493	2680,41
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN16-25	3	15	43,30	496	1443,30
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN80	3	25	61,86	850	2061,86
Крышка задвижки шиберной DN600 PN16-25	3	115	98,97	3849	3298,97
Крышка задвижки шиберной DN600 PN80	3	63	68,04	2104	2268,04
Корпус шиберной задвижки под приварку DN500 PN16-25-40	3	33	55,67	1092	1855,67
Корпуса шиберной задвижки под приварку DN300 PN80	3	126	61,86	4191	2061,86
Крышка задвижки шиберной DN500 PN16-25-40	3	141	49,48	4713	1649,48
Крышка	3	506	55,67	16870	1855,67
		1093	618,56	36420	20618,56

Продолжение таблицы 3.3

Наименование отливки	Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	литников и прибылей	отливка с литниками и прибылями	на литники и прибыли	всего
1	11	12	13	14
Крышка задвижки шиберной DN700 PN16- 25	1419,00	3311,00	1050,00	2493,30
Крышка задвижки шиберной TC DN700 PN125	1346,25	3141,25	1950,00	4630,41
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN16-25	2182,50	5092,50	1050,00	2493,30
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN80	1820,25	4247,25	1500,00	3561,86
Крышка задвижки шиберной DN600 PN16- 25	642,75	1499,75	2400,00	5698,97
Крышка задвижки шиберной DN600 PN80	808,50	1886,50	1650,00	3918,04
Корпус шиберной задвижки под приварку DN500 PN16-25-40	1275,00	2975,00	1350,00	3205,67
Корпуса шиберной задвижки под приварку DN300 PN80	369,00	861,00	1500,00	3561,86
Крышка задвижки шиберной DN500 PN16- 25-40	262,50	612,50	1200,00	2849,48
Крышка	82,50	192,50	1350,00	3205,67
			15000,00	35618,56

### 3.4.1 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 20ГЛ ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Химический состав стали 20ГЛ ГОСТ 977-88 [11]

Обозначение по ГОСТ 977-88	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %		
	C		Si		Mn		Fe	S	P
Сталь 20ГЛ	min	max	min	max	min	max			
		0,150	0,250	0,200	0,400	1,200	1,600	0,040	0,040

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 3.5).

Металлозавалка рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3.2)$$

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

Г – масса годных отливок, т.;

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

Л – масса литников и прибылей, т.;

П – безвозвратные потери металла, %;

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

Металлозавалка сталь 20ГЛ:

$$M = \frac{20000 + 15000 + 618,6}{100 - 0,5 - 1 - 3} \cdot 100 = 37296,9 \text{ т.}$$

Таблица 3.5 – Баланс металла

Наименование статей	Сталь 20ГЛ	
	%	т
1. Годные отливки	53,62	20000,0
2. Брак отливок	1,66	618,6
3. Литники и прибыли	40,22	15000,0
4. Технологические пробы	0,50	186,5
5. Сливы и сплески	1,00	373,0
Итого жидкого металла	97,00	36178,0
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	1118,9
Металлозавалка	100,00	37296,9

### 3.4.2 Ведомость расхода шихтовых материалов

Целесообразно вести расчёт на 100 кг шихты, тогда масса компонентов в килограммах и их процентные соотношения численно совпадут, что упрощает расчёт. Расчет шихты проведен аналитическим методом и указан в приложении. Составленная на основе вышеприведенных расчетов ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 3.6.

### 3.4.3 Технология и оборудование для выплавки стали

Дуговые плавильные печи применяют для выплавки стали в сталелитейных цехах. Сталеплавильные печи являются агрегатами с зависимой дугой, в которых электрический разряд происходит между электродами и металлической шихтой.

Таблица 3.6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
<b>Шихтовые материалы</b>		
Возврат	43,376	16178,010
Лом стальной 1А ГОСТ 2787-86	53,909	20106,396
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	0,598	223,036
Ферросилиций марки ФС45-2 по ГОСТ 1415-93	0,330	123,080
Ферромарганец марки ФМн78 по ГОСТ 4755-91	1,787	666,496
Итого	100,000	37297,017
<b>Раскислители</b>		
Алюминий кусковой вторичный марки АВ91 по ГОСТ 295-98	2,000	745,940
<b>Шлакообразующие</b>		
Всего шлакообразующих	2,000	745,940
Известняк флюсовый по ТУ 14-1-491	1,550	573,800
Плавиковый шпат металлургический марки ФК-85 по ГОСТ 29220-91	0,150	57,380
Шамотный бой ГОСТ23037-78	0,150	57,380
Кварцит ГОСТ 22551-77	0,150	57,380

Самые перспективные в настоящее время являются дуговые печи постоянного тока (ДППТ). Подробное обоснование выбора плавильного агрегата приведено в специальной части работы.

Для заливки стальных отливок применяем плавильный агрегат ДППТ-6.

Техническая характеристика ДППТ-6:

- емкость, т 6;
- производительность, т/ч; 3,8;
- установленная мощность, кВт; 2500;
- температура перегрева металла, °С; 1700.

Доводку стали по содержанию легирующих элементов производить за 5...10 минут до выпуска [12].

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле [11]:

$$G = \frac{V_{\Gamma} K_{\text{H}} \tau}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (3.3)$$

где  $G$  – расчетная вместимость печи, т;

$V_{\Gamma}$  – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$K_{\text{H}}$  – коэффициент неравномерности потребления и производства;

$\tau$  – длительность разливки одной плавки, ч;

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

$$G = \frac{36178 \cdot 1,1 \cdot 0,5}{3915} = 5,08 \text{ т.}$$

Из стандартного ряда печей типа ДППТ выбираем печь ДППТ-6.

Расчетное количество плавильных агрегатов  $P_1$  определяется по формуле [11]:

$$P_1' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{H}}}{\Phi_{\text{д}}' \cdot N_{\text{расч}}'}, \quad (3.4)$$

где  $V_{\Gamma}$  – 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  $K_H = 1,0 \dots 1,3$ .

$$P'_1 = \frac{36178 \cdot 1,2}{3915 \cdot 3} = 3,39.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [11]:

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (3.5)$$

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

$$P'_2 = \frac{3,39}{0,9} = 3,73.$$

Принимаем  $P'_2 = 4$ . Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [11]:

$$K_{3ф} = \frac{P'_1}{P'_2}, \quad (3.6)$$

$$K_{3ф} = \frac{3,39}{4} = 0,85.$$

#### 3.4.4 Расчет потребности в ковшах

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 ковш емкостью 6 тонн так как емкость печи 6 тонны. 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 раздаточных ковшей проводится по формуле [11]:

$$n = \frac{B_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q}, \quad (3.7)$$

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

$t$  – средний цикл оборота ковша, ч;  $t = 0,5$ ;

$Q$  – емкость ковша, т;

$n$  – количество одновременно работающих ковшей, шт.

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного участка, рассчитывается по формуле [11]:

$$N_1 = n \left( \frac{z_1}{z} + 1 \right), \quad (3.8)$$

где  $N_1$  – общее количество ковшей, шт;

$z_1$  – время ремонта ковша,  $z_1 = 8$  ч;

$z$  – время работы ковша до ремонта,  $z = 8$  ч.

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле [11]:

$$N = N_1 \cdot 1,1, \quad (3.9)$$

Расчет раздаточных ковшей емкостью 3 т проводится по формуле (3.7):

$$n = \frac{36178 \cdot 0,5}{3915 \cdot 6} = 0,77.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного участка, рассчитывается по формуле (3.8):

$$N_1 = 0,77 \left( \frac{8}{8} + 1 \right) = 1,54.$$

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле (3.9):

$$N = 1,54 \cdot 1,1 = 1,69.$$

Полученное значение округляем до целой величины и принимаем  $N = 2$ .

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

### 3.5 Формовочно-заливочно-выбивной участок

Сегодня литейные производства предъявляют высокие требования к универсальности и функциональности формовочных линий по ХТС-процессу. Фирма FAT (Förder und Anlagentechnik GmbH), Германия предлагает комплексные решения различного уровня автоматизации индивидуально для каждого завода и предприятия. Благодаря многофункциональности формовочной линии стало возможным размещение оборудования в любом месте цеха. Уровень автоматизации соответствует потребностям производства и варьируется от ручной формовки до полностью автоматической.

Формовочная линия фирмы FAT работает по технологии ХТС (рисунок 3.1). Целью является максимальная рационализация всех рабочих процессов от заполнения форм до выбивки. Чтобы максимально сократить время производства, различные этапы работы осуществляются независимо друг от друга через систему транспортных передаточных устройств [13].

Для стальных отливок при использовании подобных методов формообразования рекомендуют состав формовочной смеси:

- кварцевый песок 2K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138-91 1 %;
- хромитовый песок AFS-48 4 %;
- регенерат песка 2K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138-91 95 %;
- фенолформальдегидная смола типа ТРА-4 0,9...1,5 % сверх 100 %;
- отвердитель ACE (смесь эфиров) 20...25 % от смолы.

Регенерат в смесеприготовительное отделение поступает из установки регенерации.

