

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«Южно-Уральский государственный университет**  
**(национальный исследовательский университет)»**  
**Институт политехнический**  
**Факультет заочный**  
**Кафедра литейного производства**

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
д.т.н., профессор  
\_\_\_\_\_/Б.А. Кулаков/  
(подпись) (И.О. Ф.)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Литейные технологии производства отливки  
«Изложница для слитка 17,5 тонн»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**  
**ЮУрГУ–22.03.02.2020.135.00.00. ПЗ ВКР**

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_  
(должность)  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Ф.)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор проекта  
студент группы ПЗ-537

\_\_\_\_\_/Крист А.В./\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Ф.)  
«15» \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
(должность)  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Ф.)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Крист А. В. Литейные технологии производства отливки «Изложница для слитка 17,5 тонн». – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-537, 2020, 100 с., 14 ил., библиогр. список – 18 наим., 4 прил., 6 листов чертежей ф. А1

Целью выпускной квалификационной работе является разработка литейных технологий производства отливки «Изложница для слитка 17,5 тонн».

В технологической части работы разработан технологический процесс изготовления отливки «Изложница для слитка 17,5 тонн» из пердедельного чугуна марки ПЛ1.

В проектной части выбрано и рассчитано требуемое количество машин для всех отделений. Выбран состав формовочных и стержневых смесей, определен состав шихты и технология плавки сплава.

В специальной части проекта рассмотрены современные процессы регенерации формовочной смеси для чугунного литья.

Раздел безопасность жизнедеятельности проработаны вопросы безопасной работы литейного цеха.

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Крист А.В.</i>			<i>Литейные технологии производства отливки «Изложница для слитка 17,5 тонн»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Ердаков И.Н.</i>				<i>Д</i>	<i>100</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>				<i>Гр. ПЗ-537</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Кулаков Б.А.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
2.1 Назначение детали «Изложница».....	15
2.2 Анализ технологичности отливки.....	17
2.3 Выбор способа изготовления отливки.....	18
2.4 Выбор положения отливки в форме.....	19
2.5 Определение поверхности разъема формы.....	20
2.6 Определение припусков на механическую обработку и формовочных уклонов.....	21
2.7 Определение количества и конструкции стержней.....	21
2.8 Определение литейной усадки.....	22
2.9 Определение количества и конструкции прибылей, выпоров и холодильников.....	22
2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы	
2.10.1 Расчет времени заполнения формы.....	22
2.10.2 Расчет параметров стопорного ковша.....	24
2.10.3 Расчет площадей поперечных сечений элементов литниковой системы.....	25
2.11 Оборудование плавильного отделения.....	27
2.12 Технология изготовления форм и стержней.....	32
2.13 Финишные операции.....	34
2.14 Брак и контроль качества отливок.....	35
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ	
3.1 Производственная программа.....	38
3.2 Структура литейного цеха.....	39
3.3 Режим работы цеха.....	41
3.4 Плавильное отделение.....	43
3.4.1 Оборудование плавильного отделения.....	48
3.4.2 Расчет шихты.....	48
3.4.3 Расход шихтовых материалов.....	49
3.4.4 Расчет оборудования плавильного отделения.....	50
3.4.5 Расчет потребности в ковшах.....	51
3.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение.....	53

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

4

3.5.1	Технология изготовления форм и стержней.....	55
3.5.2	Выбор оборудования для участка формовки.....	57
3.5.3	Определение количества оборудования для формовочно-заливочно-выбивного участка.....	60
3.5.4	Выдержка отливок в формах.....	61
4	СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ЧУГУННОГО ЛИТЬЯ».....	62
4.1	Степень регенерации.....	66
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1	Общая характеристика литейного цеха.....	70
5.2	Анализ опасных и вредных факторов рабочей среды и трудового процесса	
5.2.1	Вредные вещества.....	72
5.2.2	Вибрация.....	74
5.2.3	Шум.....	75
5.2.4	Электромагнитные излучения.....	76
5.2.5	Освещение.....	77
5.3	Микроклимат.....	78
5.4	Электробезопасность.....	80
5.5	Пожаровзрывобезопасность.....	81
5.6	Безопасность производственных процессов и оборудования.....	82
5.7	Охрана природной среды.....	84
5.7.1	Очистка выбросов в атмосферу.....	85
5.7.2	Очистка производственных сточных вод.....	85
5.7.3	Обезвреживание и утилизация отходов.....	86
5.8	Гражданская оборона и защита от чрезвычайных ситуаций.....	88
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	90
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	91
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расчет шихты СЧ20.....	93
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Расчет шихты 40ГЛ.....	95
	ПРИЛОЖЕНИЕ В. Расчет шихты 35Л.....	97
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Расчет шихты 110Г13Л.....	99

## ВВЕДЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работе является разработка литейных технологий производства отливки «Изложница для слитка 17,5 тонн». Для достижения поставленной цели нужно выполнить несколько задач:

- подобрать оптимальное технологическое оборудование, обеспечивающее получение годной продукции при минимальных затратах;
- рассчитать необходимое количество основного оборудования;
- описать технологический процесс;
- выбрать основные и вспомогательные материалы для производства продукции;
- выполнить компоновочную планировку выбранного и рассчитанного оборудования.

Объектом данной работы является цех чугунного и стального литья с переменной номенклатурой. Современные технологии и материалы позволяют получать формы, подходящие для заливки чугуном и стали разных марок с небольшими изменениями по составу, но изготавливаемые на одном оборудовании.

Наличие компьютерного управления в формовочных, стержневых и смесеприготовительных машинах позволяет переходить на различные рецепты в течении нескольких минут.

*22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ*

*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 %.

Реализация крупных проектов в области машиностроения и литейного производства может быть осуществлена различными способами и в разных

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

масштабах. Возможно формирование государственной программы развития, изложенной, например, в Концепции формирования государственной комплексной программы развития машиностроения России. Эту программу подготовил Российский союз машиностроителей под руководством Председателя Союза С.В. Чемезова (руководитель корпорации «Ростехнологии»). Для литейщиков трудно создать единую программу, поскольку литейное производство обеспечивает разные отрасли машиностроения, и везде необходима разная номенклатура продукции, а значит, различные технологии и оборудование, имеются свои требования и особенности. Поэтому для литейного производства целесообразны программы и проекты применительно к отдельным отраслям машиностроения.

Некоммерческое партнерство «Союз литейщиков Санкт-Петербурга» разработало и планирует реализовать проект создания современного литейно-механического комплекса применительно к локализации производства компонентов для работающих в России сборочных заводов зарубежных марок автомобилей, заводов электробытовой техники, а также для поставки комплектующих на российские заводы автомобильной, тракторной, электробытовой техники и на европейский рынок.

Комплексный подход к созданию подобного производства заключается в следующем.

Современное литейно-механическое производство создается в рамках реализации проекта под названием «Многофункциональный технопарк с литейно-механическим производством для локализации изготовления и поставки комплектующих изделий для машиностроения (автомобилестроения и электробытовой техники) и учебным центром».

Цели данного проекта:

- разработать и осуществить индивидуальный план развития литейно-механических предприятий, создания конкурентоспособных производств литейной продукции для отечественного и зарубежного рынка: от модернизации системы организации и управления, логистики, продаж и качества, до фактической модернизации производства и обучения кадров;

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

- создать многофункциональный технопарк на основе действующего предприятия для предоставления всех сопутствующих услуг литейно-механическим заводам (лаборатория, испытания, сертификация, сервисная служба), обеспечения их специализации, доведения до реализации отечественных разработок ученых, технологов и конструкторов.

В рамках данного проекта, полностью соответствующего целям программы модернизации литейного производства России, планируется решить проблему повышения эффективности многономенклатурного уникального и мелкосерийного производства с помощью создания технологического комплекса современными методами организации и управления в совокупности с соответствующим оборудованием, которое сможет обеспечить полную обработку заданных изделий при повышенной производительности труда и приближении к автоматизации технологии. В данном случае речь идет об организации таких производственных комплексов, которые обладают высокотехнологичными средствами компьютерного моделирования, быстрого прототипирования и технологий прямого производства изделий наукоемкого машиностроения.

Учитывая необходимость максимизации экономического эффекта от внедрения технологий быстрого прототипирования и прямого производства, в структуре данных комплексов должны быть созданы несколько лабораторий, отвечающих за освоение и применение следующих взаимосвязанных технологий и направлений: «Разработка и ведение проектов», «Конструкторско-технологическая подготовка производства», «Быстрое прототипирование и прямое производство», «Центр принятия решений», «Производство на базе оборудования с ЧПУ».

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:

					22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9



- 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, выполняющих данного рода работы.

Реконструкция литейных цехов осуществляется на базе новых экологически чистых технологических процессов и материалов, прогрессивного оборудования, обеспечивающих получение высококачественных отливок, отвечающих мировым

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

стандартам. В реконструированных цехах около 70 % установлено импортное оборудование.

Плавка и внепечная 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 внепечной 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, 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.

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

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

11

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: пескодупно-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 триэтиламином, триметиламином, диметилэтиламином; 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).

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

12

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), «Динея» (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 организует 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.

С 16 по 20 сентября 2013 в Екатеринбурге прошел XI съезда Российской ассоциации литейщиков.

Вице-губернатор – руководитель администрации губернатора Свердловской области Яков Силин принял участие в торжественном открытии XI международного съезда литейщиков и VIII международного научно-промышленного форума "Техническое перевооружение машиностроительных предприятий России". Свои достижения участники форумов представили на специализированных выставках литейной продукции и станкостроительной отрасли, открывшихся на площадках МВЦ "Екатеринбург-Экспо".

В настоящее время литейное производство в области представляют более 50 предприятий. Литье – важная составляющая часть промышленности в целом, так как литейное производство составляет основу машиностроения. Если нет качественной отливки, значит, нет и качественной машины. Именно поэтому в

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>13</i>

региональной программе развития промышленности большой раздел посвящен именно литейному делу.

В этом году область выделила порядка 300 млн. руб. на субсидирование процентной ставки под модернизацию производства в промышленности, в следующем году сумму планируется увеличить до 1 млрд. руб. При этом средства будут направлены не только на субсидирование процентной ставки, но и на закупку оборудования, обучение кадров, оказание помощи при выходе на мировые рынки.

"Сегодня мы видим инновации в промышленности, в реальном секторе экономики. Видя уровень развития других регионов и стран, мы осознаем свое место, свой уровень и ставим для себя задачи, которые нам предстоит выполнить. У нас есть свои достижения, которые мы демонстрируем миру, но нам надо развиваться и двигаться дальше. Свердловская область – один из ключевых регионов России, где концентрация промышленного производства в четыре раза превышает среднероссийские показатели, где на протяжении многих лет демонстрируются устойчивые тенденции развития. Поэтому для нас важно, чтобы форумы подобного рода проходили именно на нашей, уральской, земле. Мы благодарны всем, кто прибыл сегодня к нам, надеемся на долгосрочное и перспективное сотрудничество и плодотворную работу", – отметил Яков Силин [2].

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

14

## 2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

### 2.1 Назначение детали «Изложница»

Для разливки стальных слитков в большинстве случаев применяют сквозные чугунные расширяющиеся кверху изложницы. Внутренняя форма изложницы определяется требуемыми размерами и геометрической формой слитка. Сечение таких изложниц чаще всего шестигранное и восьмигранное, но может быть также двенадцати и шестнадцатигранное. Стенки изложниц, как правило, выпуклые во внутреннюю ее часть, а сопряжения между гранями имеют закругления. Общий вид изложницы для крупного кузнечного слитка приведен на рисунке 2.1.

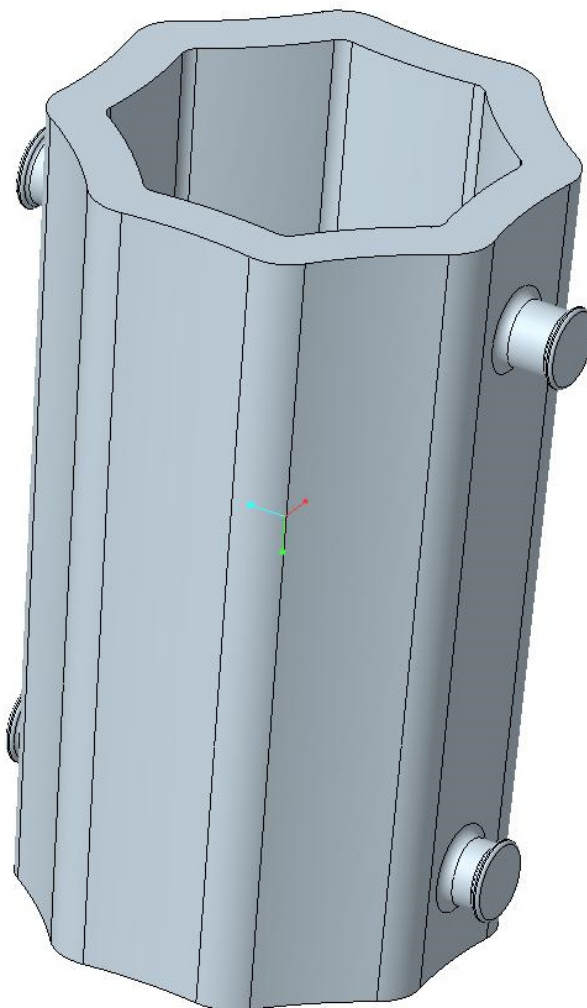


Рисунок 2.1 – 3D модель детали «Изложница»

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		15

К числу особенностей эксплуатации изложниц следует отнести достаточно жесткий режим повторяющегося термического удара при заливке металла и последующего прогрева стенки изложниц до температур порядка 800...1000 °С в ходе каждого цикла эксплуатации. При этом дополнительно следует учитывать, что стенка изложницы прогревается неравномерно как по сечению, так и по высоте. С другой стороны, режимы эксплуатации изложниц могут значительно изменяться в каждом конкретном плавильном цехе, а также сильно зависеть от реально сложившейся производственной ситуации. В целом же удельный расход изложниц на тонну стали составляет в среднем 25...45 кг.

Для захвата изложниц при работе и транспортировке на их теле имеются различные приспособления. Крупные изложницы отливают со специальными литыми цапфами.

Практика сталелитейного производства показывает, что для подавляющего количества изложниц успешно используется различного рода чугуны. Выплавка чугуна для изложниц крупных слитков обычно осуществляется непосредственно в условиях конкретного сталеплавильного цеха. Между тем, в настоящее время нет единого мнения о том, какие марки чугуна целесообразно использовать в том или ином случае. Наиболее сложным является вопрос о регламентации формы графита в изложнице, поскольку этот параметр обеспечивает вариабельность свойств чугуна в весьма широких пределах. Поэтому при выборе материала изложницы во внимание принимается характер дефектов (трещин), возникающих в стенках изложниц в процессе эксплуатации в совокупности с показателем стойкости изложницы по превалирующим дефектам [3].