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

43

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

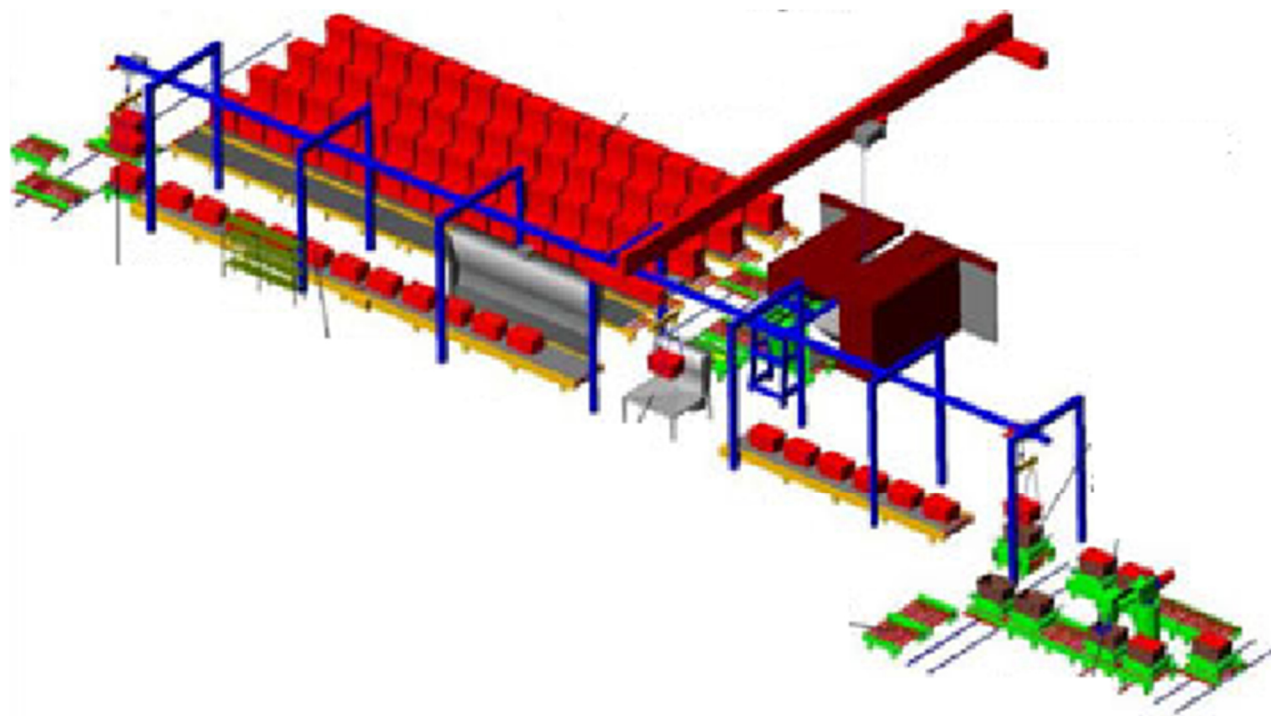


Рисунок 3.1 – Эскиз формовочной линии фирмы FAT

Свойства смеси представлены ниже:

- |   |            |
|---|------------|
| • прочность при растяжении, МПа                 | 0,4...0,5; |
| • осыпаемость, %                                | <0,13;     |
| • газотворность, см <sup>3</sup> /г             | до 14;     |
| • живучесть, мин.                               | 20...25;   |
| • минимальное время отверждения в оснастке, мин | 20...30.   |

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 окрашивают водными и спиртовыми противопопригарными красками.

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

- цирконовый концентрат, % 58;
- поливинилбутираль, % 1,5;
- спирт этиловый, % 40,5.

Для приготовления смеси используется смеситель непрерывного действия FAT для ХТС-процесса с камерой обеспыливания (рисунок 3.2). Песок обеспыливается непосредственно перед дозировкой связующего, что позволяет экономить до 20 % связующего. Эта опция полезна при работе с плохо обеспыленным регенератором на устаревших системах регенерации или на необеспыленном свежем песке с высоким содержанием пыли.

Формовочная линия FAT состоит из следующих участков:

- подготовки форм поз. R26;
- наполнения форм поз. R20;
- отверждения форм поз. R21...R25;
- протяжки форм поз. A2;
- покраски форм поз. F2;
- ленточный конвейер: поз. GF4 – обжиг форм, GF5 – GF6 – сборка форм;
- спаривания форм поз. R27;
- линия заливки 1 и линия заливки 2;
- линия охлаждения 1 и линия охлаждения 2;
- вывода форм поз. R28...R31.

Во время работы линии может быть задействовано шесть держателей подмодельных плит.



Рисунок 3.2 – Смеситель непрерывного действия FAT для ХТС-процесса с камерой обеспыливания

Через панель управления локального пульта занесены и защищены паролем следующие данные:

- размеры имеющихся опок для линии формовки;
- длительность пребывания форм на участке отверждения.

На всех локальных пультах управления есть красная грибовидная кнопка аварийной остановки.

В случае аварийной ситуации формовщик должен нажать кнопку аварийной остановки, при этом останавливается работа на всех участках формовочной линии, и немедленно сообщить мастеру или администрации цеха. Дальнейший пуск формовочной линии возможен только при помощи ключа.

#### *Подготовка линии к работе*

Произвести осмотр шкафов и пультов управления.

Мастеру формовочного участка:

- шкаф управления формовочной линии;
- шкаф управления смесителя DF 60;
- шкаф управления фильтровальной установкой;

- пульт ввода форм;
- пульт спаривания форм.

Мастеру стержневого участка:

- шкаф управления системой регенерации.

Мастеру плавильного участка:

- шкаф управления выбивной решеткой.

Отсутствие сообщений об ошибках на дисплеях шкафов и пультов управления линии означает готовность линии к работе. Убедившись в исправности всех систем, мастер производит включение фильтровальной установки. В течение 2 минут автоматически производится ее запуск.

Перед началом работы формовщику на участке подготовки необходимо визуально проверить наличие и исправность литейной оснастки: подмодельных плит, опок, выталкивающих штырей, рым-болтов для транспортировки.

Для старта оборудования необходимо привести на исходные позиции шесть держателей подмодельных плит. Для этого должны быть заняты позиции с R21 до R26. Передаточные тележки, позиция наполнения, а также позиция протяжки остаются свободными.

#### *Работа линии в автоматическом режиме*

Перед заполнением опок составом формовщику необходимо выбрать вид смеси согласно технологическому процессу и существующих на дистанционном пульте управления программ.

Если по результатам испытаний за первые два часа сухая прочность регенерата будет меньше 2 кгс/см необходимо переходить на третью программу.

С целью уплотнения формовочной смеси, в течении времени живучести смеси с начала заполнения, с помощью ножной педали привести в действие вибростол на 5...10 секунд 1 раз.

Выровнять поверхность формы скребком, излишки смеси убрать лопатой в короб.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		47

С помощью специального приспособления выполнить в форме вертикальные вентиляционные наколы, открытые прибыли расшатать.

#### *Участок отверждения*

После проведения всех операций, связанных с наполнением и уплотнением смеси на позиции, форма транспортируется на передаточную тележку перед участком наполнения. Затем передаточная тележка движется до определенного места отверждения. Схема транспортировки форм на участок отверждения представлена на рисунке 3.3.

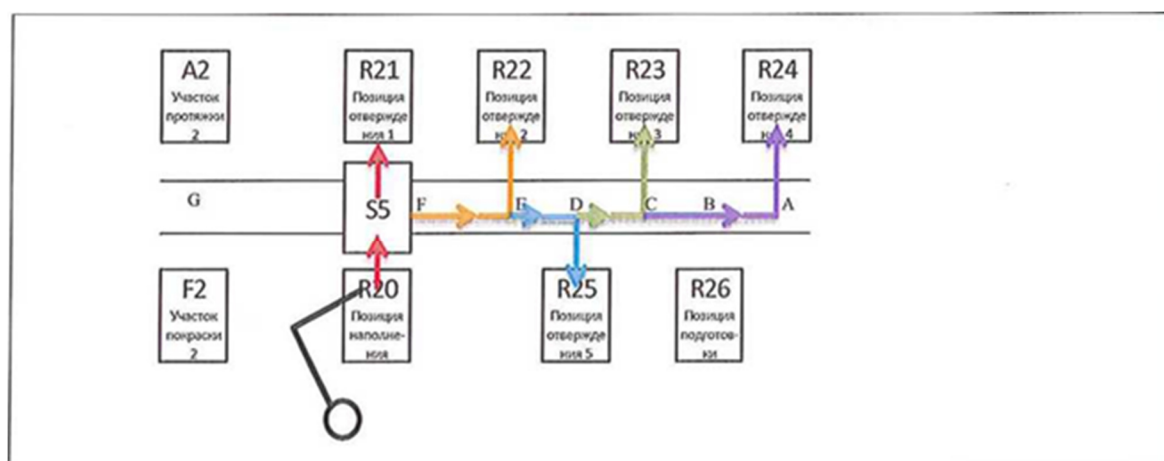


Рисунок 3.3 – Схема транспортировки форм на участок отверждения

Выбор места отверждения производится автоматически по очереди в соответствии с порядком, заложенным в программу управления линии, согласно нумерации мест отверждения и при условии, что это место свободно. С момента нажатия кнопки ВЫВОЗ ОПОКИ УЧАСТОК ЗАПОЛНЕНИЯ на пульте управления 1 начинается отсчет времени отверждения в зависимости от размера опоки (время нахождения на местах отверждения установлено предварительно на сенсорной панели управления на локальном пульте).

#### *Участок протяжки*

Передаточная тележка заберет с соответствующего места отверждения затвердевшую форму. В первую очередь с места отверждения вывозится нижняя опока, а затем соответствующая верхняя опока. Выбор полуформы осуществляется в автоматическом режиме при условии, что установленное для нее время отверждения истекло.

Затем передаточная тележка движется к позиции G и транспортирует форму на участок протяжки. Схема транспортировки отвердевших форм к участку протяжки представлена на рисунке 3.4.

Формовщику необходимо:

- произвести протяжку формы (опока точно вертикально отделяется от модели);
- выровнять манипулятор относительно полуформы;
- зацепить полу форму цепями манипулятора и слегка натянуть цепи, приподняв манипулятор;
- дождаться момента, когда прекратится движение манипулятора;
- поднять полуформу манипулятором;
- отправить держатель подмодельной плиты с моделью.