Одной из главных задач развития черной металлургии является повышение качества выплавляемой стали и готового проката, и снижение себестоимости. Одной из статей снижения себестоимости является эксплуатация сменного оборудования с минимальным расходным коэффициентом. Повышение качественных и экономических показателей металлургического производства частично зависит от качества и стоимости сталеразливочного оборудования в частности изложниц. Усилиями коллективов научно-исследовательских институтов и заводских

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

16

лабораторий определяются пути совершенствования качества и повышения срока службы изложниц, однако ряд вопросов все еще является проблематичным и недостаточно решенным. Особого внимания заслуживают следующие направления:

- улучшение качества чугуна, применяемого для производства изложниц;
- повышение термостойкости рабочей поверхности изложниц;
- уход за парком эксплуатируемых изложниц (чистка, смазка, ремонт и т.д.);
- поиск методов эксплуатации изложниц для повышения их стойкости.

Учитывая, что сокращение расхода изложниц и повышения их стойкости является резервом в сокращении затрат на производство стали, следует больше внимания уделять качеству изготовления и эксплуатации изложниц.

## 2.2 Анализ технологичности отливки

Изготовление отливки с заданными линейными размерами, конфигурацией, физико-механическими свойствами (прочность, твердость, плотность, структура и т.п.), шероховатостью поверхности и другими требованиями может осуществляться различными методами [4].

Анализ чертежа детали «Изложница» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем в разовой песчаной форме.

При отливке в разовых формах обеспечивается более равномерная макро- и микроструктура чугуна в стенках изложницы и меньшая разностенность.

Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, толщина стенки изложницы – 170 мм, габаритные размеры детали 1732x1468,7x2400 мм. Данная изложница предназначена для получения шестигранного слитка весом 17500 кг. На рисунке 2.2 показана 3D модель слитка.

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

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист



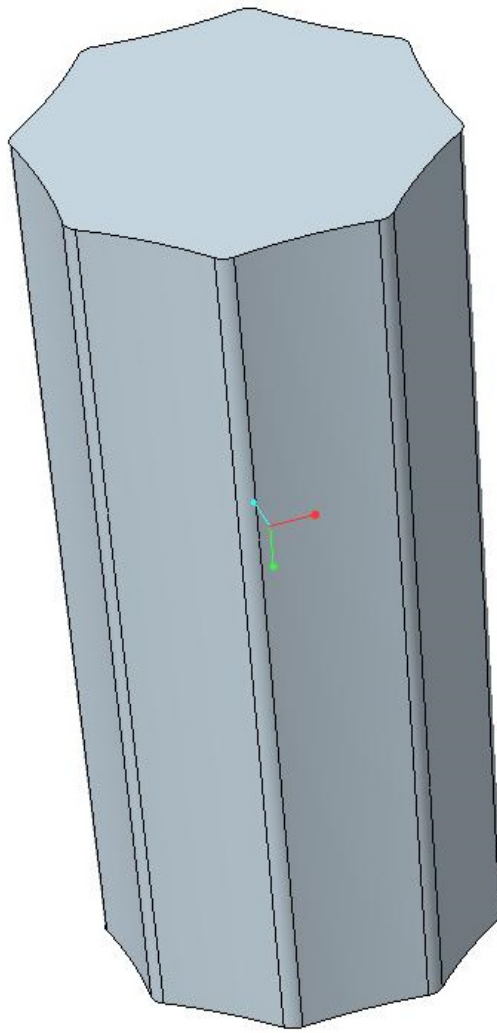


Рисунок 2.2 – 3D модель слитка

Технические требования:

- литейные уклоны не более  $2^\circ$ ;
- неуказанные радиусы 8...10 мм;
- точность отливки 10-11-10-12 ГОСТ Р53464-2009;
- литейная усадка – 0,9 %.

### 2.3 Выбор способа изготовления отливки

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

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

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

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

Так как изложницы, как правило, производятся мелкой серией оптимально применять формовку по чистой модели в единой формовочной смеси.

## 2.4 Выбор положения отливки в форме

От положения отливки в форме в период затвердевания зависит качество и плотность металла отливки, количество дефектов, количество стержней, необходимых для оформления внутренних и наружных полостей отливки.

Для производства отливки «Изложница» можно предложить несколько вариантов положения отливки в форме в период заливки и затвердевания. Первый вариант – горизонтальное расположение отливки, ось «Изложницы» совпадает с разъемом. Второй и третий вариант – вертикальное расположение отливки в форме, ось «Изложницы» перпендикулярна поверхности разъема. Возможные варианты расположения отливки «Изложница» показаны на рисунке 2.3.

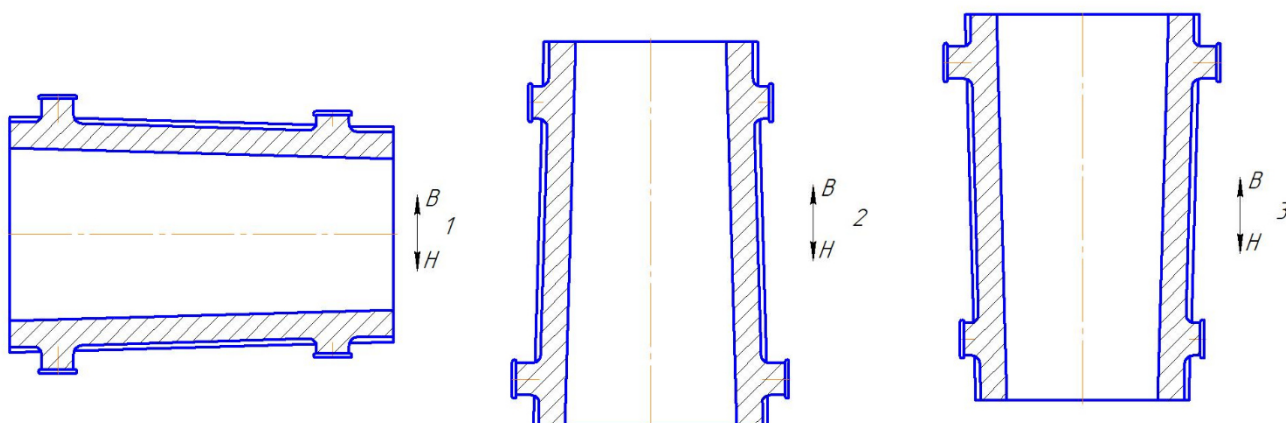


Рисунок 2.3 – Варианты расположения отливки в форме

Наилучшим положением отливки является расположение отливки осью вертикально большим основанием вниз. Оно позволит получать отливку в средней полуформе, получить наиболее равномерную и спокойную заливку формы, надежную сборку и фиксацию центрального болвана.

## 2.5 Определение поверхности разъема формы

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

При изготовлении данной отливки форма имеет две поверхности разъема. Отливка в данном случае располагается в средней полуформе. Однако двух разъемов формы недостаточно, модель изготавливается с четырьмя отъемными частями для оформления цапф. Для оформления бортика цапфы применяется специальный шаблон. Разъемы формы показаны на рисунке 2.4.

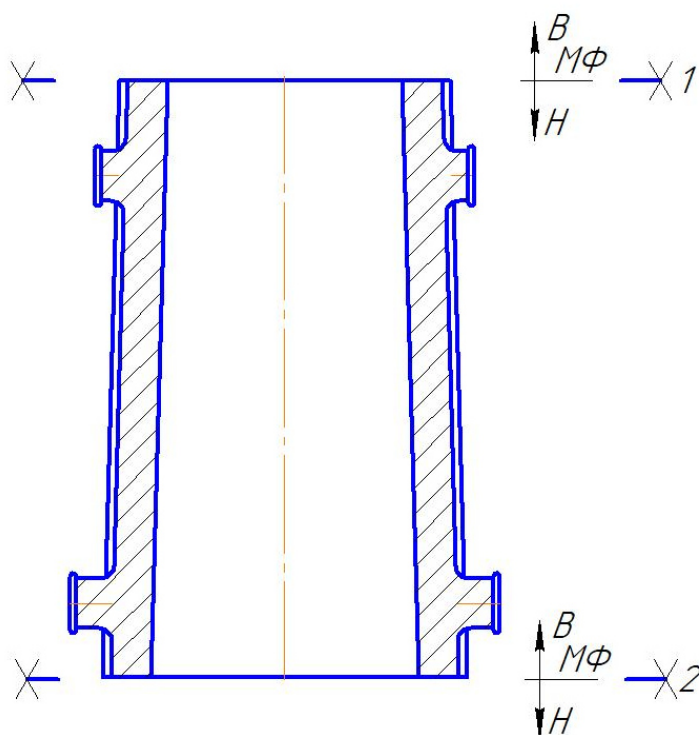


Рисунок 2.4 – Разъем формы для отливки «Изложница»

## 2.6 Определение припусков на механическую обработку и формовочных уклонов

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

Припуски на механическую обработку для отливок из черных и цветных металлов и сплавов назначаются по ГОСТ Р53464-2009.

Точность отливки 10-11-10-12 по ГОСТ Р53464-2009.

Величины припусков приведены на чертеже «Элементы литейной формы».

Для легкого извлечения модели из формы, на ее рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92. Формовочные уклоны для данной отливки назначаются в сторону увеличения толщины стенки и составляют 2°.

## 2.7 Определение количества и конструкции стержней

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

Для производства данной отливки не требуются стержни, однако для получения внутренней конфигурации отливки необходим специальный болван, который получают по чистой модели [5].

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

## 2.8 Определение литейной усадки

Процесс формирования структуры в реальных отливках зависит от многих факторов, которые определяются свойствами каждого конкретного сплава, формы и конструкции отливки. На затвердевание влияют теплофизические свойства сплава и формы, температура заливки сплава и формы перед заливкой, металлоемкость формы и средняя толщина стенки отливки и другие факторы.

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

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

Литейную усадку для данной отливки принимаем 0,9 %.

## 2.9 Определение количества и конструкции прибылей, выпоров и холодильников

При изготовлении отливок из чугуна не требуется дополнительного питания отливки, так как у чугуна низка усадка.

## 2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

### 2.10.1 Расчет времени заполнения формы

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

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

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле [6]:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m}, \quad (2.1)$$

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;

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

Подставляя в формулу (2.1) значения коэффициента  $S=2$  (для отливок из чугуна), преобладающая толщина стенки отливки  $\delta=170$  мм,  $m=11845$  (отливка с литниками – 3 % на литники) кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt[3]{170 \cdot 11845} = 252 \text{ с.}$$

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

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (2.2)$$

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 (2.2) значения высоты отливки  $C=2400$  мм,  $\tau_{\text{опт}}=252$  с, получим:

$$V_{\text{ср}}=2400/252 = 9,5 \text{ мм/с.}$$

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

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

## 2.10.2 Расчет параметров стопорного ковша

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

$$\omega = \frac{G_{\Phi}}{\tau}, \quad (2.3)$$

где  $\omega$  – весовая скорость истечения металла, кг/с.

$$\omega = \frac{11845}{252} = 46,9 \text{ кг/с.}$$

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

Таблица 2.1 – Параметры стопорного ковша

Диаметр стаканчика, мм	Площадь стаканчика, см <sup>2</sup> $f_{\text{стак}}$	Емкость, т	Максимальный уровень в ковше, см	Средний внутренний диаметр, см
70	38,465	20	165	164,2

Затем рассчитываем площадь стаканчика по формуле:

$$f_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.4)$$

$$f_{\text{ст}} = \frac{3,14 \cdot 70^2}{4} = 38,465 \text{ см}^2.$$

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

$$H_{\text{к}} = 13,13 \cdot \frac{\omega^2}{f_{\text{ст}}^2}, \quad (2.5)$$

$$H_{\text{к}} = 13,13 \cdot \frac{46,9^2}{38,465^2} = 19,52 \text{ см.}$$

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

$$\Delta H = 182 \cdot \frac{\sum G_{\phi}^2}{D_{\text{CP}}^2}, \quad (2.6)$$

где  $\sum G_{\phi}$  – металлоемкость одной формы, кг;

$D_{\text{CP}}$  – средний диаметр разливочного ковша, см.

$$\Delta H = 182 \cdot \frac{11845^2}{164,2^2} = 79,958 \text{ см.}$$

Начальный уровень металла в ковше рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{H}} = H_{\text{K}} + \Delta H, \quad (2.7)$$

$$H_{\text{H}} = 79,958 + 19,52 = 99,478 \text{ см.}$$

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

$$\omega_{\text{H}} = 0,276 \cdot f_{\text{CT}} \cdot \sqrt{H_{\text{нач}}}, \quad (2.8)$$

$$\omega_{\text{H}} = 0,276 \cdot 38,465 \cdot \sqrt{99,478} = 105,886 \text{ см.}$$

Проверяем правильность расчетов по неравенству:

$$\frac{\omega_{\text{H}}}{\omega} \leq 1,3,$$

$$0,419 \leq 1,3.$$

Неравенство выполнено, значит расчеты верны.

### 2.10.3 Расчет площадей поперечных сечений элементов литниковой системы

Так как система является расширяющейся, то узким сечением является стояк.

Суммарную площадь поперечных сечений стояков определяют по формулам:

$$\Sigma F_{\text{ст}} = f_{\text{CT}} \cdot \frac{\mu_{\text{K}}}{\mu_{\text{Л.С.}}} \cdot \sqrt{\frac{H_{\text{H}}}{H_{\text{Л.С.}}^{\text{H}}}}, \quad \Sigma F_{\text{ст}} = f_{\text{CT}} \cdot \frac{\mu_{\text{K}}}{\mu_{\text{Л.С.}}} \cdot \sqrt{\frac{H_{\text{K}}}{H_{\text{Л.С.}}^{\text{K}}}}, \quad (2.9)$$

где  $\mu_{\text{K}}$  – коэффициент расхода ковша ( $\approx 0,89$ );

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

$H_{\text{H}}$  – начальный уровень металла в ковше, см;

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25



$H_K$  – конечный уровень металла в ковше, см;

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

$H_{л.с.}^K$  – начальный напор в литниковой системе, см.

Начальный и конечный напор в литниковой системе рассчитывается по формуле:

$$H_{л.с.}^H = H_H + h + H_{СТ} , \quad (2.10)$$

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

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

$$H_{л.с.}^K = H_K + h + H_{СТ} - P , \quad (2.11)$$

$$H_{л.с.}^H = 99,478 + 20 + 233 = 352,478 \text{ см},$$

$$H_{л.с.}^K = 19,52 + 20 + 233 - 200 = 72,52 \text{ см}.$$

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

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

$$\Sigma F_{ст} = 38,465 \cdot \frac{0,89}{0,38} \cdot \sqrt{\frac{99,478}{352,478}} = 47,860 \text{ см}^2;$$

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

$$\Sigma F_{ст} = 38,465 \cdot \frac{0,89}{0,38} \cdot \sqrt{\frac{19,52}{72,52}} = 46,74 \text{ см}^2;$$

Выбираем наибольшее значение суммарной площади сечений стояка.

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

$$\Sigma F_{ст} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{пит} = 1 : 1,5, \quad (2.12)$$

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

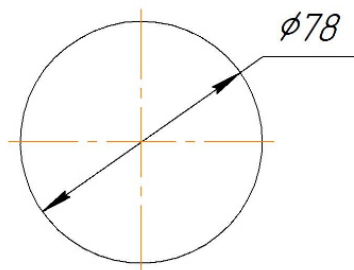
$\Sigma F_{ст}$  – площадь сечения стояка.

Металл в форме подводится к одной отливке через один стояк и один питатель.

$$\Sigma F_{пит} = 1,5 \Sigma F_{ст} = 1,5 \times 27,86 = 71,79 \text{ см}^2.$$

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

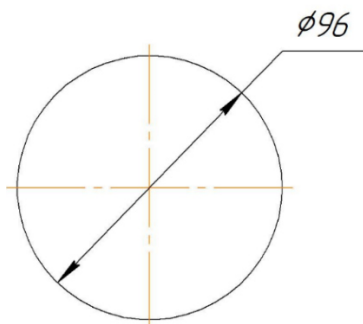
Эскиз сечения стойака представлен на рисунке 2.5.



$$F_{\bar{n}} = 47,86 \text{ см}^2$$
$$\text{Кол.} = 1 \text{ шт.}$$
$$\Sigma F_{\bar{n}} = 47,86 \text{ см}^2$$

Рисунок 2.5 – Эскиз сечения стойака

Эскиз сечения питателя представлен на рисунке 2.6.



$$F_{\bar{c}} = 71,79 \text{ см}^2$$
$$\text{Кол.} = 1 \text{ шт.}$$
$$\Sigma F_{\bar{c}} = 71,79 \text{ см}^2$$

Рисунок 2.6 – Эскиз сечения питателя

## 2.11 Оборудование плавильного отделения

Выбор плавильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда

обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовыделений и отходов плавки, а также эффективностью производства.

В литейном цехе планируется производить чугунные отливки, в таких условиях целесообразно применение дуговой печи постоянного тока ДППТ. Выбранный плавильный агрегат позволяет получать сталь любой марки и синтетический чугун из стали.

Дуговая печь используется в литейном производстве и металлургической промышленности для выплавки углеродистых и легированных марок сталей. Дуговые печи постоянного тока вобрали в себя накопленный опыт эксплуатации и конструирования дуговых сталеплавильных печей переменного тока и мощных преобразователей постоянного тока. Аналогичное конструктивное исполнение элементов печей переменного тока и печей постоянного тока – кожух, свод, механизм наклона печи и перемещения электрода, одинаковая схема загрузки шихты и разлива металла, использование одних и тех же огнеупорных материалов – позволяют хорошо вписать дуговые печи постоянного тока в существующие технологические линии литейных и металлургических цехов, почти полностью используя разработанные технологические процессы плавления и рафинирования металла.

Дуговая печь постоянного тока, представленная на рисунке 2.7, содержит корпус 1 с днищем 2, свод 3, расположенную ниже порога рабочего окна 4 ванну 5 с металлическим расплавом 6, обрاملенную футеровкой 7. Печь оснащена верхним катодом 8 с электрододержателем 9, соединенным с источником постоянного тока, имеющим возможность вертикального перемещения, и анодным подводом в виде одного или нескольких подовых электродов 10. Внутри корпуса печи 1 установлена кольцевая катушка индуктивности 11, навитая из электропроводной изолированной шины, имеющая соединение 12 с источником постоянного тока. Внутри кольцевой катушки индуктивности 11 располагается катод 8, ванна 5 и подовый электрод 10. В центре днища 2 установлена ферромагнитная бобышка 13.

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>28</i>

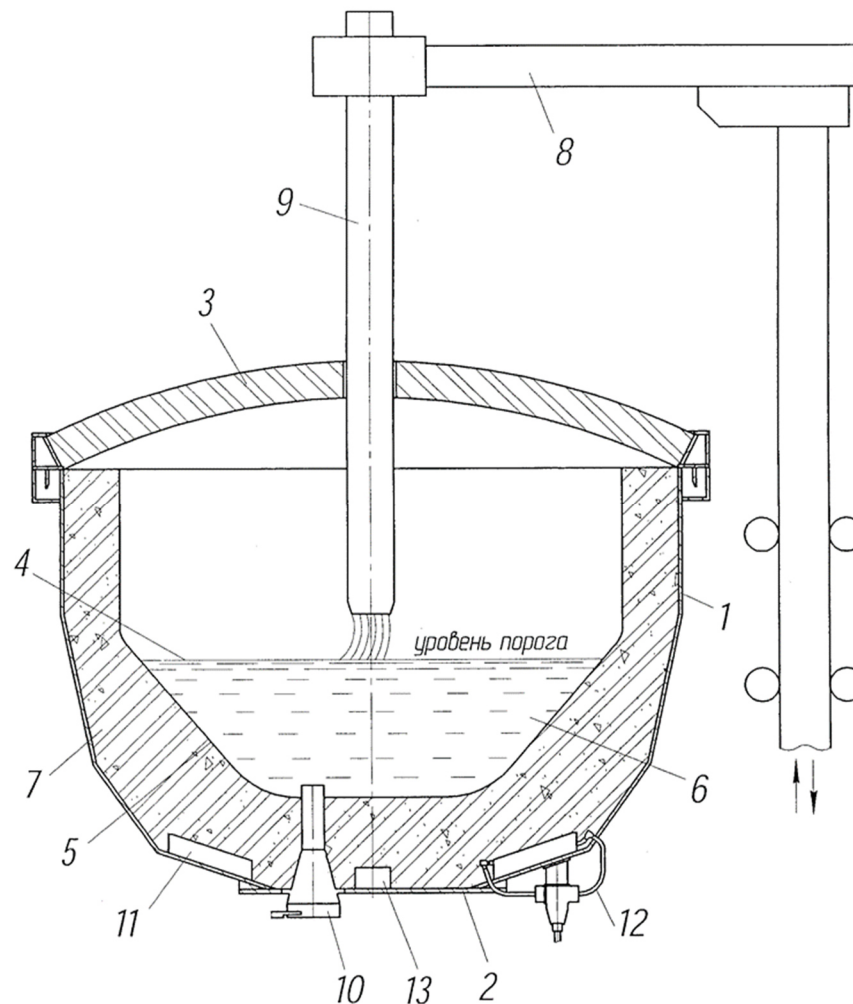


Рисунок 2.7 – Схема дуговой печи постоянного тока

Печи постоянного тока имеют следующие преимущества по сравнению с печами переменного тока:

- меньший удельный расход электродов на 50...60 %;
- возможность подводить большую мощность;
- более высокая надежность электрооборудования;
- работа с длинными дугами;
- перемешивание ванны под воздействием электродинамических сил;
- упрощение технического обслуживания и сокращение трудозатрат;
- равномерная тепловая нагрузка на футеровку печи;
- снижение уровня шума на 15 дБ;
- стабилизация технологии;
- лучшее формирование колодцев при проплавлении шихты;

- снижение угара легирующих элементов;
- снижение содержания азота в стали;
- уменьшение газовыделения и пылеобразования;
- снижение расхода огнеупоров;
- повышение производительности.

Недостатки дуговых печей постоянного тока:

- работа на длинных дугах приводит к повышенным тепловым потерям (дуга постоянного тока характеризуется пониженным значением градиента потенциала в столбе дуги, что для обеспечения выделения в дуге требуемой мощности вызывает необходимость увеличения ее длины до 0,8...1,0 м. После расплавления шихты это приводит к росту потоков излучения на стены и свод печи и увеличению тепловых потерь);
- в дуговой печи постоянного тока требуются специальные меры по предотвращению отклонения дуги из-за явления магнитного дутья;
- ввод в электрическую цепь полупроводникового источника снижает надежность установок и повышает их стоимость;
- необходимость более тщательного и равномерного подогрева шихты [7].

Электропитание ДППТ производится от специализированного полупроводникового источника постоянного тока, отрицательный полюс которого соединяется со сводовым электродом (катодом), а положительный полюс соединяется с конструкцией токоподвода к переплавляемому металлу (аноду).

Преобразователь постоянного тока оснащён электронным регулятором, обеспечивающим высокую стабильность и независимую тонкую регулировку токового режима в широком диапазоне изменения напряжения печной дуги. Кроме того, источник имеет регулятор, обеспечивающий поддержание заданного уровня напряжения дуги путем осевого перемещения сводового электрода, при котором происходит изменение длины дуги.

Наличие двух независимо работающих регуляторов тока и напряжения печной дуги на печах ДППТ позволяет обеспечивать на них в период расплавления более

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>

высокую, по сравнению с печами ДСП, стабильность электрического режима, вследствие чего ликвидируются толчки давления в рабочем пространстве печи.

Благодаря способности подовых электродов самовосстанавливаться в процессе плавки и возможности горячих межплавочных ремонтов подины, ресурс непрерывной работы подовых электродов составляет 2...3 тысячи плавов, после чего подовый электрод проходит техническое обслуживание и устанавливается на печь для повторной эксплуатации.

Важным технологическим преимуществом печей ДППТ, является эффективное электромагнитное перемешивание ванны металла полем проходящего через нее постоянного тока. Использование электромагнитного перемешивания, наряду с созданием в печном пространстве восстановительной атмосферы, позволяет экономней расходовать ферросплавы.

В ДППТ расплавляемый металл контактирует только с анодным пятном электрической дуги, а в ДСП на металле попеременно располагаются анодное и катодное пятна. Поскольку плотность тока и удельный тепловой поток в анодном пятне на порядок ниже, чем в катодном, при плавке в ДППТ испаряется значительно меньше металла и шлака и образуется в 6...8 раз меньше пыли, чем при плавке в ДСП.

Вместе с тем, постоянная полярность (минус) на графитизированном сводом электроде печи приводит к сокращению его эрозии по сравнению с работой на переменном токе. По опытным данным при силикотермической восстановительной плавке в дуговой печи постоянного тока расходуется 1,0...1,3 кг. электродов на 1000 кВт/час израсходованной электроэнергии. Экономия расхода графитизированных электродов при плавке стали в ДППТ по сравнению расходом в ДСП является значительной статьей экономии.

Вместимость печи лимитируется необходимой металлоемкостью формы, выбираем ДППТ-20.

Техническая характеристика ДППТ-20:

- емкость, т 20;
- производительность, т/ч; 3,8;

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

- установленная мощность, кВт; 4700;
- температура перегрева металла, °С; 1700.

## 2.12 Технология изготовления форм и стержней

В формовочном отделении выполняются следующие основные технологические операции:

- формовка;
- сборка форм;
- заливка форм;
- охлаждение форм после заливки;
- выбивка отливок из форм.

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими.

В настоящее время выбор технологии и оборудования для получения форм достаточно широк, однако в данном проекте, отвечающим современным требованиям производства способом получения средних и крупных отливок, выбирается формовка с применением ХТС, реализованную на формовочном оборудовании фирмы IMF.

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

Система – ALPHA-SET – связующая смола холодного отверждения, использующая технологию, разработанную и запатентованную компанией Borden Chemical с пониженным содержанием свободных фенолов и формальдегидов. Содержание связующего 1,2...1,8 % от массы песка [8].

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

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

устройства с целью облегчения отделения модели. Разделительные составы играют важную роль в уменьшении формовочных уклонов.

Для чугунных и стальных отливок при использовании подобных методов формообразования принимаю следующий состав формовочной смеси:

- кварцевый песок 2К<sub>2</sub>О<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138-91 5 %;
- регенерат 95 %;
- фенолформальдегидная смола 0,9...1,5% сверх 100 %;
- отвердитель (смесь эфиров) 20...25 % от смолы.

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.

Среди достоинств фенолформальдегидных смол можно выделить низкую стоимость, доступность исходного сырья, простоту технологических процессов синтеза, возможность сочетания в исходном состоянии практически со всеми материалами и т.д.

Для изготовления формовочной смеси применяем смеситель с изменяемой высотой T25SB фирмы IMF.

Выходное отверстие в зависимости от требований производства, может регулироваться по высоте. Подвеска в виде параллелограмма (пантограф) обеспечивает точное горизонтальное положение смесителя. Подходят для производства крупных форм на уровне пола.

Технические характеристики смесителя T25SB фирмы IMF:

- производительность, т/ч 1,8;
- мощность двигателя, кВт 10.

Уплотнение смеси в формовочных ящиках, стержневых ящиках или опоках для процесса формовки по ХТС, осуществляется при помощи вибрационной рамы, которая поднимается до соприкосновения с подпочной плитой через промежутки между роликами вибрационного стола.

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

33



В процессе выбивки помимо разрушения форм и извлечения отливок, также происходит размельчение комков смеси до изначального размера зерна.

Форма разрушается на верхней решетке под действием вибрации высокой частоты. Далее песок и мелкие комья обрабатываются в двух системах предварительной регенерации практически до отдельных зерен песка и через клапан подаются в систему пневматического транспорта.

Технические характеристики решетки выбивной

- максимальная нагрузка на верхнюю решетку, тонн 40;
- производительность, тонн/час 20.

Формы для крупных отливок охлаждаются довольно долго от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от толщины стенки отливки. Интенсивность охлаждения, особенно сильная в первые часы после заливки, снижается в течение последующего времени. Температура отливки выравнивается, снижаются внутренние напряжения, возникающие в отливке вследствие неравномерного охлаждения. Правильно организованное охлаждение и выдержка в форме являются необходимым этапом производства. Преждевременное извлечение отливки из формы может вызвать в наиболее напряженных ее частях трещины. Однако доводить температуру отливки перед выбивкой до температуры окружающей среды нет необходимости. Практикой установлено, что их можно освобождать от формы при температуре 350...400 °С.

### 2.13 Финишные операции

Борьбу с пригарами следует вести на стадии изготовления формы. Отливка в хорошо просушенную форму сводит обработку отливок к очистке поверхности от частиц литейной краски и формовочной смеси при помощи металлических щеток или струей воды высокого давления в гидрокамере. Если все же пригары образовались, их удаляют при помощи ручных или пневматических зубил.

Путем обрубки удаляются также литники, большие приливы и заусеницы на стыках частей формы и края прибыли. Всякого рода продольные заливы и заусеницы, надо обрубать обязательно вдоль залива, так как поперечная обрубка их

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		34

вызывает выламывание кусочков металла с поверхности отливки и может привести к браку.

Повышения эксплуатационных свойств различных отливок достигается не только правильным выбором материала и оптимальными методами изготовления, но и специальной операцией термической обработки.

Мероприятия, направленные на снижение в отливках внутренних напряжений, представляют значительный практический интерес, так как они влияют на стойкость и эффективность работы [9].

Дробеметная установка предназначена для удаления остатков формовочной смеси, ржавчины, пригаров, изменение внешнего вида поверхности деталей сложной формы весом от 5 кг до 20000 кг или более, изготавливаемых большими партиями.