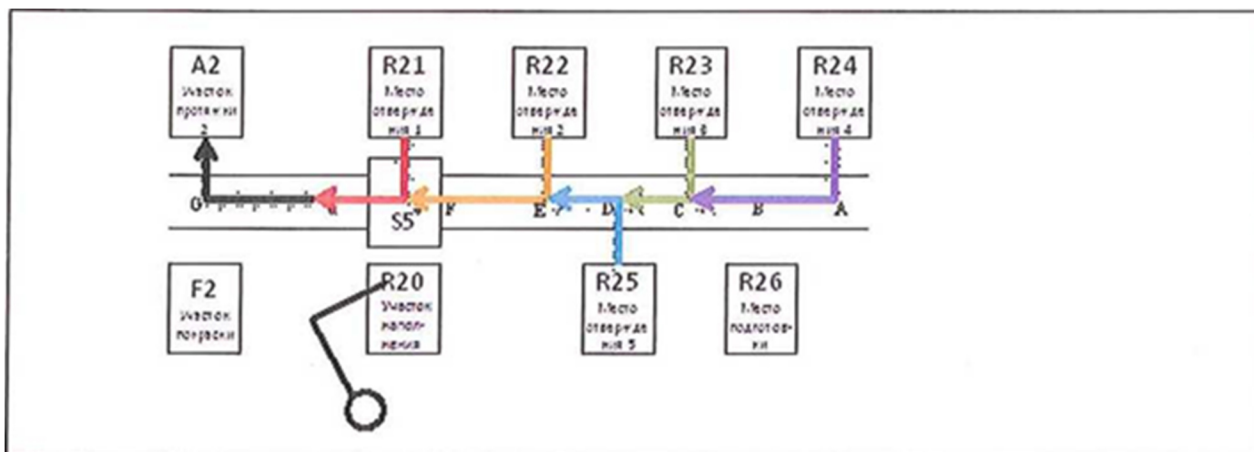


Рисунок 3.4 – Схема транспортировки отвердевших форм к участку протяжки

В промежутке между участком протяжки и участком покраски необходимо произвести отделку формы, а именно:

- изъять съемные части модельной оснастки;
- удалить излишки состава, прилипшего к буртам опоки по разъему;
- выполнить газоотводные наколы в знаковых частях формы пневматической дрелью буром диаметром 8 мм для опок размерами 1400x1100 мм, для опок большего размера диаметром 10 мм;
- пневматическим пистолетом продуть форму и отверстия от остатков смеси;



- отправить полуформу на участок покраски.

#### *Участок покраски*

Выполнить транспортировку полуформы с помощью манипулятора от участка протяжки к участку покраски.

Форму необходимо установить в висячем положении под наклоном. Схема расположения полуформы на участке покраски приведена на рисунке 3.5.

С помощью шланга с наконечником произвести покраску формы обливом краской на спиртовой основе.

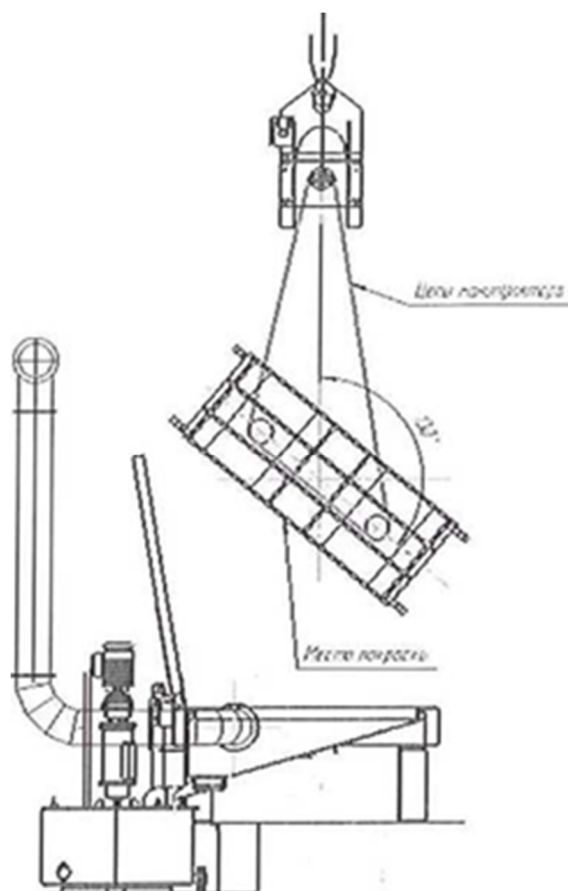


Рисунок 3.5 – Схема расположения полуформы на участке покраски

После покраски необходимо выдержать полуформу под наклоном 10 секунд для того, чтобы излишки краски стекли, затем повернуть полуформу еще на  $\sim 90^\circ$  и подождать 5 секунд.

После покраски с помощью резинового шпателя и кисти необходимо убрать подтеки краски с разъема формы и удалить краску с экзотермических прибыльных вставок, в случае ее попадания.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист  
50

Окрашенную форму переместить и установить с помощью манипулятора на ленточный конвейер.

Выполнить сборку форм, а именно:

- очистить полуформу от засоров промышленным пылесосом или сжатым воздухом в труднодоступных местах;
- с помощью крана-укосины установить стержни в нижнюю полуформу;
- установить жеребейки, холодильники;
- заделать составом подъемы на стержнях;
- произвести окончательную очистку полуформ пылесосом или сжатым воздухом после сборки;
- с целью предупреждения течи металла, между полуформами на разъем по периметру прокладывать уплотнительные жгуты.

#### *Участок спаривания*

Кран-балкой переставить нижнюю полуформу на пустую заливочную паллету рольганга.

Кран-балкой с помощью манипулятора скантовать верхнюю полуформу и по центрирующим стержням установить на нижнюю полуформу, закрепить скобами.

Кран-балкой перенести и установить с помощью центрирующих штырей верхнюю полуформу на собранные ранее полуформы низа и середины.

Линии заливки состоят из бесприводных рольгангов. Транспортировка заливочных паллет производится с помощью гидравлических сталкивателей, которые находятся на передаточных тележках.

В конце каждой заливочной и охладительной линии предусмотрены пневматические стопорные устройства, которые автоматически деблокируются перед транспортировкой. После транспортировки линия блокируется стопорным устройством, таким образом, предупреждается непреднамеренное, самостоятельное движение паллет на линии.

Залитая расплавом форма сталкивается на передаточную тележку и далее транспортируется на линию охлаждения, а охлажденная форма сталкивается на

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		51

тележку и транспортируется на одно из мест вывода форм. И снова одна форма с участка спаривания транспортируется на одну из двух заливочных линий и так далее.

### *Выбивка*

После достаточного времени охлаждения на соответствующем участке формы вручную с помощью крана или автоматическим сталкивателем транспортируются на выбивную решетку. Отливка извлекается из формы, а отработанная смесь подается на регенерацию.

Для определения годового числа форм, а также объема формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленную в таблице 3.7.

### 3.5.1 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно – заливочно – выбивных отделений при поточном производстве  $P_1$  определяется по формуле [11]:

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{п.расч} \Phi_{д}}, \quad (2.10)$$

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.

Расчет ведется от смесителя непрерывного действия ФАТ.

Техническая характеристика смесителя непрерывного действия ФАТ:

- производительность смесителя, тонн / ч 6...10;
- потребляемая мощность, кВт 8.

Таблица 3.7 – Ведомость изготовления и сборки форм

Наименование отливки	Изгот. в год отливок, шт.	Внутренний размер опоки, мм			Количество отливок в форме, шт.	Изгот. форм в год, шт.
		L	B	H		
1	2	3	4	5	6	7
Крышка задвижки шиберной DN700 PN16-25	763	2000	1500	400	1	763
Крышка задвижки шиберной TC DN700 PN125	1493	2000	1500	400	1	1493
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN16-25	496	2000	1500	400	1	496
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN80	850	2000	1500	400	1	850
Крышка задвижки шиберной DN600 PN16-25	3849	2000	1500	400	1	3849
Крышка задвижки шиберной DN600 PN80	2104	2000	1500	400	1	2104
Корпус шиберной задвижки под приварку DN500 PN16-25-40	1092	2000	1500	400	1	1092
Корпуса шиберной задвижки под приварку DN300 PN80	4191	2000	1500	400	1	4191
Крышка задвижки шиберной DN500 PN16-25-40	4713	2000	1500	400	2	2356
Крышка	16870	2000	1500	400	4	4217
Итого						21411

Продолжение таблицы 3.7

Наименование отливки	Объем для одной формы, м <sup>3</sup>				Объем формовочной смеси на годовую программу, м <sup>3</sup>
	формы	залитого металла	стержней	уплотненной смеси	
1	8	9	10	11	12
Крышка задвижки шиберной DN700 PN16-25	2,4000	0,4599	0,0014	1,9388	1478,97
Крышка задвижки шиберной ТС DN700 PN125	2,4000	0,4363	0,0046	1,9591	2925,48
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN16-25	2,4000	0,7073	0,0019	1,6908	838,62
Корпус шиберной задвижки под приварку DN600 PN80	2,4000	0,5899	0,0006	1,8095	1537,29
Крышка задвижки шиберной DN600 PN16-25	2,4000	0,2083	0,0023	2,1894	8427,92
Крышка задвижки шиберной DN600 PN80	2,4000	0,2620	0,0050	2,1330	4487,66
Корпус шиберной задвижки под приварку DN500 PN16-25-40	2,4000	0,4132	0,0104	1,9764	2157,41
Корпуса шиберной задвижки под приварку DN300 PN80	2,4000	0,1196	0,0030	2,2774	9544,11

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

Продолжение таблицы 3.7

Наименование отливки	Объем для одной формы, м <sup>3</sup>				Объем формовочной смеси на годовую программу, м <sup>3</sup>
	формы	залитого металла	стержней	уплотненной смеси	
1	8	9	10	11	12
Крышка задвижки шиберной DN500 PN16-25-40	2,4000	0,1701	0,0010	2,2289	5252,10
Крышка	2,4000	0,1069	0,0003	2,2928	9669,75
		3,4735			46319,33

Расчетную производительность определим по формуле (3.10):

$$P_1 = \frac{21411}{0,95 \times 8 \times 3632} = 0,77.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{0,77}{0,9} = 0,85.$$

Принимаем один смеситель непрерывного действия FAT. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,77}{1} = 0,77.$$

### 3.6 Внутрицеховые лаборатории

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

требованиям. Для выполнения таких анализов, а также анализов в процессе производства, в цехе работают: экспресс-лаборатория и лаборатория формовочных материалов.

При контроле отливок проверяют состояние поверхности и внешний вид, размеры, механические свойства, в том числе твердость металла, химический состав, структуру металла, наличие внутренних дефектов. В зависимости от требований, предъявляемых к отливке, контролируют все перечисленные параметры или некоторые из них.

### 3.7 Вспомогательные участка и участки цеха

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

Кроме того, в цехе предусмотрены служба механика, наладчика и электрослужба, которые обеспечивают бесперебойную работу цеха [14].

### 3.8 Внутрицеховой транспорт

Литейное производство характеризуется многократным перемещением больших количеств различных грузов. Поэтому транспортные операции являются важной составляющей производственного процесса. Виды и количество транспортных средств для различных участков представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Описание и назначение видов транспорта

Участок	Наименование	Назначение
Шихтовый	Кран мостовой Q=15 т	разгрузка приходных материалов в закрома, бункера, на специальные площадки; перемещение шихтовых и формовочных материалов внутри участка и к самоходным тележкам для выдачи их на другие участки литейного цеха

Продолжение таблицы 3.8

Участок	Наименование	Назначение
Шихтовый	Тележка самоходная, Q=10 т	передача шихтовых материалов в плавильное участок, огнеупорных материалов для ремонта плавильного оборудования, отправка возврата в шихтовое участок
Плавильный	Кран мостовой Q=15 т	завалка шихты в плавильные печи, транспортировка ковша с металлом к самоходной тележке для выдачи его на заливку форм, обслуживание ремонтных работ на участке, перемещение вспомогательных материалов внутри участка
	Тележка передаточная, Q= 10 т	передача раздаточных ковшей на участок заливки
Формовочный	Кран мостовой Q=10 т	перемещение модельной оснастки и смена ее на формовочной машине, обслуживание ремонтных работ на участке
	Конвейер ленточный	передача отработанной смеси к установке переработки смеси

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

57



## 4 ПРИМЕНЕНИЕ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

### 4.1 Рекомендации к выбору плавильных агрегатов сталелитейного производства

Выбор плавильного агрегата всегда надо начинать с его технологических возможностей стабильно получать качественный металл заданного состава и структуры с требуемыми физико-механическими и литейными свойствами, определяющими качественный уровень выпускаемой предприятием продукции.

Плавильный агрегат должен обеспечивать с минимальными затратами на защитные устройства наилучшее экологическое состояние окружающей среды. Быть экономичным в эксплуатации. Иметь минимальные затраты на энергоноситель, используемую металлошихту и футеровочные материалы.

Анализ показателей критериев эффективности плавильных агрегатов и тенденции в развитии литейного производства в мире свидетельствуют о приоритетном применении электроплавки чугуна.

В современных литейных цехах США и Европы при крупносерийном производстве чугунных и стальных отливок (преимущественно для автомобилестроения) применяются для расплавления электродуговые печи с емкостью ванны до 50 тонн и для перегрева и выдержки чугуна – мощные индукционные каналные миксеры до 100 т. Такая комбинация оправдывается не только необходимостью непрерывной заливки автоматических литейных линий жидким металлом со стабильными литейными параметрами, но и экономически. Известно, что тепловой КПД электродуговой печи в период расплавления шихты имеет высокие показатели (80...85 %), а при перегреве значительно снижается (до 20 %). Индукционные каналные печи и миксеры при перегреве и выдержке металла имеют КПД 75...80 %. Кроме экономии на энергии такой дулекс-процесс позволяет использовать для плавки чугуна и стали более дешевую шихту и получать металл высокого качества.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

В небольших по мощности литейных производствах с большой, часто сменяющейся номенклатурой отливок из разных марок чугуна и стали чаще используются индукционные плавильные установки с двумя тигельными печами средней частоты и специальными регуляторами распределения мощности печей (TWIN-POWER, DUOMELT, VIP DUAL TRAK), позволяющими печам работать попеременно в режиме плавки чугуна и его миксирования в период разливки. Тепловой КПД таких плавильных установок составляет – 65 %.

В отечественной литейной практике в последние годы получают распространение газовые вагранки, работающие с огнеупорно-графитовой холостой калошей. Вагранки работают на более дешевом, чем литейный кокс, природном газе. Достигают высокой температуры перегрева расплава, что позволяет использовать в шихте больше стального лома. Значительно менее загрязняют окружающую среду (меньше шлака и вредных газов). При определенных условиях ведения плавки позволяют получать исходный расплав чугуна для последующего модифицирования с целью получения шаровидного графита и высокой прочности.

Дуговые печи постоянного тока (ДППТ) потребляют меньше электроэнергии на плавку стали, чем дуговые печи переменного тока. Процесс плавки проходит под влиянием более мягкой электродуги, значительно меньше угар металла и химических элементов, меньше выделений вредных газов, меньше шум. ДППТ меньше расходуют графитированных электродов и не создают в электросети явлений фликера при расплавлении шихты. Позволяют вести плавку с металлургическим процессом при работе на второсортной металлошихте. Существующие в литейных цехах электродуговые печи переменного тока реконструируются в печи ДППТ.

Таким образом, при выборе плавильных агрегатов для реконструкции существующих чугунолитейных производств или создании новых, которые отвечали бы требованиям для сертификации качества производства в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9002, следует руководствоваться приведенными в ИТМ критериям, показателями и характеристиками современных процессов и оборудования для плавки.

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

Это позволило использовать любую шихту из вторичных металлов, переплавлять шлаковые съемы с индукционных, газовых и печей сопротивления, отказаться от предварительной подготовки лома, в полной мере выполнять требования экологов и обеспечить промышленную безопасность производства.

#### 4.2 Электродуговые печи постоянного тока

Результаты работы ДППТ на промышленных предприятиях показали их высокую технико-экономическую эффективность.

Конструктивно ДППТ имеет стальной футерованный кожух, образующий ванну печи, свод (может быть водоохлаждаемым), механизмы наклона печи для слива металла и удаления шлака, перемещения графитированного электрода, отворота свода или выката ванны для завалки печи шихтой, рабочее окно с дверцей и сливной желоб в кожухе.

В отличие от дуговых печей переменного тока ДППТ имеют один графитированный электрод, расположенный вдоль вертикальной оси печи, и один или несколько электродов, установленных в подине печи. В таблице 4.1 представлены типоразмеры печей ДППТ.

Таблица 4.1 – Типоразмеры печей ДППТ

Тип печи	Размеры, мм				
	А	Б	В	Г	Д
ДППТ-6	1900	0,000	2500	6300	4350
ДППТ-12	0,000	4000	7150	11800	8600
ДППТ-25	0,000	5500	8800	14550	12200

В печах с емкостью ванны 6 и более тонн устанавливается несколько подовых электродов, каждый из которых подключен к полюсу автономного источника электропитания минусы которых объединены на токоподводе графитированного электрода, проходящего через свод печи.

Такое решение позволяет оснащать печи силовыми модулями и обеспечивает ряд дополнительных преимуществ, связанных с организацией направленного перемешивания расплава, повышением надежности, снижением веса и габаритов трансформаторного оборудования.

Подовые электроды выполняются по особой технологии, безопасны в работе и представляют собою металлические стержни, охлаждаемые водой. Для безопасности эксплуатации каналы охлаждения вынесены за кожух печи, а в теле подовых электродов установлены датчики контроля состояния.

Печи ДППТ футеруются огнеупорными материалами, применяемыми для печей ДСП. Стойкость подины при обычных "горячих" ремонтах составляет около 3 лет или до 5 тысяч плавов. Подина может быть наварена после "срывов", подвергнута промежуточному ремонту без замены подовых электродов. Стойкость подового электрода при работе без "болота" равняется сроку службы подины.

Процесс плавки в ДППТ практически имеет те же технологические приемы: продувка металла кислородом, инертным газом, обработка шлаком, легирование, что и в ДСП.

Управляемое перемешивание расплава улучшает и ускоряет металлургические процессы. Сочетание заданного направления и скорости движения металла с тепловым потоком от дуги позволило удерживать локальный нагрев расплава на уровне температуры, не превышающей 5...7 % от средней температуры расплава во все периоды плавления. Это обеспечило значительное снижение угара элементов сплава при плавке.

Имеется возможность подавать в зону дуги нейтральный газ и увеличить газоплотность печи, т.е. создать условия нейтральной атмосферы.

Электроснабжение печей постоянного тока осуществляется от силовых источников питания, каждый из которых подключен к одному подовому электроду.

В электрическую цепь, плюс которой подключен к подовому электроду, а минус к графитизированному электроду, входят: сетевые реакторы, трансформаторы, тиристорные шести или двенадцатимпульсные преобразователи и сглаживающие реакторы.