В процессе дробеметной обработки обрабатываемые детали вращаются в струе абразивных материалов и передвигаются вперед или назад, что обеспечивает эффективную обработку. Дробеметная камера защищена износостойкой марганцовистой сталью или полностью изготовлена из марганцовистой стали и имеет дополнительную защиту в самых уязвимых местах. Система непрерывной очистки и обращения абразива совместно с эффективными турбинами из износостойких материалов обеспечивают высокую производительность.

Для термообработки среднего литья применяются печи электрические камерные с выкатным подом. Они просты по конструкции, универсальны для различных изделий и технологических процессов, позволяют широко варьировать режимы термообработки.

## 2.14 Брак и контроль качества отливок

Основными причинами выхода изложниц из эксплуатации являются образование продольных и поперечных трещин, возникновение на внутренней поверхности сетки разгара, коробление стенок изложниц и т.п. По признаку «образование трещины» и «коробление» выходит из строя свыше 90% всех изложниц.

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

Классификация дефектов, возникающих в изложницах, впервые предложена еще А.А. Горшковым. По этой классификации различают трещины первого, второго и третьего рода.

Возникновение трещин первого рода связывают с резким и односторонним нагреванием изделия в течение короткого промежутка времени от начала нагрева. Трещины первого рода могут быть как продольными, так и поперечными. Они, как правило, возникают с наружной (менее нагретой) стороны при первых наливках металла и развиваются на больших участках. Обычно такие трещины проходят на всю толщину стенки изложницы, что исключает ее дальнейшую эксплуатацию.

Трещины второго рода возникают на внутренней (более нагретой) поверхности изложницы после достаточно большого числа наливов (несколько десятков). В отличие от трещин первого рода эти трещины формируются и растут в размерах в течение значительного числа наливов. Причиной их возникновения, видимо, следует считать формирование растягивающих напряжений, вызванных ускоренным охлаждением внутренних слоев стенки изложницы. Трещины второго рода также могут быть как продольными, так и поперечными.

Трещины третьего рода обычно связывают с широко известным явлением формирования «сетки разгара». Они представляют собой систему мелких различно ориентированных трещин, образующихся на внутренней поверхности, нагреваемой до высоких температур после значительного числа односторонних нагревов. Вероятно, основной причиной возникновения сетки разгара следует считать циклически изменяющиеся растягивающие и сжимающие напряжения в совокупности с развитием явления роста чугуна и его окисления. Отбраковку изложниц по этому виду дефектов осуществляют из соображений обеспечения требуемого качества поверхности слитка.

Кроме различного рода трещин в процессе эксплуатации изложниц может наблюдаться их коробление, которое является, главным образом, результатом пластических деформаций материала под влиянием термических и эксплуатационных напряжений. Как правило, коробление сопровождается выпучиванием стенок изложниц, что следует рассматривать как необратимое

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>36</i>

изменение размеров изложницы и геометрии слитка. Выпуклость стенок образуется вследствие того, что внутренние слои металла стенок нагреваются до высокой температуры и стремятся расшириться. Этому процессу препятствуют наружные, более холодные слои стенки изложницы. В этом случае пластическая деформация материала изложницы направлена внутрь, так как в этом направлении отсутствует сопротивление деформации. Определенное влияние на процесс коробления изложниц может оказывать также и рост чугуна

Отливки контролируют методом визуально-измерительного контроля на наличие поверхностных дефектов и соответствия размеров отливки чертежу. Также изложницы контролируют по микроструктуре.

Микроструктура должна удовлетворять условиям, указанным в таблице 2.2.

Эвтектическое зерно крупное. Оптимальная длина включений графита от 300 до 500 мкм. По степени прямолинейности графит изогнутый или средней завихренности. Наличие структурно свободного цементита не допускается.

Таблица 2.2 – Состав основных структурных компонентов.

Масса изложниц	Структурный состав, %			
	феррит	перлит	графит, не менее	отношение феррит/перлит
От 3-х до 20 тонн	6,00	94,00	3,27	0,06

Также в цехе входящему контролю подвергаются исходные материалы:

- чугун доменный;
- песок;
- вспомогательные материалы.

Контроль технологии осуществляется по технологическому процессу. Обязательному контролю подлежат:

- температура выпуска металла из печи;
- температура заливки форм;
- время заливки форм;
- качество форм (визуальный осмотр);
- качество стержней (визуальный осмотр).

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ

#### 3.1 Производственная программа

Производственная программа является основанием для разработки технологии производства, выбора и расчета оборудования. Производственную программу необходимо проанализировать для определения характера планируемого производства. Выбор способа изготовления может быть произведен только после тщательно анализа производственной программы. Поскольку в проектируемом цехе планируется производить несколько марок чугуна и стали, детали относятся к разным весовым группам (от 5 до 10000 кг), планируемый выпуск относится к категории мелкой серии или штучного производства, то целесообразным является расчет условной производственной программы.

Условная производственная программа по стандартной схеме приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Условная производственная программа цеха

Группа отливок по массе, кг	Условный вес, кг	Количество отливок на годовую программу, шт.	Масса отливок на годовую программу, т	% от общей массы отливок
1	2	3	4	5
ПЛ1				
0...500	250	655	163,75	2,05
500...1000	750	360	270,00	3,38
1000....5000	3000	112	336,00	4,20
5000...10000	7500	56	420,00	5,25
Итого			1189,75	14,87
СЧ20				
0...500	250	614	153,50	1,92
500...1000	750	308	231,00	2,89
1000...5000	3000	155	465,00	5,81
5000...10000	7500	108	810,00	10,13
Итого			1659,50	20,74

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

38

Продолжение таблицы 3.1

Группа отливок по массе, кг	Условный вес, кг	Количество отливок на годовую программу, шт.	Масса отливок на годовую программу, т	% от общей массы отливок
1	2	3	4	5
40ГЛ				
0...500	250	1080	270,00	3,38
500...1000	750	680	510,00	6,38
1000...5000	3000	216	648,00	8,10
5000...10000	7500	170	1275,00	15,94
Итого			2703,00	33,79
35Л				
0...250	125	1056	132,00	1,65
250...500	375	780	292,50	3,66
500...1000	750	850	637,50	7,97
1000...5000	3000	250	750,00	9,38
Итого			1812,00	22,65
110Г13Л				
0...500	250	881	220,25	2,75
500...1000	750	554	415,50	5,19
Итого			635,75	7,95
Всего			8000,00	100,00

### 3.2 Структура литейного цеха

Производственные и вспомогательные отделения, входящие в состав литейного цеха, обеспечивают весь технологический процесс, выполнение необходимых технологических операций (таблица 3.2). Кроме основных и вспомогательных участков в цехе необходимо предусмотреть площади для складирования необходимых технологических материалов и инструмента. Для обеспечения работы цеха также необходимы служебные и бытовые помещения [10].

Таблица 3.2 – Структура цеха

№	Отделение	Назначение
Помещения производственные		
1	Плавильное отделение	Получение жидкого металла (чугуна и стали различных марок)

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Продолжение таблицы 3.2

№	Отделение	Назначение
Помещения производственные		
2	Формовочно-заливочно-выбивное отделение	Изготовление полуформ и стержней
		Сборка форм, заливка собранных форм, выбивка отливок
3	Отделение регенерации смеси	Регенерация смеси
4	Термообрубное отделение	Отделение литниково-питающей системы, очистка отливок, термическая обработка
Помещения вспомогательные		
5	Участок подготовки шихты	Просушивание и разделка негабаритного лома
6	Участок ремонта ковшей и печей	Ремонт ковшей перед рабочим циклом
7	Участок переработки смеси	Регенерация формовочной смеси
8	Отделение энергетика	Ремонт и обслуживание оборудования и производственных помещений
9	Отделение механика	Ремонт и обслуживание оборудования и производственных помещений
10	Лаборатория формовочных и стержневых смесей	Анализ качества и свойств формовочных и стержневых смесей
11	Экспресс лаборатория	Анализ химического состава жидкого чугуна
12	Отдел технического контроля (ОТК)	Визуально-измерительный контроль готовой продукции
Складские помещения		
13	Склад шихтовых материалов	Организация складирования и выдачи шихтовых материалов
14	Склад формовочных материалов	Организация складирования и выдачи формовочных материалов
15	Склад модельно-опочной оснастки	Организация складирования и выдачи модельной оснастки и опок
16	Склад готовой продукции	Складирование и отгрузка готовой продукции
Служебные помещения		
17	Служба технолога	Разработка технологических процессов получения отливок
18	Служба конструктора	Проектирование модельно-стержневой оснастки для производства отливок

Продолжение таблицы 3.2

№	Отделение	Назначение
Служебные помещения		
19	Бухгалтерия	Обеспечение движения денежных потоков цеха
20	Отдел кадров	Поиск, прием и увольнение персонала
21	Планово-экономический отдел	Планирование деятельности цеха, заключение договоров на поставку материалов и продажу готовой продукции
22	Диспетчерская	Организация грузопотоков и движения транспорта по территории цеха
Бытовые помещения		
23	Душевые	Организация мытья сотрудников
24	Столовая	Организация питания сотрудников
25	Медицинский пункт	Организация медпомощи сотрудникам

### 3.3 Режим работы цеха

В литейных цехах применяют два режима работы: последовательный (ступенчатый) и параллельный.

При последовательном режиме работы основные технологические операции выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади. При параллельном режиме все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. При проектировании выбор оптимального режима работы литейного цеха зависит от производственной мощности, серийности производства и технологической сложности литья, рода металла, типа плавильного агрегата и других факторов.



Проектируемый цех работает по двухсменному графику работы. Продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

Календарный фонд времени для оборудования составляет  $\Phi_K=356 \cdot 24= 8760$  ч/год.

Номинальный фонд времени ( $\Phi_H$ ) – это время, в течении которого по принятому режиму должно работать оборудование без учета потерь времени. При двухсменном режиме работы  $\Phi_H=3952$  ч/год.

Действительный фонд времени определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь, связанных с возможными ремонтами оборудования и плановым обслуживанием его.

Действительный фонд времени печей для плавки  $\Phi_D=3833$  ч/год; для формовочных линий  $\Phi_D=3636$  ч/год [11].

Таблица 3.3 – Действительный фонд времени

№	Отделение	Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потери времени, %	Действительный фонд времени, ч
1	2	3	4	5	6	7
1	склад шихтовых и формовочных материалов	установка подогрева шихты	2	3952	3	3833
		установка сушки песка	2	3952	3	3833
2	плавильное	печи плавильные	2	3952	3	3833
		ковши	2	3952	5	3754
		установки подогрева ковшей	2	3952	5	3754
3	смесеприготовительное отделение	смеситель формовочный	2	3952	8	3636
		решетка выбивная	2	3952	6	3715

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

### 3.4 Плавильное отделение

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 3.4), которая составляется на основе условной производственной программы цеха.

Таблица 3.4 – Ведомость расхода металла на залитые формы

№	Группа отливок по массе, кг	Условный вес, кг	Годовая программа	
			шт.	т
1	2	4	5	6
ПЛ1				
1	0...500	250,00	655,00	164,00
2	500...1000	750,00	360,00	270,00
3	1000...5000	3000,00	112,00	336,00
4	5000...10000	7500,00	56,00	420,00
	Итого			1190,00
СЧ20				
5	0...500	250,00	614,00	153,50
6	500...1000	750,00	308,00	231,00
7	1000...5000	3000,00	155,00	465,00
8	5000...10000	7500,00	108,00	810,00
	Итого			1659,50
40ГЛ				
9	0...500	250,00	1080,00	270,00
10	500...1000	750,00	680,00	510,00
11	1000...5000	3000,00	216,00	648,00
12	5000...10000	7500,00	170,00	1275,00
	Итого			2703,00
35Л				
13	0...250	125,00	1056,00	132,00
14	250...500	375,00	780,00	292,50
15	500...1000	750,00	850,00	637,50
16	1000...5000	3000,00	250,00	750,00
	Итого			1812,00

Продолжение таблицы 3.4

№	Группа отливок по массе, кг	Условный вес, кг	Годовая программа	
			шт.	т
1	2	4	5	6
110Г13Л				
17	0...500	250,00	881,00	220,25
18	500...1000	750,00	554,00	415,50
	Итого			635,75
	Всего			8000,00

Продолжение таблицы 3.4

Группа отливок по массе, кг	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год	
	%	шт.	т	шт.	т
1	7	8	9	10	11
ПЛ1					
0...500	2,0	13	3,28	668	167,03
500...1000	2,0	7	5,40	367	275,40
1000...5000	0,2	0	0,67	112	336,67
5000...10000	0,2	0	0,84	56	420,84
Итого		21	10,19	1204	1199,94
СЧ20					
0...500	2,0	12	3,07	626	156,57
500...1000	2,0	6	4,62	314	235,62
СЧ20					
1000...5000	0,2	0	0,93	155	465,93
5000...10000	0,2	0	1,62	108	811,62
Итого		19	10,24	1204	1669,74
40ГЛ					
0...500	2,0	22	5,40	1102	275,40
500...1000	2,0	14	10,20	694	520,20
1000...5000	0,2	0	1,30	216	649,30
5000...10000	0,2	0	2,55	170	1277,55
Итого		36	19,45	2182	2722,45
35Л					
0...250	3	32	3,96	1088	135,96

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

44

Продолжение таблицы 3.4

Группа отливок по массе, кг	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год	
	%	шт.	т	шт.	т
1	7	8	9	10	11
35Л					
250...500	2,0	16	5,85	796	298,35
500...1000	0,2	2	1,28	852	638,78
1000...5000	0,2	1	1,50	251	751,50
Итого		49	12,59	2985	1824,59
110Г13Л					
0...500	3,0	26	6,61	907	226,86
500...1000	1,0	6	4,16	560	419,66
Итого		32	10,76	1467	646,51
Всего		157	63,22	9042,02	8063,22

Продолжение таблицы 3.4

Группа отливок по массе, кг	Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	литников и прибылей	отливка с литниками и прибылями	на литники и прибыли	всего
1	12	13	14	15
ПЛ1				
0...500	75,00	325,00	49,13	216,15
500...1000	225,00	975,00	81,00	356,40
1000...5000	900,00	3900,00	100,80	437,47
ПЛ1				
5000...10000	2250,00	9750,00	126,00	546,84
Итого	3450,00	14950,00	356,93	1556,86
СЧ20				
0...500	75,00	325,00	46,05	202,62
500...1000	225,00	975,00	69,30	304,92
1000...5000	900,00	3900,00	139,50	605,43
5000...10000	2250,00	9750,00	243,00	1054,62
Итого	3450,00	14950,00	497,85	2167,59

Продолжение таблицы 3.4

Группа отливок по массе, кг	Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	литников и прибылей	отливка с литниками и прибылями	на литники и прибыли	всего
1	12	13	14	15
40ГЛ				
0...500	125,00	375,00	135,00	410,40
500...1000	375,00	1125,00	255,00	775,20
1000...5000	1500,00	4500,00	324,00	973,30
5000...10000	3750,00	11250,00	637,50	1915,05
Итого	5750,00	17250,00	1351,50	4073,95
35Л				
0...250	62,50	187,50	66,00	201,96
250...500	187,50	562,50	146,25	444,60
500...1000	375,00	1125,00	318,75	957,53
1000...5000	1500,00	4500,00	375,00	1126,50
Итого	2125,00	6375,00	906,00	2730,59
110Г13Л				
0...500	125,00	375,00	110,13	336,98
500...1000	375,00	1125,00	207,75	627,41
Итого	500,00	1500,00	317,88	964,39
Всего	15275,00	55025,00	3430,15	11493,37