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

61

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Независимо управляемые тиристорные преобразователи, число которых равно числу подовых электродов, подключаются или каждый к своему трансформатору, или к независимым обмоткам низкой стороны одного трансформатора.

Преобразователь имеет источник электропитания с четырьмя преобразовательными тиристорными секциями и соответствующей системой их переключения. Это позволило плавку вести при постоянной мощности с умеренной тепловой нагрузкой на стены и свод печи.

Источник электропитания может быть установлен вдали от печи, в том числе вне цеха. Это позволяет при реконструкции печей переменного тока и переводе их на постоянный ток проводить основной монтаж источника без остановки действующей печи. Реконструируемая печь выключается на непродолжительный срок только для подключения к новой питающей сети.

В ряде случаев может быть использован трансформатор ДСП, однако предпочтительнее применять трансформаторы со специальными характеристиками, учитывающими особенности нагрузки.

В состав электропитания печи входят устройства для компенсации реактивной мощности и специальное оборудование, параметры которого обеспечивают уменьшение влияния высших гармоник напряжения на питающую энергосеть.

При выборе типа печей большое значение имеют затраты на электроснабжение. При этом учитывается полная мощность печного трансформатора, отношение мощности энергосистемы к мощности короткого замыкания на вводах печного трансформатора.

Для ДППТ емкостью до 100 т при продолжительности расплавления 40 мин прогнозируемая мощность трансформатора составит 80 МВА, отношение мощности питающей энергосистемы к мощности короткого замыкания на вводе печного трансформатора ДППТ может быть 15...20, то есть ДППТ можно подключать к менее мощным энергосистемам.

На ДППТ производится независимое управление током и напряжением, обеспечивающее реализацию концепции ведения режима плавки, перемешивания расплава, защиты футеровки, снижения угара металла, пылегазовыбросов и шума,

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

генерируемого печью во все периоды плавки, а также колебания мощности нагрузки.

Колебания мощности в начале расплавления находятся в пределах 20...30 %, а через 10...15 минут после включения не превышают 3...5 %. Коэффициент мощности 0,80...0,72.

Минимальный удельный расход электроэнергии при плавке стали – 485 квтч/т.

Система автоматизации управления использует микропроцессорную технику.

#### 4.3 Технические особенности плавки металла в ДППТ

Процесс плавки разделен на три периода, которые проводят на постоянной мощности дуги:

Период 1 – подготовительный, его проводят на высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав. Длинная дуга обеспечивает стабильный электрический режим, интенсивный нагрев печных газов, плавный нагрев всего объема шихты. Локальный перегрев металла не возникает, так как капли металла, нагреваясь, преодолевают силы поверхностного натяжения и немедленно стекают вниз. В периоде 1 отгоняются органические загрязнения шихты, пары которых выходят из отверстия в своде и догорают до заверенных оксидов. Во всех периодах плавки колебания активной мощности по сравнению со средним значением не превышают  $\pm 10$  %. Колебания давления в печи, за счет стабилизации электрического режима, подавлены, и подсос воздуха в печь не наблюдается. В течение периода 1 в шихте образуется расширяющаяся вверх воронка, которая в периоде 2 исключает обрушивание шихты на сводовый электрод и замораживание металла на подине.

Период 2 – энергетический, он обеспечивается стабильный электрический режим при колебании мощности не более  $\pm 5$  %. Этот режим способствует быстрому расплавлению шихты и не приводит к заметному локальному перегреву металла.

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

Ток дуги удваивают, а напряжение в 2 раза снижают. В начале периода 2 анодное пятно дуги располагается на расплаве. Основная мощность дуги излучением и конвекцией печных газов передается на шихту, которая продолжает плавиться, и около 20 % мощности дуги передается через анодное пятно в расплав. Перегрев расплава под дугой в периодах 2 и 3 предотвращается размещением подовых электродов, формирующим тороидальное вращение металла в вертикальной плоскости, при котором поток металла с большой скоростью подтекает под дугу и уходит в глубь расплава. В этих условиях температурное поле расплава выравнивается из-за интенсивной конвективной теплопередачи через расплав, а высокая скорость движения металла под дугой не допускает его локального перегрева. Снижению удельного теплового потока через анодное пятно дуги способствует низкая плотность тока в нем и наличие шлакового покрова. Во всех периодах плавки происходит минимальный угар металла, не образуется первичный шлак. В этих условиях состав шлака и его активность можно регулировать подачей шлакообразующих элементов. Образованный шлак жидкоподвижен и из-за интенсивного перемешивания металла эффективно взаимодействует с расплавом.

Период 3 – технологический, этот режим по сравнению с первым проводится при короткой дуге с напряжением, в четыре раза сниженном, и силе тока, в четыре раза увеличенной. При этом происходит доплавление шихты, нагрев расплава, рафинирование и перемешивание расплава и шлака. В процессе рафинирования нагрев металла ведется на полную мощность при коротких включениях дуги. Доля энергии, передаваемой в этот период непосредственно от дуги к расплаву, превышает 80 % подведенной. Интенсивная теплопередача от дуги к расплаву реализуется под воздействием поля электромагнитных сил в расплаве. Этому способствует специальная схема размещения подовых электродов и токоподводов к ним. Соответствующие режимы регулирования силой тока дуги обеспечивают устойчивое управляемое перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения расплава из-под дуги вглубь ванны. Это предотвращает локальный перегрев, так как нагреваемый под дугой

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

металл быстро замещается набегающий «холодным» расплавом. Перемешивание также препятствует возникновению локальных вихрей над подовыми электродами, предотвращая их разрушение. Скорость теплопередач от дуги к расплаву увеличивается пропорционально росту силы тока. Это позволяет поддерживать указанный механизм плавления в широком интервале подводимой удельной мощности (от 0,3 до 8,0 кВт/кг шихты) в печах малой, средней и большой (до 100 т) емкости, обеспечивая их высокую производительность. Продолжительность расплавления в ДППТ ограничивается теплопроводностью массивных кусков шихты и допустимой мощностью источников электропитания и составляет ~30...40 мин.

Таблица 4.2 – Техническая характеристика ДППТ для плавки стали и чугуна

Наименование параметров	Ед. измерения	Тип печи			
		ДППТ-06	ДППТ-6	ДППТ-12	ДППТ-25
1	2	3	4	5	6
1. Номинальная емкость	Т	0,6	6,0	12,0	25,0
2. Макс. активная мощность	Квт	600	4000	8000	16000
3. Сводный электрод	Шт.	1	1	1	1
4. Диаметр графитирован электрода	Мм	150	200	250	400
5. Время расплавления	Час	0,9	0,9	0,9	0,9
б. Удельный расход э/энергии на расплав	квт-ч/т	500	470	460	435
7. Удельный расход граф. электродов	Кг/т	1,5	1,5	1,5	1,5
8. Напряжение питающей сети	Кв	6,0	6,0	6,0	6,0

При эксплуатации ДППТ в 7...10 раз уменьшается пыле-газовыброс в процессе расплавления шихты при значительном уменьшении угара металла. В своде печи выполняете второе отверстие, через которое из печи выходят (а не отсасываются) образующиеся при плавке газы и забираются установленным над печью зонтом в систему газоочистки. Выбор производительности системы



пылегазоулавливания зависит от качества шихты и технологического процесса и производится для конкретных условий.

Как показали замеры при работе 25-тонной электродуговой печи постоянного тока, уровень пылегазовых выбросов из печи при выплавке углеродистой стали составил 0,52...0,97 кг/т. Газы содержали 35...50 % CO, 8,2...9,4 % CO<sub>2</sub>, 0,4 % O<sub>2</sub>, 0,0003 % SO<sub>2</sub>, 0,0002...0,0003 % NO<sub>x</sub> и N<sub>2</sub> остальное. При выходе из отверстия в свод печные газы догорали и содержание CO снизилось до 0,5...0,8 % [15].

#### 4.4 Выплавка стали 20ГЛ

Шихта непосредственно перед загрузкой в бадью должна быть проверена на взрывобезопасность. Шихта состоит из металлической части, науглероживателей, окислителей, легирующих элементов, раскислителей, а также шлакообразующих.

Металлическая часть шихты:

- лом стальной углеродистый, чистый от окалины, земли, песка, эмалей, соответствующий по химическому составу и другим требованиям маркам 1А...2А ГОСТ 2787, то есть не должен быть горелым, проржавленным, разъеденным кислотами; не допускается наличие в нем лома и отходов цветных металлов, легированного лома и отходов; размеры куска для марки 1А не более 300x200x150 мм, для марки 2А не более 600x350x250 мм;
- чугун передельный марок ПЛ1, ПЛ2, ГОСТ 805-85;
- лом стальной, легированный по ГОСТ 2787-75;
- возврат собственного производства, соответствующий по химическому составу выплавляемой марки стали.

Науглероживатели:

- кокс металлургический.

Окислители:

- железорудные окатыши по ТУ 14-9-311-81;
- стружка стальная марки 16А по ГОСТ 2787-75.

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

Легирующие элементы:

- никель марки Н1 по ГОСТ 849-2008;
- ферросилиций марки ФС45-2 по ГОСТ 1415-93;
- ферромарганец марки ФМн78 по ГОСТ 4755-91.

Раскислители:

- алюминий кусковой вторичный марки АВ91 по ГОСТ 295-98;
- ферросилиций марки ФС65 по ГОСТ 1415-93.

Шлакообразующие:

- известняк флюсовый по ТУ 14-1-491;
- плавиновый шпат металлургический марки ФК-85 по ГОСТ 29220-91;
- шамотный бой ГОСТ23037-78;
- кварцит ГОСТ 22551-77.

Все кусковые ферросплавы перед присадкой в печь или в ковш следует прокалить при температуре 800...1000 °С в течение не менее 2 часов (исключается высокое содержание водорода в выплавленной стали).

Все основные шихтовые материалы по качеству должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТ и действующих заводских технических условий.

Все шлакообразующие материалы должны быть прокалены перед плавкой при температуре 600...800 °С.

Шихтовые материалы должны быть сухими, их влажность не должна превышать 5 %.

*Период плавания*

После окончания завалки наступает период плавания шихты. Электроды опустить вниз и включить ток. Первые 9...15 минут печь должна работать на пониженной мощности. После погружения электрических дуг в шихту печь включить на полную мощность.

Для ускорения плавания, во избежание прорыва жидкого металла, срыва подины и поломки электродов, не допускать зависания шихты на откосах. После

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		67

проплавления 50 % шихты и освобождения рабочего окна в печь загрузить известняк в количестве 4 % от массы заваленной металлической шихты. При большом количестве в шихте собственных отходов, загрязненных формовочной смесью, количество загружаемого известняка допускается увеличить.

После полного расплавления шихты (отсутствие нерасплавившихся кусков лома на подине проверяется железным гребком) шлак периода плавления скачать деревянным гребком на 75 %, взять пробу металла для определения его состава.

При содержании углерода, недостаточном для интенсивного проведения окислительного периода ("кипа"), произвести науглероживание присадкой кокса или электродного боя.

#### *Окислительный период*

Окислительный период имеет цель удалить в возможно большем количестве газы (водород и азот) и неметаллические включения (фосфор), уравнять химический состав, нагреть металл до температуры, которая в дальнейшем обеспечит необходимую температуру выпуска.

В начале окислительного периода в печь присадить известняк (1 % от массы шихты). Затем на нагретый металл присаживать небольшими порциями твердые окислители (железородные окатыши) и известняк.

После закипания ванны разрешается слить шлак из печи самотёком. Длительность окислительного периода 30...40 минут. В течение всего периода шлак постоянно обновляется за счет присадки твердых окислителей, известняка и схода печного окисленного шлака из печи самотёком. В течение окислительного периода должно быть окислено не менее 0,30 % углерода. В конце окислительного периода температура металла на плавках низко- и среднеуглеродистых сталей должна быть не ниже 1600...1610 °С. После получения требуемой температуры и необходимого с учетом последующей доводки (легирования и раскисления металла) содержания углерода, шлак-окислитель полностью скачать из печи (до чистого зеркала металла) деревянными гребками.

После скачивания шлака-окислителя выполнить отбор второй пробы металла на химический анализ для определения содержания углерода в металле.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		68

### *Восстановительный период*

Восстановительный период имеет цель удалить кислород из ванны печи, находящийся в виде различных соединений, снизить содержание серы, довести химический состав до заданного. После окончания окислительного периода в ванну ввести ферромарганец куском на среднее содержание марганца в готовой стали, 45 % кусковой ферросилиций на 0,15 % содержания кремния в стали без учета угара и кусковой алюминий на металлической штанге – 1 кг/т стали.

Далее в печь загрузить шлаковую смесь для образования рафинировочного шлака восстановительного периода. Количество рафинировочного шлака – 2...2,5 % от массы металла. Состав шлака: известняк, шамотный бой, кварцит, флюоритовый концентрат в соотношении 10:1:1:1. Вместо со шлаковой смесью ввести феррохром для легирования на среднее содержание хрома в стали. После этого начинается раскисление шлака.

Состав шлака перед выпуском плавки: 50...55 % CaO, 20...23 % SiO<sub>2</sub>, менее 1 % FeO, не более 10 % MgO. Проба шлака, отобранная перед выпуском плавки должна после остывания рассыпаться в белый порошок.

Легирование металла кремнием производить за 15 минут до выпуска плавки. После растворения ферросилиция в печи, металл выдерживается и тщательно перемешивается. Затем отбирается третья проба на химический анализ.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		69

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Общая характеристика литейного цеха

Конструкция здания проектируемого литейного цеха выполнена в соответствии со СанПиН 2.2.3.1385-03 – «Гигиенические требования к предприятиям производства строительных материалов и конструкций».

Цех стального литья представляет собой одноэтажное здание площадью в 15390 м<sup>2</sup>. Здание цеха относится к каркасному типу. Несущий каркас состоит из железобетонных колонн, стоящих на фундаменте и связанных балками и фермами. Шаг наружных колонн 6 м, внутренних – 6 м. Кровельное покрытие – рубероидный ковер. Покрытие пола – стальные перфорированные плиты толщиной 1,5...3 см.

В соответствии с СП 18.13330.2011 «Генеральные планы промышленных предприятий» (актуализированная редакция СНиП II-89-80 с учетом их требований здание цеха расположено по отношению с ближайшими зданиями жилого комплекса и культурно-бытового назначения с подветренной стороны по отношению к господствующим ветрам.

Температура в цехе в холодный период 15...21 °С, в теплый период 16...27 °С. Предприятие относится ко 2-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.11.1200-2003 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов. Минздрав России». Поэтому территория цеха отделена от жилого массива санитарно-защитной зоной на расстоянии (500 м).

Санитарно-гигиенические требования к вентиляции помещения выполняются по СанПиН 2.04.05-07 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Объем подаваемого воздуха в помещение цеха составляет не менее 60 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего. В холодный переходный периоды года подаваемый в здание системами механической вентиляции воздух подогревается, а удаляемый местными отсосами воздух очищается перед выбросом в атмосферу.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

В соответствии со СанПиН 2.09.02-07 «Производственные здания» литейное производство относится к категории взрыво-пожароопасных. Категория производства – В. По СанПиН 21-01-07 огнестойкость здания – 2 степени.

Помещение проектируемого цеха по опасности поражения электрическим током относится ко второму классу. В цехе установлены щиты с противопожарным инвентарем, ящики с песком, огнетушители.

Для сокращения ручного труда в цехе установлены автоматические линии и промышленные манипуляторы, которые заменили человека на тяжелых, монотонных и вредных операциях.

Для транспортировки грузов предусмотрены сквозные проезды шириной 4 м. Во всех отделениях есть проходы 1,5...3 м. Подача сыпучих материалов осуществляется пневмотранспортом.

## 5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 – ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в цехе можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы:

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

Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		71

В таблице 5.1 представлен анализ опасностей в литейном цехе.

Таблица 5.1 – Анализ опасностей в литейном цехе

Отделения	Наименование технической операции (оборудование)	Применяемые вещества, материалы	Опасные производственные факторы	Вредные производственные факторы	Экологические факторы	Возможные аварии, ЧС
Плавильное	Плавка, разливка, модифицирование (индукционная печь, ковши, мостовой кран)	Шихтовые материалы, модификаторы, жидкая сталь	Повышенная температура поверхности оборудования эл. ток, шум	Загазованность (CO, NO <sub>x</sub> ), интенсивный тепловой поток, шум-84 дБ Пыль=9,9 мг/м <sup>3</sup>	Выделение газов (CO, NO <sub>x</sub> ), избыточное выделение теплоты, пыль	Выплески металла при выпуске из печи, аварии при разливке, травматизм
Формовочно-заливочно-выбивное	Изготовление форм, стержней охлаждение, выбивка, (формовочная машина, выбивная решетка, кран, смесители	Формовочная, стержневая смеси, жидкая сталь	Повышенная температура материалов, эл. ток, движущиеся механизмы	Загазованность рабочей зоны (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ), шум, интенсивный тепловой поток, вибрация	Пыль(SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ), избыточное выделение теплоты, газов	Аварии при работе с оснасткой, травматизм, выплески металла при заливке форм
Шихтовое и склады	Хранение, прием, разгрузка и подготовка материалов (кран, установки для сушки, просева, вагоны)	Лом, возврат, ферро-сплавы, модификаторы, песок, глина и др. форм. материалы	Движущиеся механизмы, эл. ток	Запыленность рабочей зоны ПДК SiO <sub>2</sub> – 2...4 мг/м <sup>3</sup> при содержании в пыли до 50 %	Пыль (FeO)	Разрушение материалов, аварии при перемещении материалов, травматизм
Термообрубное	Очистка, обрубка, механообработка (дробеметный барабан, термопечь, станки)	Готовые отливки, дробь, шлифовальные круги и др.	Повышенная температура материалов, движущиеся тепловые потоки	Загазованность (CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ), тепловой поток, пыль	Пыль(FeO), газ (CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> )	Аварии при работе на обрубном оборудовании, травматизм

### 5.2.1 Загрязнение воздуха рабочей зоны

В литейном цехе к вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, тепловой поток, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления суспензии, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 «СББТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

На жизнедеятельность рабочего большое влияние оказывает газовый состав воздуха. Условия считаются благоприятными при следующем составе воздуха:

- кислорода 19...20 %;
- углекислого газа не более 1 %.

ПДК и классы опасности вредных веществ приведены в таблице 5.2 по ГОСТ 12.1.007-99 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Таблица 5.2 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Оксид углерода	5,0	3
Оксид железа	6,0	3
Диоксид серы	10,0	3
Известняк	6,0	3
Оксид марганца	0,3	2
Кварц	1,0	2
Керосин	300	4
Фенол	0,01	1
Ацетон	200	4



Материалом, содержащим марганец является ферромарганец, применяемый при выплавке стали и чугуна. Физические и химические свойства марганца температура плавления 1224 °С, температура кипения 2095 °С, плотность 7440 кг/м. Взаимодействует с галогенами, серой, фосфором, углеродом, кремнием. При выплавке стали пары марганца соединяются с кислородом воздуха, образуя окислы в виде бурого дыма. Собранный над расплавленной поверхностью дым состоит из MnO. Введенный извне Mn, накапливаясь в митохондриях, изменяет каталитические, энергетические, обменные процессы. Повышает уровень сахара и молочной кислоты в крови. При любых путях поступления соединений марганца особо резкие нарушения обнаруживаются в головном мозге. Изменения обнаруживаются также в печени, почках, реже в сердечной мышце.