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

Металлозавалка рассчитывается по формуле [11]:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3.1)$$

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.

$$M_{\text{сч20}} = \frac{1659,5 + 10,24 + 497,85}{98} \cdot 100 = 2190,61 \text{ т};$$

$$M_{\text{40ГЛ}} = \frac{2703 + 19,45 + 1351,5}{98} \cdot 100 = 4201,24 \text{ т};$$

$$M_{\text{35Л}} = \frac{1812 + 12,59 + 906}{98} \cdot 100 = 2815,91 \text{ т};$$

$$M_{\text{110Г10Г}} = \frac{635,75 + 10,76 + 317,88}{98} \cdot 100 = 994,52 \text{ т};$$

$$M_{\text{Итого}} = \frac{8000 + 63,22 + 3430,15}{98} \cdot 100 = 11852,5 \text{ т}.$$

Таблица 3.5 – Баланс металла

Наименование статей	ПЛ1		СЧ20		40ГЛ	
	%	т	%	т	%	т
1. Годные отливки	74,10	1189,75	74,24	1659,50	64,34	2703,00
2. Брак отливок	0,63	10,19	0,46	10,24	0,46	19,45
3. Литники и прибыли	22,23	356,93	22,27	497,85	32,17	1351,50
4. Технические пробы	0,03	0,48	0,03	0,67	0,03	1,26
5. Сливы и сплески	1,00	16,06	1,00	22,35	1,00	42,01
Итого жидкого металла	98,00	1573,40	98,00	2190,61	98,00	4117,22
6. Угар и безвозвратные потери	2,00	32,11	2,00	44,71	2,00	84,02
Металлозавалка	100,00	1605,51	100,00	2235,32	100,00	4201,24

Продолжение таблицы 3.5

Наименование статей	35Л		110Г13Л		Итого	
	%	т	%	т	%	т
1. Годные отливки	64,35	1812,00	63,93	635,75	67,50	8000,00
2. Брак отливок	0,45	12,59	1,08	10,76	0,53	63,22
3. Литники и прибыли	32,17	906,00	31,96	317,88	28,94	3430,15
4. Технические пробы	0,03	0,84	0,03	0,30	0,03	3,56
5. Сливы и сплески	1,00	28,16	1,00	9,95	1,00	118,53
Итого жидкого металла	98,00	2759,59	98,00	974,63	98,00	11615,45
6. Угар и безвозвр. потери	2,00	56,32	2,00	19,89	2,00	237,05
Металлозавалка	100,00	2815,91	100,00	994,52	100,00	11852,50

Поскольку сплав ПЛ1 поставляется в жидком состоянии в расчете печей этот объем металла не учитывается. Потребность в жидком металле составляет 11615,45 – 1573,4=10042,05 кг.

### 3.4.1 Оборудование плавильного отделения

Вместимость печи лимитируется необходимой металлоемкостью формы, выбираем ДППТ-20.

Техническая характеристика ДППТ-20:

- емкость, т 20
- производительность, т/ч; 3,8;
- установленная мощность, кВт; 4500;
- температура перегрева металла, °С; 1700.

### 3.4.2 Расчет шихты

Химический состав выплавляемых сплавов приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Химический состав сплавов

Обозначение по ГОСТ	Массовая доля элементов, %						Угар	Примеси не более, %			
	C		Si		Mn			Ni	Cr	S	P
	от	до	от	до	от	до					
ПЛ1 группа 3 класс Б категория 2 ГОСТ 805-95	3,20	4,00	0,90	1,20	0,50	0,90	2	-	-	0,02	0,12
СЧ20 ГОСТ 1412-85	3,30	3,50	1,40	2,40	0,70	1,00	2	-	-	0,15	0,20
40ГЛ ГОСТ977-88	0,35	0,45	0,20	0,42	1,20	1,60	2	-	-	0,03	0,04
35Л ГОСТ 977-88	0,35	0,40	0,20	0,52	0,45	0,90	2	-	-	0,06	0,06
110Г13Л ГОСТ 2176-77	0,90	1,40	0,80	1,00	11,50	15,00	2	1	1	0,05	0,12

Расчет шихты приведен в приложениях А, Б, В и Г.

ПЛ1 поставляется из доменного цеха [12].

### 3.4.3 Расход шихтовых материалов

Расход шихтовых материалов определяется на основе расчёта шихты по каждому сплаву и баланса металла (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	ПЛ1		СЧ20		40ГЛ	
	%	т	%	т	%	т
Жидкий ПЛ1	100,000	1605,509	–	–	–	–
Возврат СЧ20	–	–	22,730	508,090	–	–
Возврат 40ГЛ	–	–	–	–	32,632	1370,946
Возврат 35Л	–	–	–	–	–	–
Возврат 110Г13Л	–	–	–	–	–	–
Лом стальной ГОСТ 2787-86	–	–	72,370	1617,701	67,933	2854,031
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	–	–	2,765	61,807	3,254	136,708
Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	–	–	1,587	35,475	0,051	2,143
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	–	–	0,398	8,897	–	–
Ферромарганец ФМн90 ГОСТ 4755-91	–	–	–	–	0,450	18,906
Раскислители, шлакообразующие	–	–	2,553	57,068	–	–
Итого	100,000	1605,509	102,403	2289,037	104,320	4382,734

Продолжение таблицы 3.7

Наименование материала	35Л		110Г13Л		Итого	
	%	т	%	т	%	т
Жидкий ПЛ1	–	–	–	–	12,786	1605,509
Возврат СЧ20	–	–	–	–	4,046	508,090
Возврат 40ГЛ	–	–	–	–	10,918	1370,946
Возврат 35Л	32,621	918,585	–	–	7,315	918,585



Продолжение таблицы 3.7

Наименование материала	35Л		110Г13Л		Итого	
	%	т	%	т	%	т
Возврат 110Г13Л			33,045	328,638	2,617	328,638
Лом стальной ГОСТ 2787-86	75,172	2116,774	62,647	623,038	57,431	7211,544
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	4,100	115,452	3,574	35,544	2,783	349,511
Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	0,125	3,520	0,354	3,521	0,356	44,658
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91					0,071	8,897
Ферромарганец ФМн90 ГОСТ 4755-91	0,150	4,224	12,546	124,773	1,178	147,902
Раскислители, шлакообразующие			0,548	5,450	0,498	62,518
Итого	112,168	3158,555	112,714	1120,963	100	12556,797

3.4.4 Расчет оборудования плавильного отделения

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

$$P_1 = \frac{B_{\Gamma} \times K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д}} \times P'_{\text{расч}}}, \quad (3.2)$$

где  $B_{\Gamma}$  – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);  
 $\Phi_{\text{д}}$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;  
 $P'_{\text{расч}}$  – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;  
 $K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности потребления и производства. В условиях массового и крупносерийного производства  $K_{\text{н}} = 1,0 \dots 1,3$ .

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

50

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

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

$$P_2 = \frac{P_1}{K_3}, \quad (3.3)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки ( $K_3=0,7\dots0,85$ ).

Расчет количества печей ДППТ-20:

$$P_1 = \frac{10042,05 \times 1,3}{3833 \times 3,8} = 0,76.$$

$$P_2 = \frac{0,76}{0,8} = 0,83.$$

Принимаем одну плавильную печь ДППТ-20.

### 3.4.5 Расчет потребности в ковшах

При расчете количества ковшей учитываются:

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

Периоды работы и ремонта ковшей (разливочных и раздаточных):

- непрерывная работа 1...2 ч;
- остывание до ремонта 2...4 ч;
- текущий ремонт 4...6 ч;
- установка под желоб, выпуск металла 1 ч;
- капитальный ремонт и подогрев 8...12 ч;
- сушка и разогрев после капитального ремонта 6...8 ч.

Выбираем разливочный ковш для крупного литья емкостью 20 тонн. 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 разливочных ковшей проводится по формуле:

$$n = \frac{V_r \cdot t}{T_d \cdot Q}, \quad (3.4)$$

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

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

$Q$  – емкость ковша, т;

$n$  – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{10951 \cdot 6}{5632 \cdot 20} = 0,58 \approx 1.$$

Число ковшей, находящихся в ремонте:

$$n_{кр} = \frac{n \cdot \tau_p \cdot n_p \cdot K_H}{\Phi_d}, \quad (3.5)$$

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

$n$  – число ковшей находящихся в работе, шт;

$\tau_p$  – общая длительность ремонтного цикла,  $\tau_p=24$  ч.;

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

$$n_{кр} = \frac{1 \cdot 24 \cdot 120 \cdot 1,1}{5632} = 0,56 \approx 1.$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 2 штукам, кроме того необходимы два резервных ковша, таким образом необходимы 6 разливочных ковшей (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Расчет парка ковшей

Вместимость, кг	Оборот ковша, ч	Число работающих ковшей в смену, шт	Длительность ремонтного цикла, ч	Число ковшей, шт		
				в ремонте	в резерве	общее
20000	6	1	24	1	2	4

### 3.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение

Полуформы изготавливают с использованием смесителей, предназначенных для приготовления химически твердеющих формовочных смесей. В секцию перемешивания подаются песок, связующие компоненты, которые в результате вращения вала с лопатками перемешиваются, и получается самотвердеющая смесь. Используются смеситель непрерывного действия T25SB. Смеситель управляется при помощи компьютерной программы, которая балансирует дозировку двух катализаторов различной концентрации в зависимости от температуры песка и окружающей среды. Фото смесителя показано на рисунке 3.1.

Перед началом работ на смесителе рабочий персонал проверяет исправность используемого оборудования и наличие необходимых материалов. Первую порцию смеси подают в подставленную емкость в течении 5...7 секунд, так как она обычно не удовлетворяет установленным параметрам по содержанию связующих компонентов.

Смесителем управляют перемещением рукава смесителя с помощью рычагов управления типа джойстик на панели управления.

Все материалы, применяемые для производства форм должны пройти входной контроль. Для изготовления форм помимо формовочной смеси применяют:

- разделительное покрытие на алюминиевой основе, для покраски модельной оснастки;
- противопопригарная краска, для покраски форм;
- уплотнительные шнуры для уплотнения форм и стержней.



Рисунок 3.1 – Смеситель формовочный T25 SB

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>53</i>

Включают смеситель, начать формовку. Смесь засыпается непосредственно на модель послойно толщиной 250...300 мм, модель в опоке устанавливается на вибростол. После полного наполнения опоки смесью излишки смеси удалить линейкой по уровню верхнего лада опоки, включается вибростол на 1...2 минуты.

После отверждения смеси заформованную полуформу с помощью кантовочного манипулятора, подвешенного на полукозловой кран снять полуформу с модельной оснастки. Полуформу скантовать и подготовить к покраске.

Перед покраской форму тщательно обдувают сжатым воздухом. Покраску форм производят противпригарным покрытием. Покраске подвергаются все формообразующие поверхности кроме знаковых частей. После изготовления всех частей формы их передают на участок заливки, где собирают в кессоне.

Из плавильного отделения на передаточной тележке передают ковш с металлом. Формы заливают металлом и оставляют в кессоне. Через 1...2 часа формы раскрепляют, для увеличения податливости смеси и предотвращения появления внутренних напряжений в отливках [13].

В процессе выбивки форм необходимо разрушить литейную форму с целью освобождения отливок от опок и формовочной смеси. Во избежание искажения конфигурации образования трещин и других дефектов отливок выбивка производится, только после завершения процессов кристаллизации расплава и формирования отливок в форме. Отливки должны остывать в форме до 400 °С, это необходимо, чтобы избежать порчу механизмов выбивной решетки. Выбивка форм является одной из самых тяжелых и вредных операций в литейном производстве, так как сопровождается выделением большого количества пыли, теплоты и газов. Поэтому механизация работ по выбивке является первоочередной задачей. Основным видом оборудования для механизации выбивки отливок из форм являются механические выбивные решетки. Выбивная решетка представляет собой решетчатую раму, опирающуюся на амортизаторы и приводимую в колебательное движение механизмами различного типа.

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

54

Верхняя часть выбивной машины оснащена стальной сварной решеткой и перфорированными листами для прохода песка, механическим вибратором с эксцентричными массами, которые при вращении вызывают вибрацию машины.

Выбивная решетка состоит из двух секций грузоподъемностью по 40 тонн показанная на рисунке 3.2. Работа секции выполняется как вместе, так и отдельно.

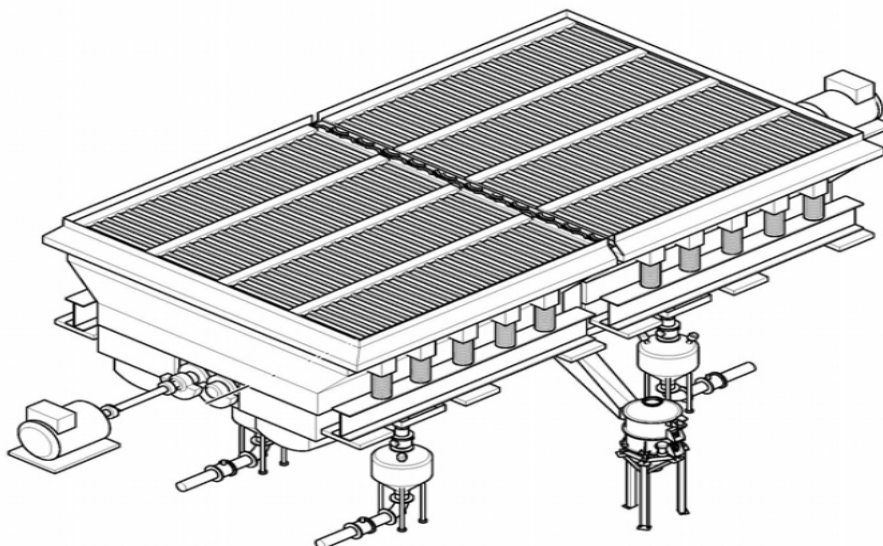


Рисунок 3.2 – Решетка выбивная двух секционная

Выбиваемые формы помещают на решетку, располагая их по центру каждой из решеток или на всю длину решетки. После выбивки отливку передают на следующий этап обработки.

### 3.5.1 Технология изготовления форм и стержней

В формовочном отделении выполняются следующие основные технологические операции:

- формовка;
- сборка форм;
- заливка форм;
- охлаждение форм после заливки;
- выбивка отливок из форм.

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими.

В настоящее время выбор технологии и оборудования для получения форм достаточно широк, однако в данном проекте, отвечающим современным требованиям производства способом получения средних и крупных отливок, выбирается формовка с применением ХТС, реализованную на формовочном оборудовании фирмы IMF.

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

Система ALPHA-SET – связующая смола холодного отверждения, использующая технологию, разработанную и запатентованную компанией Borden Chemical с пониженным содержанием свободных фенолов и формальдегидов. Содержание связующего 1,2...1,8 % от массы песка [14].

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

Для чугунных и стальных отливок при использовании подобных методов формообразования принимаю следующий состав формовочной смеси:

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

Свойства смеси представлены ниже:

- прочность при растяжении, МПа 0,4...0,5;
- осыпаемость, % 0,13;
- газотворность, см<sup>3</sup>/г до 14;

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

56

- живучесть, мин. 30...40;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 20...30.

Среди достоинств фенолформальдегидных смол можно выделить низкую стоимость, доступность исходного сырья, простоту технологических процессов синтеза, возможность сочетания в исходном состоянии практически со всеми материалами и т.д.

### 3.5.2 Выбор оборудования для участка формовки

Для изготовления формовочной смеси применяем смеситель с изменяемой высотой T25SB фирмы IMF.

Выходное отверстие в зависимости от требований производства, может регулироваться по высоте. Подвеска в виде параллелограмма (пантограф) обеспечивает точное горизонтальное положение смесителя. Подходят для производства крупных форм на уровне пола.

Технические характеристики смесителя T25SB фирмы IMF:

- производительность, т/ч 1,8;
- мощность двигателя, кВт 10.

Уплотнение смеси в формовочных ящиках, стержневых ящиках или опоках для процесса формовки по ХТС, осуществляется при помощи вибрационной рамы, которая поднимается до соприкосновения с подпочной плитой через промежутки между роликами вибрационного стола.

Для изготовления стержневой смеси применяем смеситель с изменяемой высотой T20SB фирмы IMF.

Технические характеристики смесителя T20SB фирмы IMF:

- производительность, т/ч 1,2;
- мощность двигателя, кВт 10.

В процессе выбивки помимо разрушения форм и извлечения отливок, также происходит размельчение комков смеси до изначального размера зерна.

Форма разрушается на верхней решетке под действием вибрации высокой частоты. Далее песок и мелкие комья обрабатываются в двух системах

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57



предварительной регенерации практически до отдельных зерен песка и через клапан подаются в систему пневматического транспорта.

Технические характеристики решетки выбивной

- максимальная нагрузка на верхнюю решетку, тонн 40;
- производительность, тонн/час 20.

Предусматривается система сбора просыпей между решетками с вибрационным измельчителем.

Для определения годового числа форм, а также объема стержней и формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленной в таблице 3.9. В таблице 3.10 представлена ведомость изготовления стержней. А в таблице 3.11 представлена потребность в формовочных и стержневых смесях.

Таблица 3.9 – Ведомость изготовления и сборки форм

№	Название отливки	Отливка с литникам и прибылями	Годовой выпуск с учетом брака, шт	Количество отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт	Изготавливается форм с учетом брака 1 %, шт
1	2	3	4	5		6
1	0...500	264,58	5187	1	5187	5342
2	500...1000	793,75	2786	1	2786	2870
3	1000...5000	3356,25	734	1	734	756
4	5000...10000	8812,50	335	1	335	345
	Итого				9042	9313

Продолжение таблицы 3.9

Название отливки	Масса смеси для одной формы, т			Масса формовочной смеси на годовую программу, т
	масса залитого металла	масса стержней	масса уплотненной смеси	
1	7	8	9	10
0...500	264,583	105,833	158,750	848,09
500...1000	793,750	317,500	476,250	1366,74
1000...5000	3356,250	1342,500	2013,750	1523,40
5000...10000	8812,500	3525,000	5287,500	1822,64
				5560,87

Таблица 3.10 – Ведомость изготовления стержней

Название отливки	Годовой выпуск, шт	Количество стержней на 1 отливку, шт	Масса стержня, кг	Количество стержней в ящике, шт	Съемов в год, шт	Съемов в год с учетом брака 1%, шт	Масса стержневой смеси на годовую программу, т
1	2	4	5	6	7	8	9
0...500	5187	2	52,9	1	10373	10685	565,39
500...1000	2786	1	317,5	1	2786	2870	911,16
1000...5000	734	1	1342,5	1	734	756	1015,60
5000...10000	335	1	3525	1	335	345	1215,10
Итого					14229	14656	3707,25

Таблица 3.11 – Потребность в формовочных и стержневых смесях

Наименование смеси	Потребность			Рецептура смесей	
	по расчету, т/год	на просыпи (2 %), т/год	всего	оборотная смесь	
				%	т/год
Формовочная смесь	5560,87	278,04	5838,91	93,80	5476,90
Стержневая смесь	3707,25	185,36	3892,61		

Продолжение таблицы 3.11

Наименование смеси	Рецептура смесей					
	Обновление					
	песок		СК1		СК2	
	%	т/год	%	т/год	%	т/год
Формовочная смесь	5,00	291,95	0,60	35,03	0,60	35,03
Стержневая смесь	100,00	3892,61	0,80	31,14	0,80	31,14

### 3.5.3 Определение количества оборудования для формовочно-заливочно-выбивного участка

Расчетное количество смесителей для изготовления форм [11]:

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{п.расч} \Phi_{д}}, \quad (3.6)$$

где  $n$  – годовая потребность в формовочной смеси, т;

$K$  – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм и отливок;

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

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

Расчетную производительность определим по формуле (3.6):

$$P_1 = \frac{5560,87}{0,8 \times 1,8 \times 5454} = 0,69.$$

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

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (3.7)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки ( $K_3=0,7 \dots 0,9$ ).

$$P_2 = \frac{0,69}{0,9} = 0,83.$$

Принимаем один смеситель для изготовления форм.

Расчетное количество смесителей для изготовления стержней [11]:

$$P_1 = \frac{3892,61}{0,8 \times 1,2 \times 5454} = 0,71.$$

$$P_2 = \frac{0,71}{0,8} = 0,86.$$

Принимаем один смеситель для изготовления стержней.

### 3.5.4 Выдержка отливок в формах

Формы для крупных отливок охлаждаются довольно долго от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от толщины стенки отливки. Интенсивность охлаждения, особенно сильная в первые часы после заливки, снижается в течение последующего времени. Температура отливки выравнивается, снижаются внутренние напряжения, возникающие в отливке вследствие неравномерного охлаждения. Правильно организованное охлаждение и выдержка в форме являются необходимым этапом производства. Преждевременное извлечение отливки из формы может вызвать в наиболее напряженных ее частях трещины. Однако доводить температуру отливки перед выбивкой до температуры окружающей среды нет необходимости. Практикой установлено, что их можно освобождать от формы при температуре 350...400 °С. Сборка крупных форм, заливка и выдержка проводится в кессоне. Формы для отливок первых двух весовых групп (от 0 до 1000 кг) собирают и заливают на плацу.

Кессон используется круглосуточно, то есть фонд времени составляет 8760 часов. В таблице 3.12 представлен расчет площади кессона.

Таблица 3.12 – Расчет площади кессона

Масса отливки, кг	Время охлаждения отливки в форме до выбивки, ч (в зависимости от массы отливки)	Количество форм в год, шт	Площадь, занимаемая одной формой, м <sup>2</sup>	Время выдержки форм в кессоне, ч	Количество мест в кессоне для данной отливки, шт	Площадь кессона расчетная, м <sup>2</sup>	Площадь кессона округленная, м <sup>2</sup>
3356,25	60	734	10	44068	5	50	50
8812,50	120	335	10	40160	5	46	50

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

61

#### 4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ЧУГУННОГО ЛИТЬЯ»

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

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

Тепловое расширение диоксида кремния вследствие морфологических изменений в кварце является практически необратимым в повторно используемом песке из-за повторного нагрева и образования неорганических окислов. Использование такого песка уменьшает поверхностные дефекты в отливках, вызываемые тепловой деформацией поверхностей литейной формы.

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

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

Механическая регенерация песка, агломерированного с силикатом натрия, требует предварительной операции нагрева песка до температуры 300 °С. Это необходимо для дегидратации силиката и удаления как воды в растворе, так и связанной воды.

Кроме того, при проектировании установки должна приниматься во внимание внутренняя гигроскопичность натриевых компонентов [15].

Рисунок 4.1 показывает процессы термической, механической и мокрой регенерации песка.

Эффективность установки для регенерации песка и её исправное состояние можно легко определить путём выполнения следующих проверок регенерированного песка:

- определение гранулометрического спектра и коэффициента зернистости;
- определение механических свойств формовочной смеси перед повторным использованием и сравнение их с механическими свойствами свежей формовочной смеси. Допускается снижение сопротивления изгибу при условии, если оно не более 20 %;
- определение температуры спекания. Важность этого можно проиллюстрировать следующим: формовочная смесь, которая спекается при 1450 °С и имеет содержание кварца 99 %, спекается при 1250 °С, если содержание кварца снижается до 96 % вследствие загрязнения соединениями с низкой температурой плавления;
- определение потерь веса на прокаливании;
- определение кислотного или основного содержания.

На рисунках 4.2 и 4.3 сравниваются изменения прочности на сжатие и изменения сопротивления изгибу для 100 % свежего песка и песка, 80 % которого составляет регенерированный песок и только 20 % – свежий песок.

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

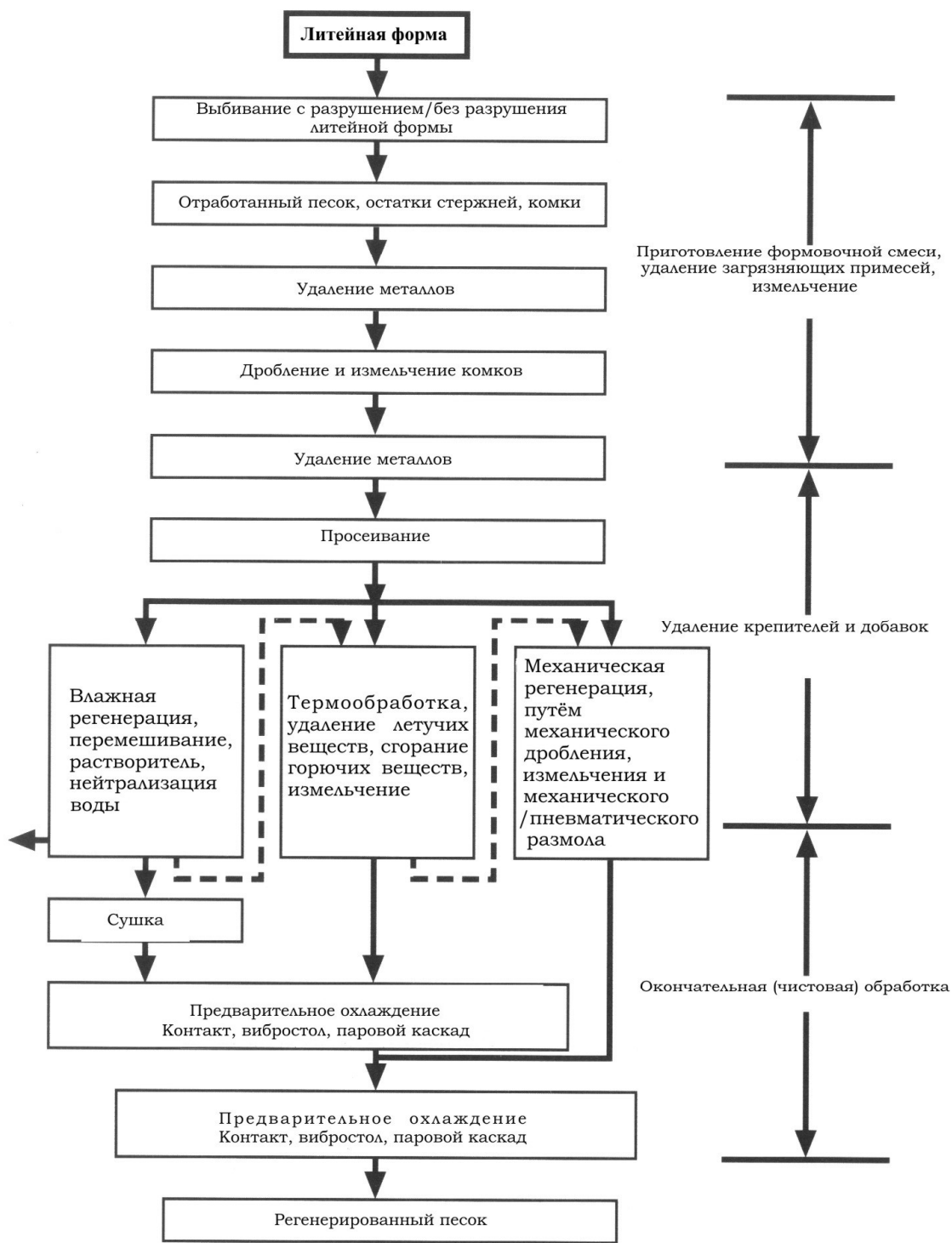


Рисунок 4.1 – Структурная схема обработки отработанной формовочной смеси (регенерации песка)

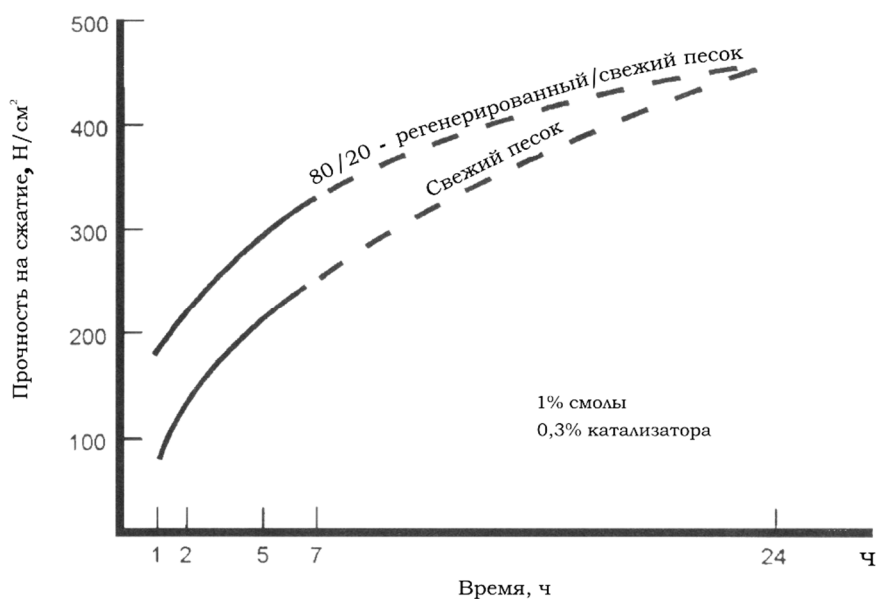


Рисунок 4.2 – Изменение во времени механической прочности 100 % свежего песка и песка, 80 % которого составляет регенерированный песок, а 20 % – свежий песок

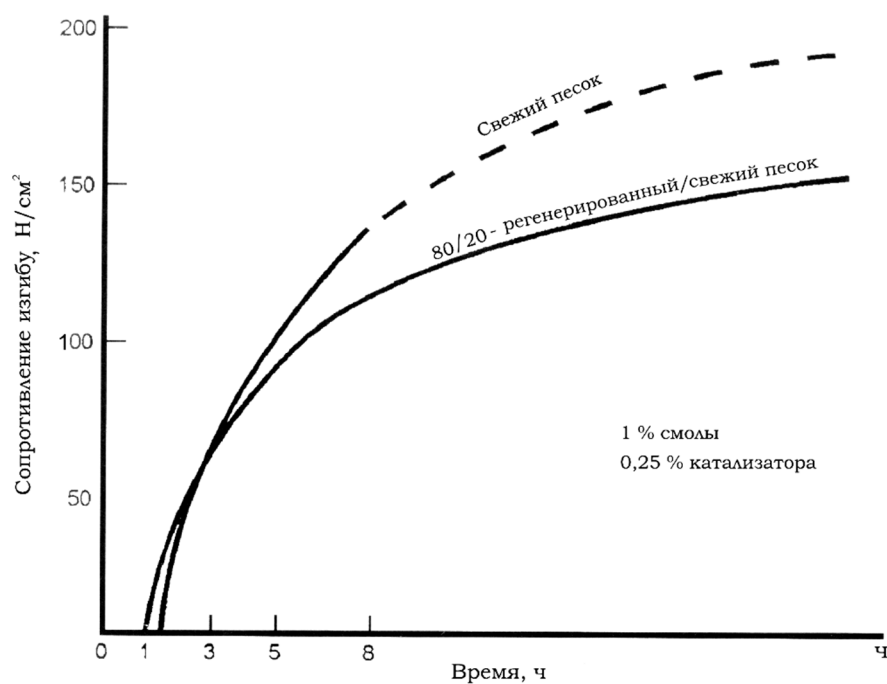


Рисунок 4.3 – Изменение во времени сопротивления изгибу 100 % свежего песка и песка, 80 % которого составляет регенерированный песок, а 20 % – свежий песок



#### 4.1 Степень регенерации

Степень регенерации определяется уменьшением количества нежелательных веществ в песке за рабочий цикл. На практике это остатки крепителя и катализатора. Значение выражается в виде процента уменьшения потерь веса на прокаливании.

Установка для регенерации способствует достижению конкретной степени регенерации песка. Полученный результат суммируется с тем, который получается благодаря тепловому эффекту при заливке.

Основной вклад в достижение заданной степени регенерации обуславливается следующими факторами:

- типом и процентным содержанием используемой смолы и типом катализатора;
- низким соотношением песок/отливка (для высокой степени саморегенерации);
- качеством добавляемого свежего песка.

Приемлемый уровень регенерации определяется качеством и количеством газа, образуемого при разложении крепителя и катализатора, и приемлемости его воздействия на отливаемый сплав. С аналитической точки зрения, для каждого сплава необходимо определить приемлемый уровень потери веса на прокаливании при насыщении. Это значение максимального процентного содержания летучих остатков в восстановленном песке, независимо от того, сколько раз он регенерировался.

Процент потерь свежей формовочной смеси при обжиге относительно соотношения песок/отливка показан на рисунке 4.4. Значения показывают влияние этого соотношения на степень регенерации. Очень важно знать зависимость между приемлемой потерей веса на прокаливании при насыщении и влиянием саморегенерации. Фактически, эта разность обеспечивает возможность определения необходимых параметров регенерационной установки.

Кривые графиков, приведённых на рисунке 4.5, ясно показывают, как при максимальном значении количество невыгоревшей смолы в оборотном и регенерированном песке стремится к постоянному значению уровня регенерации, называемом величиной насыщения. Данные были выведены из ряда повторно

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

используемых формовочных смесей с различными степенями полной регенерации, включая часть, обусловленную заливкой, и часть, обусловленную процессом регенерации [16].

График касается восстановленного песка, который постоянно используется повторно.

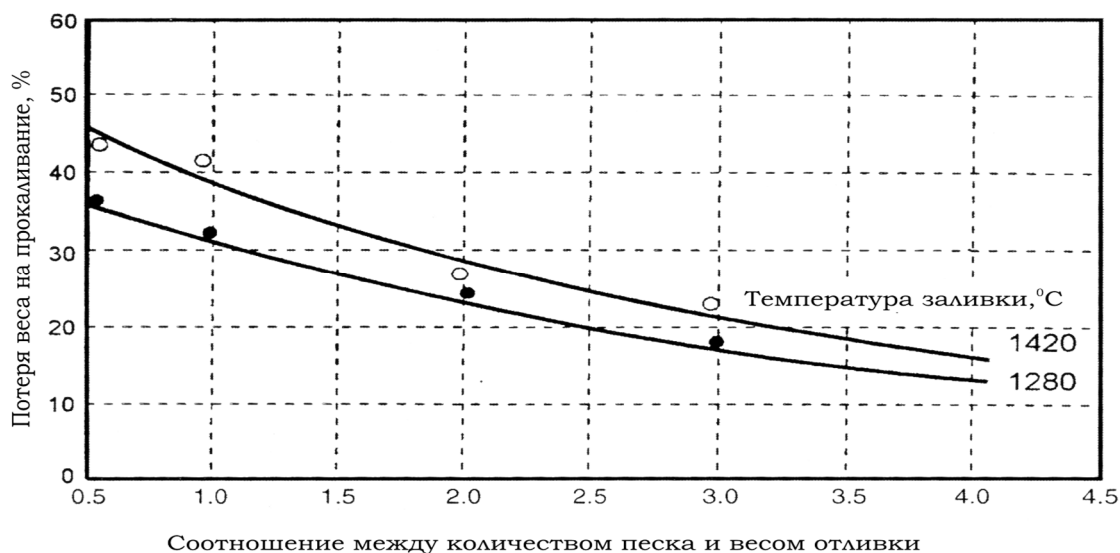


Рисунок 4.4 – Изменение процентного отношения потери веса на прокаливании как функция отношения количества песка к весу отливки

Можно рассчитать максимальное значение органического вещества при насыщении как функцию степени регенерации системы. Нижеприведённая формула действительна для регенерированного песка, к которому не добавлялось свежего песка:

$$I_{\text{МАКС}} = \frac{Z \cdot 100}{r} - Z, \quad (4.1)$$

где  $I_{\text{макс}}$  – потеря веса на прокаливании как максимальное значение (т.е. при насыщении);

$Z$  – процентное содержание смолы плюс катализатора;

$r$  – степень регенерации, выраженная как процентное отношение снижения «потерь веса на прокаливании» в каждом цикле, следующем за заливкой и возможной регенерацией.



Рисунок 4.5 – Потери веса на прокалывание как функция количества циклов при различных степенях регенерации, итого  $r$  %. Для иллюстрации даётся формовочная смесь с 2 % смолы и органического катализатора

В качестве поясняющего примера приводится следующее вычисление потери веса на прокалывание при насыщении:

$Z = 1,5$  (процентное содержание смолы плюс катализатора);

$R = 30$  % (степень полной регенерации).

$$I_{\text{МАКС}} = \frac{1,5 \cdot 100}{30} - 1,5 = 3,5 \%,$$

Эта формула должна быть видоизменена, как указано ниже, если производятся какие-либо добавления свежего песка:

$$I_{\text{МАКС}} = \left( \frac{Z \cdot 100}{r} - Z \right) \cdot \frac{100 \cdot N}{100}, \quad (4.2)$$

где  $N$  – процентное содержание свежего песка, добавляемого в каждом цикле [5].

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

Для регенерации смеси выбирается установка механической регенерации IMF с производительностью 25 т/ч для ХТС с органическими связующими.

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

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>69</i>

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Общая характеристика литейного цеха

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

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

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

Санитарно-гигиенические требования к вентиляции, отоплению помещения выполнены по СанПиН 2.2.4.548-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Отопление цеха осуществляется местными нагревательными приборами регистрами из гладких труб. Все трубопроводы систем отопления и теплоснабжения калориферов выполняются из стальных водогазопроводных труб. Проектируемый литейный цех имеют эффективную вентиляцию, обеспечивающую многократный обмен воздуха в цехе, систему местной вентиляции, предотвращающую выброс вредных выделений в атмосферу цеха; устройство воздушных душей или тепловых завес на рабочих местах. У ворот имеются воздушные тепловые завесы, пуск которых сблокирован с механизмом открывания ворот. В помещениях объем наружного воздуха составляет не менее 30 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего. В зимнее время приточная вентиляция работает в сочетании с калориферными установками. Температура в цехе в холодный период 15...21 °С, в теплый период 16...27 °С. Предприятие относится ко 2-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.1.1200-2003 «Санитарно-защитные зоны и

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

70

санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов». Поэтому территория цеха отделена от жилого массива санитарно-защитной зоной на расстоянии 500 м. В соответствии с СанПиН 2.2.3.1385-03 – «Требования к предприятиям металлургической промышленности». Расчетные нагрузки на полы и перекрытия представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчетные нагрузки на полы и перекрытия (кПа), материалы полов

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

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

При установке оборудования в цехе необходимо учитывать, чтобы агрегаты, являющиеся источником тепловых потоков размещались вдоль продольной оси пролета. Расстояние между агрегатами устанавливается такое, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались.

В проектируемом литейном цехе предусмотрена система водоснабжения: хозяйственно-питьевая; производственная; оборотного и вторичного использования. Также в цехе предусмотрены системы водоотведения: бытовая (для отведения от

санитарных узлов), производственная (для отведения сточных производственных вод), дождевая.

## 5.2 Анализ опасных и вредных факторов рабочей среды и трудового процесса

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

При проведении термической обработки должны быть предусмотрены меры защиты работающих от возможного действия опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-80 [17].

### 5.2.1 Вредные вещества

Пыль литейных цехов по дисперсному составу относится к мелкой и мельчайшей фракциям, которые длительное время находятся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны. Значительные выделения пыли наблюдаются при выбивки отливок, в процессе приготовления формовочных и стержневых смесей. К газам и парам, которые загрязняют воздух рабочей зоны литейного цеха, относятся ацетон, ацетилен, бензол, окись азота, двуокись серы, углекислый газ, фенол, окись углерода, формальдегид, хлор, этиловый спирт и др.

Избыточны выделения теплоты в отделениях плавки металла, заливки, выбивки отливок, термической обработки, а также при выполнении ряда вспомогательных операций (при подсушке ковшей, форм и др.). Потери теплоты основным

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

технологическим оборудованием – плавильными агрегатами – составляют 14...62 % общего расхода теплоты на расплавление металла приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Количество теплоты, выделяемой на различных участках

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

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

Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсичных газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе на рабочих местах. Разновидность вредных веществ в воздухе производственного помещения является пыль. Она может быть во взвешенном – аэрозоль и осевшем – аэрогель состояниях.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест не должно превышать установленных ПДК. В таблице 5.3 приведен ПДК вредных веществ, сопутствующих литейному производству (согласно ГН 2.2.5.1313-03).



Таблица 5.3 – ПДК и классы опасности вредных веществ

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

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

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

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

### 5.2.2 Вибрация

В литейном цехе источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных

решеток, центробежных и других машин. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.566-01.

Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиенические нормы вибрации, допустимые к воздействию на работника в течение рабочей смены приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Гигиенические нормы вибрационного воздействия

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

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

### 5.2.3 Шум

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

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

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

Таблица 5.5 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

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

#### 5.2.4 Электромагнитные излучения

Электромагнитные поля в литейном цехе генерируются плавильными печами и др.

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

В таблице 5.6 представлены предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля.

Таблица 5.6 – ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздейст вия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженност и,кА/м	ПДУ магнитной инду кции, мТл	ПДУ напряженност и,кА/м	ПДУ магнитной инду кции, мТл
0...10	24	30	40	50
11...60	16	20	24	30
61...480	8	10	12	15

### 5.2.5 Освещение

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

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

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

Аварийное освещение предусматривается для безопасного продолжения работы или при внезапном повреждении освещения. Аварийное и охранное освещение литейного цеха должно предусматриваться в соответствии со СанПин 2.1.1.1278-03. Рекомендуемые значения освещенности приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Освещенность участков при использовании газоразрядных ламп

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, лк	КЕО, %
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, закроем	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 м от пола	горизонталь	VI	300	1,8

### 5.3 Микроклимат

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

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

К показателями, характеризующим микроклимат относятся:

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

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

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

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

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

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м<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.

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		79

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

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать (при категориях работ IIб) 5 °С;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия на работающих ОВФ РС и ТП. Обеспечение рабочих надежными и эффективными СИЗ, способствует повышению безопасности труда, снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

#### 5.4 Электробезопасность

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

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

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

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

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

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

### 5.5 Пожаровзрывобезопасность

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

Пожаровзрывоопасные вещества и материалы для их тушения приведены в таблице 5.8

Таблица 5.8 – Пожаровзрывоопасные вещества и материалы для их тушения

Вещество	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Взрывоопасное содержание в воздухе	Материал, применяемый для тушения
Спирт этиловый	11	445	3,5...18,0	химическая пена, углекислота
Ацетон	18	465	2,2...13,0	
Спирт метиловый	1	475	6,0...36,0	

В таблице 5.9 приведены рекомендации по применению средств пожаротушения в литейном цехе.



Таблица 5.9 – Рекомендации по применению средств пожаротушения в цехе

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

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

Цех относится к категории помещения «Г» в соответствии с НПБ 105-03 [18].

#### 5.6 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность производственного процесса обеспечивается выбором техпроцессов и производственного оборудования, помещений и исходных материалов, способ хранения и транспортирования, правильным размещением оборудования. Распределением функций между рабочими и их обучением, использованием средств индивидуальной защиты.

Общие требования безопасности производственного оборудования определены ГОСТ 122003-91. Безопасность производственных процессов регламентируются ГОСТ 123002-75.

Для обеспечения операций по переработке исходных материалов, шихтовые материалы хранятся в закромах с обеспечением угла естественного откоса, а формовочные в бункерах. Бункера для металла должны иметь для безопасного их обслуживания площадку шириной не менее , огражденную перилами. Углы наклона плоскостей бункеров должны обеспечивать легкий сход материалов. Выдача в производство лома с закрытыми полостями без специальной проверки и их вскрытия запрещается. Хранение сыпучих материалов должно осуществляться в ларях, верхняя часть которых должна быть оборудована местной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей скорость движения воздуха при открытых загрузочных отверстиях не менее 0,7 м/с, также приточно-вытяжная вентиляция устанавливается и на участке подготовки шихты. На все поступающие в цех шихтовые и формовочные материалы должны быть токсикологические характеристики, а на участках устанавливается сигнализация и средства пожаротушения. 1 метра

В плавильном отделении цеха используются дуговые печи постоянного тока. Работы на дуговых печах постоянного тока производится с соблюдением правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

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

Учитывая вышеизложенное, в литейном цехе проводится следующий комплекс мероприятий: индукционные тигельные печи должны быть оборудованы эффективными устройствами для удаления отходящих дымовых газов и очистки их от пыли; во избежание взрывов, все литейное оборудование, контактирующее с жидким металлом просушивается на специальных стендах; завалка шихты в индукционные тигельные печи должна быть механизирована; после каждого ремонта печи или ковша контролируется качество его выполнения; для оповещения работников о предстоящем наклоне печи для скачивания шлака или выпуска плавки

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм / Лист № докум. Подп. Дата

83

должна быть устроена световая и звуковая сигнализация, сигнал должен подаваться не позднее, чем за одну минуту до начала наклона печи; грузовые крюки, траверсы, сварные цепи мостового крана перед пуском в работу подвергаются освидетельствованию; заполнять ковш расплавленным металлом допускается не более 7/8 его высоты; управление индукционной тигельной печью должно осуществляться с пульта управления, который должен быть оснащен выключателями аварийного напряжения; металлоконструкции индукционных тигельных печей должны быть заземлены; по предупреждению травматизма работники цеха обеспечены спецодеждой для защиты от повышенных температур и средствами индивидуальной защиты.

### 5.7 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 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 газовыделений в атмосферу в литейном цехе являются: индукционные тигельные печи; участки складирования и переработки шихты, формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья. Снижение, а по возможности предотвращение

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		84

попадания вредных веществ за пределы цеха, является основной задачей по охране природной среды.

Анализ экологических, производственных факторов литейного цеха показывает, что в цехе необходимо применение мер по повсеместной технике безопасности; оснащение основного технологического оборудования пыле-газоулавливающими и очистными системами; совершенствование технологических процессов с переходом на экологически безвредные, безотходные технологии; сбор и утилизация отходов литейного производства; содержание территории и санитарно-защитной зоны в надлежащем санитарном состоянии.

#### 5.7.1 Очистка выбросов в атмосферу

Для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками (с учетом перспективы их развития) не создают приземную концентрацию, превышающую ПДК.

Для очистки воздуха отходящего от стержневых автоматов применяется абсорбционно-биохимическая установка фирмы «Промышленные экологические системы».

Использование газа осуществляется в соответствии с техническим регламентом о безопасности сетей газораспределения и газопотребления № 870 от 29.10.2010 г.

#### 5.7.2 Очистка производственных сточных вод

Источниками загрязнения сточных вод являются производственные, бытовые и поверхностные стоки. Основными источниками загрязнения сточных вод литейного цеха являются: мелкодисперсная пыль, песок, частицы шлака, зольные остатки от выгоревшей части формовочной смеси, окалина и др. Сточные воды поступают

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

85

главным образом от мокрых пылеуловителей. Как правило, сточные воды литейного производства одновременно загрязнены не одним, а рядом вредных веществ.

Попадание теплой воды в открытые водоёмы вызывает снижение уровня кислорода в воде, что неблагоприятно влияет на флору и фауну, а также снижает самоочищающуюся способность водоёмов. Расчет температуры сточных вод производится с учетом санитарных требований, чтобы летняя температура речной воды в результате спуска сточных вод не поднималась более чем на 3 °С.

Через гидроциклон в час проходит примерно 110 м<sup>3</sup> воды, загрязненной механическими примесями.

Очистка сточных вод литейного цеха производится в гидроциклоне серии ПВО-MSSF-F700. Гидроциклоны предназначены для грубой механической очистки воды в промышленности и сельском хозяйстве от песка, мути, ржавчины и иных включений. Гидроциклоны предназначены для механической очистки воды.

Поток воды подается в боковое отверстие циклона и течет по спирали по всей длине конусного корпуса фильтра. Благодаря действию центробежной силы, частицы примесей перемещаются к стенкам фильтра и под действием собственного веса сползают вниз, собираясь в нижней камере. Очищенная вода вытекает наружу через верхнее отверстие.

Технические характеристики гидроциклона с автоматической промывкой серии ПВО-ASSF-5-BSAL:

- эффективность, % 98;
- производительность, м<sup>3</sup>/ч 125;
- диаметр входного/выходного отверстия, мм 160.

### 5.7.3 Обезвреживание и утилизация отходов

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

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		86

Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные формовочные и стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистой аппаратуры 80...85 %, литейные шлаки 10...15 %, абразивную и галтовочную пыль, огнеупорные материалы 2...3 %. Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. При условии соответствующего складирования и последующей рекультивации отходы не должны наносить серьезного ущерба окружающей среде. При производстве 1 т отливок из чугуна выделяется около 40 кг пыли, 200 кг оксидов углерода, 1,5...2 кг оксидов серы и азота и до 0,5 кг других вредных веществ. Поэтому 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 % увозятся на заводские отвалы.

Наиболее радикальными мерами по снижению экологической опасности отходов литейного производства являются:

- широкое использование регенерации отработанных смесей с последующим возвратом песка в технологический процесс;
- утилизация твердых отходов, например путем их использования в дорожном строительстве, для засыпки отработанных карьеров, шахт;
- создание замкнутых циклов водоснабжения с предварительной очисткой и многократным использованием воды в технологическом процессе.

Поскольку проектируемый цех относится к категории средних, его расположение не позволяет иметь свой полигон для захоронения, то для утилизации отходов будем отправлять их – шлаки 100 % (15 кг на 1 тонну годного литья) на ближайšie цементные, кирпичные, бетонные и асфальтные заводы за оплату, которая ниже налога на захоронение после предварительной очистки от металла и других особо вредных составляющих.

					<i>22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		87

## 5.8 Гражданская оборона и защита от чрезвычайные ситуации

Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 года № 28 (в ред. Федеральных законов от 09.10.2002 N 123-ФЗ, от 19.06.2004 N 51-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ) определяет задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны (преамбула в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ).

При различного рода чрезвычайных ситуациях, авариях, катастрофах, пожарах, техногенных катастрофах необходимо определить места эвакуации людей, меры и средства по их защите, а также места эвакуации документации и оборудования цеха.

При применении оружия массового поражения, в живых организмах нарушаются биологические процессы, что в последующем приводит к различного рода тяжелым заболеваниям. Разрушение промышленных объектов происходит от воздействия ударной волны, а под воздействием тепловых излучений возникают пожары.

Исходя из вышеизложенного должны быть предусмотрены следующие меры для защиты людей от поражающих факторов:

- в проектируемом литейном цехе необходимо определить маршруты эвакуации работников, а также их рассредоточения;
- при применении оружия массового поражения, необходимо обеспечить работников средствами индивидуальной защиты;
- укрытие людей в убежищах (в цехе предусмотрено убежище, рассчитанное на рабочих и служащих);
- средства оповещения спецслужб.

На предприятии существует аварийно-спасательная бригада.

К основным видам техники, предназначенной для защиты литейного цеха от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения. По периметру

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

88

литейного цеха проложен водопровод и предусмотрены пожарные краны, а также установлены и оборудованы пожарные щиты, в помещениях цеха имеется пожарная сигнализация. На случай возгорания цеха, определены места эвакуации людей, документации и оборудования, назначены ответственные лица за проведение данных мероприятий.

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

89

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была разработана литейная технология производства отливки «Изложница для слитка 17,5 тонн». Были разработаны плавильный и формовочный отделения современного литейного цеха на годовой выпуск 8000 тонн отливок.

Для осуществления всех операций технологического процесса было выбрано и рассчитано оптимальное количество оборудования и сделана планировка цеха.

Спроектированный цех литья отвечает всем требованиям строительным и санитарным нормам и правилам.

Для осуществления всех операций технологического процесса было выбрано и рассчитано оптимальное количество оборудования и сделана планировка цеха.

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

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

90

## 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. Сайт «Накануне.ру». – <http://www.nakanune.ru/news/2013/9/17/22324087/>.
3. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов / А.Ф. Миляев. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.
4. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 144 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. «Изложницы для отливки стальных слитков». – [http://steelcast.ru/moulds\\_for\\_steel\\_ingots](http://steelcast.ru/moulds_for_steel_ingots).
9. Производство чугуновых отливок: учебник / В.Д. Белов, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев и др.; под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 521 с.
10. Вдовин, К. Н. Технология литейного производства: учебное пособие / К.Н. Вдовин. – Магнитогорск МГТУ, 2001. – 115 с.

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

91

11. Дубровин, В.К. Технологические процессы литья: учебное пособие для студентов высших учебных заведений обучающихся по направлению 150400 "Металлургия" / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 193, с.

12. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.: ил.

13. Евстигнеев, А. И. Специальные технологии литейного производства: учебное пособие / А. И. Евстигнеев, Е. А. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2012. – 436 с.

14. Технология литейного производства: учебник / под ред. Б.С. Чуркина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.- пед. Университета, 2000. – 662 с.

15. Сайт «Переоснастка.ру». – <http://pereosnastka.ru/articles/formovochnye-materialy-i-smesi>.

16. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия: справочник / Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С и др. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.

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

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

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

92

**Компоненты шихты  
Для выплавки СЧ20**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%
20,000	72,697	2,765	1,587	0,398	2,553	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Стоимость, руб/т**

14500,00	12500,00	22000,00	82000,00	123000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
----------	----------	----------	----------	-----------	------	------	------	------	------	------

Количество компонентов **100,000** %

Стоимость **14386,31** руб

**Химический состав шихтовых материалов СЧ20**

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%
<b>C</b>	3,400	0,200	3,400	0,100	7,000	98,000					
<b>Si</b>	1,900	0,400	0,700	65,000	6,000	0,000					
<b>Mn</b>	0,850	0,600	0,500	0,400	65,000	0,000					
<b>S</b>	0,075	0,045	0,030	0,020	0,020	1,000					
<b>P</b>	0,100	0,040	0,200	0,040	0,300	0,000					

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

Лист  
93

Компоненты оптимизированной шихты для выплавки чугуна СЧ20

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
20,000	72,697	2,765	1,587	0,398	2,553	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты **14386,31** руб

Ограничения по хим. составу

	min	normal	max
--	-----	--------	-----

<b>C</b>	3,300	3,451	3,500
<b>Si</b>	1,400	1,746	2,400
<b>Mn</b>	0,700	0,885	1,000
<b>S</b>	0,000	0,074	0,150
<b>P</b>	0,000	0,056	0,200
<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>O</b>	0,000	0,000	0,000

<b>X1</b>	Возврат СЧ20
<b>X2</b>	Лом стальной ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун пердедельный ПЛ1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91
<b>X6</b>	Смесь науглероживающая
<b>X7</b>	-

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

Лист  
94

**Компоненты шихты  
для выплавки стали 40ГЛ**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
32,000	64,245	3,254	0,051	0,450	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Стоимость, руб/т**

14500,00	12500,00	22000,00	82000,00	123000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
----------	----------	----------	----------	-----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество компонентов **100,000** %

Стоимость **13981,83** руб

**Химический состав шихтовых материалов 40ГЛ**

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
<b>C</b>	0,400	0,200	3,400	0,100	0,500							
<b>Si</b>	0,310	0,4	0,700	65,000	1,400							
<b>Mn</b>	1,400	0,600	0,500	0,400	90,000							
<b>S</b>	0,020	0,045	0,030	0,020	0,020							
<b>P</b>	0,020	0,040	0,200	0,040	0,050							

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата

22.03.02.2020.13.20.00.00 ПЗ

## Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали 40ГЛ

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
32,000	64,245	3,254	0,051	0,450	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты **13981,83** руб

Ограничения по хим.  
составу

min      normal      max

<b>C</b>	0,350	0,369	0,450
<b>Si</b>	0,200	0,418	0,420
<b>Mn</b>	1,200	1,255	1,600
<b>S</b>	0,000	0,036	0,040
<b>P</b>	0,000	0,039	0,040
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000

<b>X1</b>	Возврат 40ГЛ
<b>X2</b>	Лом стальной ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун пердеельный ПЛ1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн90 ГОСТ 4755-91

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

Лист 96

**Компоненты шихты  
для выплавки стали 35Л**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
20,000	75,172	4,553	0,125	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Стоимость, руб/т**

14500,00	12500,00	22000,00	82000,00	123000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
----------	----------	----------	----------	-----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество компонентов  %

Стоимость  руб

**Химический состав шихтовых материалов 35Л**

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
<b>C</b>	0,375	0,200	3,400	0,100	0,500							
<b>Si</b>	0,360	0,4	0,700	65,000	1,400							
<b>Mn</b>	0,675	0,600	0,500	0,400	90,000							
<b>S</b>	0,030	0,045	0,030	0,020	0,020							
<b>P</b>	0,030	0,040	0,200	0,040	0,050							

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

22.03.02.2020.13.2.00.00 ПЗ

97

Лист



## Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали 35Л

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
20,000	75,172	4,553	0,125	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты **13585,16** руб

Ограничения по хим.  
составу

	min	normal	max
--	-----	--------	-----

<b>C</b>	0,350	0,381	0,400
<b>Si</b>	0,200	0,488	0,520
<b>Mn</b>	0,450	0,744	0,900
<b>S</b>	0,000	0,041	0,060
<b>P</b>	0,000	0,045	0,060
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000

<b>X1</b>	Возврат 35Л
<b>X2</b>	Лом стальной ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун пердеельный ПЛ1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн90 ГОСТ 4755-91

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

**Компоненты шихты  
для выплавки стали 110Г13Л**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
30,000	49,178	3,574	1,154	15,546	0,548	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Стоимость, руб/т**

14500,00	12500,00	22000,00	82000,00	123000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
----------	----------	----------	----------	-----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество  
компонентов

**100,000** %

Стоимость

**31351,39**

руб

**Химический состав шихтовых материалов 110Г13Л**

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
<b>C</b>	0,900	0,200	3,400	0,100	0,500	98,000						
<b>Si</b>	0,000	0	0,000	65,000	1,400	0,000						
<b>Mn</b>	0,000	0,100	0,100	0,400	90,000	0,000						
<b>Ni</b>	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
<b>Cr</b>	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
<b>S</b>	0,025	0,045	0,030	0,020	0,020	1,000						
<b>P</b>	0,060	0,040	0,200	0,040	0,050	0,000						

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

Лист  
99

## Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали 110Г13Л

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
30,000	49,178	3,574	1,154	15,546	0,548	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты 31351,39 руб

Ограничения по хим.  
составу

	min	normal	max
--	-----	--------	-----

<b>C</b>	0,400	1,106	1,400
<b>Si</b>	0,800	0,968	1,000
<b>Mn</b>	11,500	14,049	15,000
<b>Ni</b>	0,000	0,150	1,000
<b>Cr</b>	0,000	0,150	1,000
<b>S</b>	0,000	0,040	0,050
<b>P</b>	0,000	0,053	0,120
<b>O</b>	0,000	0,000	0,000

<b>X1</b>	Возврат 110Г13Л
<b>X2</b>	Лом стальной ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун передельный ПЛ1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн90 ГОСТ 4755-91
<b>X6</b>	Смесь науглероживающая

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

22.03.02.2020.132.00.00 ПЗ

Лист 100