Пыль содержит около 80 % диоксида кремния. Типичное заболевание, возникающее под действием кремнесодержащей пыли – силикоз. Наиболее опасен прогрессирующий фиброз лёгочной ткани (пылевой пневмосклероз). В таблице 5.3 представлен дисперсный состав пыли.

Таблица 5.3 – Дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	≤0,7	0,7...7,0	7,0...80,0	>80,0
Содержание, % масс	42	35	16	7

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

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

В соответствии со статьей 221 Трудового кодекса РФ об обеспечении работников средствами индивидуальной защиты в цехе разрабатываются и утверждаются нормы выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты для работников занятых на работах с вредными или опасными условиями труда.

Основной перечень СИЗ:

- костюм защитный;
- куртка защитная;
- ботинки кожаные с защитным подноском;
- перчатки с полимерным покрытием;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;
- очки защитные;
- вкладыши противозумовые;
- СИЗ органов дыхания типа «Лепесток».

#### 5.2.2 Микроклимат на рабочих местах

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

Оценка микроклимата проводится на основе измерений его параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88, которые устанавливаются с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года. Правила и нормы микроклимата предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		75

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

К показателям, характеризующим микроклимат относятся:

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

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

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям (согласно ГОСТ 12.1.005-88) и представлены в таблице 5.4.

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

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

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

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

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

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

### 5.2.3 Шум

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

Уровень звукового давления в производственных помещениях, на постоянных рабочих местах и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА. Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки и обрубки. Параметры шума и общие требования безопасности регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-01.

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

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		77

Таблица 5.4 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
			верхняя граница	на рабочих местах		нижняя граница				
				постоянных	непостоянных					
Холодный	Пб	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	не более 0,4
Теплый	Пб	20...22	27	29	16	15	40...60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2...0,5

Для снижения механического шума используем упругие вставки между деталями и частями агрегатов, а также проводим принудительную смазку трущихся частей, что уменьшает уровень шума на 5...7 дБ. Применение звукопоглощающих кожухов является простым и дешёвым способом снижения шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых стационарного оборудования. Основные положения» [16].

#### 5.2.4 Вибрация

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

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

Местная и общая вибрация вызывают вибрационную болезнь.

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

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

В таблице 5.5 приведены гигиенические нормы вибрации.

Основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов. Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Таблица 5.5 – Гигиенические нормы вибрации

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

### 5.2.5 Освещение

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

Освещение в производственной деятельности, как фактор охраны труда, имеет большое значение. Недостаточное или неправильно устроенное освещение ухудшает зрение работников, вызывает общее утомление, ведет к снижению производительности труда, к увеличению брака в работе и может явиться одной из основных причиной травматизма. Естественное и искусственное освещение производственных и санитарно-бытовых помещений литейного цеха должно соответствовать нормам СанПин 2.1.2.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению».

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

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

Рекомендуемые значения освещённости приведены в таблице 5.6.

Непостоянство естественного света вызывает необходимость использования искусственного и комбинированного освещения.

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

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>80</i>

### 5.3 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность литейного производства обеспечивается выбором техпроцессов и производственного оборудования, помещений и исходных материалов, способом их хранения, транспортирования, а также правильным размещением оборудования, установлением функций работающих, их обучением, использованием средств индивидуальной защиты.

Безопасность технологических процессов достигается соблюдением требований ГОСТ 12.2.003-91 (2001) – ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.3.002-75 (2000) – ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности», использованием средств индивидуальной защиты.

Правильная организация рабочих мест предполагает учет эргономических требований, предусмотренных ГОСТ 12.2.049-80 (2003) – ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

Расстояние между единицами оборудования, а также между оборудованием и стенами производственных зданий, сооружений и помещений должно соответствовать ГОСТ 12.3.002-75 (2000) – ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Для обеспечения безопасности операций по переработке исходных материалов, формовочные и шихтовые материалы хранят в закромах и бункерах. На все поступающие в цех шихтовые и формовочные материалы должны быть токсикологические характеристики. На участке приготовления суспензии, изготовления блоков, плавки стали, термообработки и выщелачивания имеется приточно-вытяжная вентиляция, пожарная сигнализация и средства пожаротушения.

Безопасность работ при заливке форм достигается механическим транспортированием расплавленного металла.

Оградительные устройства служат для предотвращения попадания человека в опасную зону, то есть в пространство, где возможно воздействие опасного или вредного производственного фактора.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		81



Механизация и автоматизация техпроцессов освобождает рабочих от тяжелого физического труда, что снижает травматизм.

Таблица 5.6 – Рекомендуемые значения освещённости

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, ЛК	КЕО, $I_n$ , % при освещении совмещённом
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, заком	горизонталь	IV <sub>a</sub>	150	2,4
Плавление металла	печь	горизонталь, вертикаль	IV <sub>г</sub>	150	2,4
Загрузка шихты	загрузочная площадка, свод	горизонталь	VIII <sub>б</sub>	200	0,7
Изготовление форм	0,8 от пола	горизонталь	VI	300	1,8

#### *Плавильно-заливочное отделение*

Безопасность труда обеспечивается правильной эксплуатацией плавильных печей, разливочных ковшей и подъемно-транспортного оборудования, точным соблюдением шихтовки, подготовки печей и ковшей к плавке шихты.

В плавильном отделении используются индукционные печи, которые работают практически бесшумно.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.7 согласно ГОСТ 12.1.005-88 (2001) – ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху санитарной зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

лист

82

Таблица 5.7 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25...50	70
не более 25	100

Учитывая это, в цехе проводится следующий комплекс мероприятий:

- для предотвращения замыкания в системе электропитания индукционных печей на щитах и пусковых установках устанавливаются сигнальные лампы;
- для удаления вредных испарений над плавильными печами, печами проковки и в местах охлаждения форм установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров согласно ГОСТ 21.602-09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- процесс загрузки шихты в плавильные печи специальными механизированными устройствами;
- после каждого ремонта печи или ковша контролируется качество его выполнения;
- бункеры для шихты имеют угол наклона, обеспечивающий легкое соскальзывание материала;
- грузовые крюки, траверсы, сварные цепи мостового крана перед пуском в работу, подвергаются освидетельствованию, согласно правилам Ростехнадзора;
- на выходе из цеха имеется световое табло, во время работы крана на нем высвечивается надпись: «Проход закрыт. Работает кран»;
- печи снабжены системой контроля футеровки, которая измеряет утечку тока через футеровку печи, обеспечивает индикацию нормальной работы печи, с выдачей аварийного сигнала и отключением установки;
- безопасность выдачи расплава из плавильных печей достигается тщательной подготовкой и просушкой футеровки желобов печей и ковшей;
- заполнять ковш расплавленным металлом допускается не более чем на 7/8 его высоты;

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		83

- для предупреждения травматизма и защиты от теплового и электромагнитного излучения, рабочие снабжены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;

- электрогидравлическая установка полностью механизирована, оборудована блокировкой, закорачивающей батарею конденсаторов, обеспечена световым табло «Высокое напряжение».

Безопасная работа на складе шихты обеспечивается:

- автоматизацией операций навески шихты и доставки ее к печам;
- движущиеся и вращающиеся детали и механизмы имеют защитные ограждения;
- спецодежда для защиты от повышенных температур по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;
- запрещается загружать шихту в грузовую тару выше борта;
- емкости для хранения сыпучих материалов оснащены крышками, их передача производится пневмотранспортом.

#### *Термообрубное отделение*

Вредными факторами термообрубного отделения являются выделение тепла от термической печи, образующиеся во время выщелачивания отливок испарения едкого калия, угарного газа, шум на станках.

Для снижения вредного влияния этих факторов предусмотрено следующее:

- станки и пресса оборудованы защитным ограждением;
- установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров ГОСТ 21.602-09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- рабочие снабжены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		84

- механизмы управления и обслуживания печи расположены в местах неподверженных воздействию высокой температуры и газов согласно ГОСТ 12.2.064-81(2001) – ССБТ «Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности».

### 5.3.1 Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе, его отделениях должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими требованиями и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями, а также контролем по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Литейный цех по опасности поражения электрическим током относится ко второй категории согласно ГОСТ 12.1.019-79 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» (особоопасное), характеризуется наличием химически активной среды, влажностью.

Для защиты электроустановок от перегрузки применяются плавкие предохранители. Рубильники располагаются в заземленных кожухах – ГОСТ 12.1.030-81 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах. Проверка изоляции проводится раз в два месяца. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать: напряжения 2,0 В, силы тока 0,3 мА. По ГОСТ 12.1.038-82 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

На электрощитах и питающих установках должна содержаться предупредительная надпись типа «Высокое напряжение. Опасно для жизни».

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>85</i>

Все оборудование должно быть заземлено. Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта.

Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться монтерские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления – ГОСТ 12.1.019-79 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

### 5.3.2 Пожаровзрывобезопасность

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, горючей пыли. Пожаровзрывобезопасность объекта должна обеспечиваться системой предотвращения взрыва и пожара, системой противопожарной защиты и организационно-техническими мероприятиями по ГОСТ 12.1.004-91(2004) – ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.010-76 (2004) – ССБТ «Взрывобезопасность. Общие требования».

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

Наиболее частыми причинами пожаров служат нарушения технологического режима, неисправность электрооборудования.

В цехе постоянно присутствует расплавленный металл, горючие газы, пыль, пары, поэтому имеет место высокая взрывопожароопасность. Проектируемый цех относится по пожарной опасности к категории «В». Регламентирующие условия пожарной безопасности определяются по ППР «Правила противопожарного режима». Общие требования» и согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>86</i>

Конструкция здания относится ко второй степени огнестойкости. В профилактических целях на участках устанавливаются щиты с противопожарным инвентарем, ящики с песком и огнетушители, сигнализаторы взрывоопасных концентраций и аварийную вытяжную вентиляцию.

В таблице 5.8 представлены температуры воспламенения материалов и гасящие материалы.

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

Взрыв или возгорание газообразных или смешанных горючих веществ, смесей наступает при определенном содержании этих веществ в воздухе. Основными мерами предупреждения взрывов является контроль концентрации пыли. Причем температура деталей оборудования, соприкасающихся с пылью должна быть ниже температуры воспламенения.

Для более раннего обнаружения начавшегося пожара и оповещения о нем, в цехе установлены электрическая пожарная сигнализация, а также используется телефонная сеть.

#### 5.4 Охрана природной среды

Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды". Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации. Литейное производство, как и другие отрасли промышленности, является загрязнителем окружающей среды. В процессе производства образуются различные газообразные

					22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		87

отходы и пыль, которые загрязняют атмосферу, кроме того, происходит загрязнение воды, а также образование твердых отходов, таких как шлака, отработанной смеси и др. Наиболее крупными источниками пыли и газовой выделений в атмосферу в литейном цехе являются: дуговые плавильные печи; участки складирования и переработки шихты, формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья. Снижение, а по возможности предотвращение попадания вредных веществ за пределы цеха, является основной задачей по охране природной среды [17].

Таблица 5.8 – Пожаро- и взрывоопасные вещества, гасящие материалы

Вещество	Температура Воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Взрывоопасное содержание в воздухе, %	Материалы, применяемые при тушении пожара
Спирт этиловый	13	425	3,61...19,00	Ящик с песком, асбест, огнетушащие пены
Оксид углерода	100	750	4,30...45,50	
Фенол	79	595	0,30...2,40	
Ацетон	20	465	2,50...12,80	
Керосин	>40	465	0,64...7,00	

#### 5.4.1 Очистка выбросов в атмосферу

Для очистки вентиляционных выбросов в цехе используются аспирационные системы. Система аспирации включает в себя: бортовой отсос, который помогает уловить вредные выбросы, наклонные воздуховоды из толстостенной стали, которые отводят воздух с пылью от местного отсоса до улицы, высоконапорный вентилятор, систему очистки выбросов.

Для очистки воздуха, выбрасываемого вытяжной вентиляцией от содержания в нем вредных примесей в виде пыли неорганической и спирта этилового установлен циклон-промыватель типа ЦС-11-400 со степенью очистки 70 %, производительность по воздуху 970...1270 м<sup>3</sup>/ч.

Для очистки вентиляционных выбросов от загрязняющих веществ (пыли неорганической, пыли абразивной) применяются циклоны типа ВЦНИИОТ №9 со степенью очистки 65 %, производительность по воздуху 300 м<sup>3</sup>/ч.

В плавильном отделении уходящие газы от дуговых печей очищают от взвешенных в них твердых или жидких частиц электрофильтры и циклоны типа СИОТ № 4 со степенью очистки 73 %, производительность 6000 м<sup>3</sup>/ч.

Для удаления абразивно-металлической пыли из зоны обдирочно-шлифовальных станков применяют кожух-пылеуловитель КПТОК.

#### 5.4.2 Очистка производственных сточных вод

Очистка сточных вод производится механическим способом. Для этого применяют отстойники и фильтры. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, а поверхностные загрязнения (нерастворенные и частично коллоидальные загрязнения минерального и органического происхождения) – радиальным отстойником 2К-30М с производительностью по воде 2900 м<sup>3</sup>/ч.

Тепло отходящих газов термической печи и установки для сушки ковшей используется в хозяйственно-бытовых нуждах цеха. Получить водяной пар, необходимый для технологических нужд, позволяют котлы-утилизаторы.

#### 5.4.3 Обезвреживание и утилизация отходов

Литейное производство характеризуется высоким расходом сырьевых и энергетических ресурсов, и поэтому очень важным является решение вопросов экономии и организации процессов замкнутого цикла.

Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистой аппаратуры. Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. При условии соответствующего

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		89



складирования и последующей рекультивации отходы не должны наносить серьезного ущерба окружающей среде.

С целью экономии ресурсов и снижения расхода исходных материалов, 80 % отходов литейного цеха (из расчета на одну тонну залитого металла) идет на дальнейшую переработку, для введения их в производственный цикл (регенерация отработанных смесей, переплав возврата и т.д.), остальные же 20 % увозится на объект ООО «Полигон ТБО» в п. Полетаево Сосновского района.

Одним из рациональных способов защиты литосферы от производственных отходов является освоение технологий по сбору и переработки отходов.

Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. Согласно Федерального закона № 89-ФЗ от 24.06.98 г "Об отходах производства и потребления".

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		90

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были разработаны литейные технологии производства стальной отливки «Крышка».

В технологической части разработан технологический процесс изготовления отливки «Крышка» из стали 20ГЛ в соответствии с ГОСТ 977-88 по технологии ХТС.

Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей, дано описание технологии сборки и заливки формы, выбивки и очистки отливки.

Дуговая электроплавка осуществляется на печах ДППТ-6.

Для изготовления литейных форм используется формовочная линия фирмы FАТ работающая по технологии ХТС Это дает возможность получения 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.

Спроектированные участки цеха стального литья отвечает всем требованиям строительным и санитарным нормам и правилам.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>91</i>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Состояние и перспективы развития литейного производства России.– [http://www.unido-russia.ru/archive/num13/art13\\_9/](http://www.unido-russia.ru/archive/num13/art13_9/)
2. Технологические процессы и оборудование для модернизации литейного производства в машиностроении. Сборник руководящих технических материалов по современным эффективным технологическим процессам формообразования точных отливок для деталей в машиностроении. – М.: ИЦТМ «Металлург», 2002. – 281 с.
3. Могилев, В. К. Справочник литейщика: справочник для профессионального обучения рабочих на производстве / В. К. Могилев, О. И. Лев. – Москва: Машиностроение, 1988. – 272 с.
4. «Марочник стали и сплавов». – [http://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=215](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=215).
5. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку (с Изменениями N 1, 2). – М.: Стандартиформ, 2010. – 38 с.
6. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: учебник / Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.
7. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л. Г. Знаменский, В. К. Дубровин, Б. А. Кулаков, В. И. Швецов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999. – 163 с.
8. Смирнов, М.А. Основы термической обработки стали / М.А. Смирнов, В.М. Счастливец, Л.Г. Журавлев. Екатеринбург: УРО РАН, 1999. – 496 с.
9. Лахтин, Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов: учебник для металлургических специальностей / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
10. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский,

22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

лист

92

О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 144 с.

13. Трухов, А.П. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы / А. П. Труханов. – М.: Академия, 2005. – 528 с.

12. Производство стальных отливок: учебник для вузов / Л.Я. Козлов, В.М. Колокольцев, К.Н. Вдовин и др.; под ред. Л.Я. Козлова. – М.: «МИСИС», 2003. – 352 с.

13. Современные методы формообразования и обработки заготовок деталей машин / Б.А. Калачевский, Б. И. Калмин, Б. Г. Колмаков, М. С. Корытов, – Омск: Издательство СибАДИ, 2003. – 195 с.

14. Лукьянов, В.И. Оборудование литейных цехов: учебное пособие / В.И. Лукьянов, К.В. Шаров, А.М. Ханов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. потитехн. ун-та, 2014. – 421 с.

15. «Технико-экономические результаты промышленного освоения дуговых печей постоянного тока нового поколения». – <http://www.ruscastings.ru/files/file100.pdf>.

16. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая. – М.: Высшая школа, 2009. – 616 с.

17. Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. – М.: ФОРУМ, 2009. – 496 с.

					<i>22.03.02.2020.139.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		93

**Компоненты шихты**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%
43,376	53,909	0,598	0,330	1,787	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Количество  
компонентов

**100,000** %

**Химический состав шихтовых материалов**

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%
<b>C</b>	0,200	0,200	3,400	0,100	1,000						
<b>Si</b>	0,000	0,000	0,000	45,000	6,000						
<b>Mn</b>	0,000	0,000	0,000	0,400	78,000						
<b>S</b>	0,040	0,040	0,030	0,020	0,020						
<b>P</b>	0,040	0,040	0,100	0,030	0,030						

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

22.04.02.2020.139.00.00 ПЗ

94

Лист

**Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали  
20ГЛ**

<b>X1,%</b>	<b>X2,%</b>	<b>X3,%</b>	<b>X4,%</b>	<b>X5,%</b>	<b>X6,%</b>	<b>X7,%</b>	<b>X8,%</b>	<b>X9,%</b>	<b>X10,%</b>	<b>X11,%</b>	<b>X12,%</b>
43,376	53,909	0,598	0,330	1,787	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ограничения по  
хим.составу

min      normal      max

<b>C</b>	0,150	0,233	0,250
<b>Si</b>	0,200	0,256	0,400
<b>Mn</b>	1,200	1,395	1,600
<b>S</b>	0,000	0,040	0,040
<b>P</b>	0,000	0,040	0,040
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000

<b>X1</b>	Возврат
<b>X2</b>	Лом стальной А1 ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун пердедельный П1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций марки ФС45-2 по ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	ферромарганец марки ФМн78 по ГОСТ 4755-91
<b>X6</b>	

22.04.02.2020.139.00.00 ПЗ

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата