

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

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

Техническое перевооружение литейного цеха АО «УКВЗ»  
на годовой выпуск 6000 стального литья

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.04.02.2020.342.00.00 ПЗ ВКР

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

Руководитель проекта  
профессор, д.т.н  
В.К. Дубровин  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Автор проекта  
студент группы  
ПЗ-342  
Ф.В. Сиротин  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Сиротин Ф.В. Техническое перевооружение литейного цеха АО «УКВЗ» на годовой выпуск 6000 тонн в год стального литья. – Челябинск: ЮУрГУ ПЗ-342; 2020, 68 с. 15 ил., библиогр. список – 11 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 5 плакатов формата А1.

В выпускной квалификационной работе выполнен сравнительный анализ существующих технологий на производстве и предлагаемых для внедрения.

Приведен расчёт оборудования для перевооружения литейного цеха по номенклатуре УКВЗ на годовой выпуск 6000 т годного литья из углеродистой стали 25Л. В соответствии с производственной программой выбрано и рассчитано оборудование основных отделений цеха, с помощью которых можно достичь заданной производительности цеха.

Рассмотрена отливка «Головка сцепного прибора». Освещены основные вопросы, связанные с выбором способа изготовления отливки, положения отливки в форме, определена поверхность разъёма формы.

Дано описание технологических процессов выплавки стали и изготовления форм. Проведены расчеты шихтовых материалов, требуемого количества оборудования, площадей складов для хранения нормативного запаса шихтовых и формовочных материалов.

Составлен перечень мероприятий по безопасности жизнедеятельности и технике безопасности в разработанном проекте литейного цеха.

					<i>ЮУрГУ 220402.2020.137.00</i>			
					<i>Техническое перевооружение литейного цеха АО «УКВЗ» на годовой выпуск 6000 тонн в год стального литья</i>	Лит	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		<i>Сиротин</i>						
Провер.		<i>Дубровин</i>						
Н. Контр.						Лист 4	Листов	

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ	
1.1 Состояние развития литейных технологий в России и за рубежом.....	8
1.2 Перспективные направления развития литейных технологий.....	12
2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ	
2.1 Состав и основные параметры литейного цеха .....	14
2.2 Производственная программа.....	14
2.3 Режим работы и фонды времени.....	15
2.4 Расчет производственных отделений цеха.....	16
2.4.1 Плавильное отделение.....	19
2.4.2 Смесеприготовительное отделение.....	22
2.4.3 Формовочное отделение.....	24
2.4.4 Стержневое отделение.....	25
2.4.5 Термообрубное отделение.....	26
2.4.6 Склад формовочных материалов .....	27
2.4.7 Вспомогательные отделения и участки цеха.....	29
2.5 Формовочная линия FAST LOOP.....	29
3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
3.1 Анализ технологичности изготовления отливки.....	33
3.2 Выбор способа изготовления отливки и его обоснование.....	33
3.3 Выбор положения отливки в форме в период заливки .....	34
3.4 Определение разъема формы .....	34
3.5 Определение припусков на механическую обработку .....	34
3.6 Определение формовочных уклонов .....	35
3.7 Определение размеров стержневых знаков.....	35
3.8 Проектирование прибыли.....	35
3.9 Выбор типоразмера опок.....	36
3.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы .....	36
3.11 Выбор состава формовочных, стержневых смесей и красок .....	40
3.12 Разработка технологии сборки и заливки форм.....	41
3.13 Определение габаритов опок и расчет массы груза .....	42
3.14 Контроль качества отливок.....	42

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

4 ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗОГРЕВ ПРИБЫЛЕЙ	
4.1 Общая информация.....	43
4.2 Причины использования экзотермических вставок в прибылях.....	44
4.3 Расчет экзотермической вставки.....	45
4.4 Результаты применения экзотермических вставок .....	47
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1 Общие положения .....	49
5.2 Анализ производственных и экологических опасностей .....	52
5.3 Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях .....	53
5.4 Безопасность труда в формовочных отделениях .....	55
5.5 Безопасность труда в стержневых отделениях .....	56
5.6 Безопасность труда в плавильных отделениях .....	57
5.7 Безопасность труда в отделениях заливки форм .....	59
5.8 Безопасность труда на выбивных участках литейного цеха .....	60
5.9 Безопасность труда в обрубных отделениях .....	61
5.10 Безопасность труда при работе с экзотермическими вставками.....	62
5.11 Электробезопасность в литейных цехах .....	63
5.12 Территория, здания и сооружения литейных производств .....	63
5.13 Освещение .....	64
5.14 Вентиляция .....	65
5.15 Требования к исходным материалам, заготовкам и полуфабрикатам.....	65
5.16 Требования к изготовлению модельной оснастки .....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	68

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Массовая доля литых заготовок в машиностроительных изделиях составляет 30...90% и имеет тенденцию к увеличению. Развитие техники предъявляет свои требования к качеству литых заготовок. Современные отливки должны иметь высокие механические свойства, физические и химические характеристики, а также высокую точность при минимальной толщине стенок и массе.

Получение отливки высокого качества, из стали, а также из различных других сплавов во многом определяется правильной технологией их изготовления. Процесс разработки технологии изготовления отливок базируется на основе системного учёта закономерностей литейных процессов.

Несмотря на широкие возможности способов литья, позволяющие получать практически любые заготовки, необходимо достигнуть баланса между экономическим и техническим параметрами.

Важнейшей проблемой является повышение экологической чистоты литейной технологии, которую можно решать путем комплексной механизации и автоматизации производства, основанного на использовании прогрессивных технологических процессов.

Оборудование для перевооружения цеха подобранно с соблюдением технико-экономических показателей. Количество и виды оборудования рассчитываются исходя из производственной мощности цеха, массы получаемых отливок, массы литниковой системы на одну отливку, размеров опок, процента брака отливок при производстве, количества отливок в форме, количества стержней на одну отливку, массы стержней, количества стержней, изготавливаемых в одном стержневом ящике, процента брака и боя стержней.

Промышленное применение песчано-глинистых смесей обеспечивает низкую себестоимость производства, высокую производительность и облегчает производственный процесс. Использование стержней из холодно-твердеющих смесей обеспечивает их высокую прочность и позволяет получить на отливке качественную и геометрически точную поверхность.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

## 1.1 Состояние развития литейных технологий в России и за рубежом

Литейное производство России является основной базой машиностроительного комплекса и его развитие зависит от темпов развития машиностроения в целом. Перспективы развития литейного производства определяются потребностью в литых заготовках, их динамикой производства, авторитетом литейных технологий и конкурентной способностью среди развитых зарубежных стран.

Мировое производство отливок ежегодно в промежутке 2010 - 2018 г более 100 млн. тонн, из которых:

- чугун 72 %;
- сталь 10,5 %;
- цветное литье 17,5 %.

Выпуск отливок по странам приведен на рисунке 1, из которого видно, что лидирующее место в производстве отливок занимает Китай, который сегодня производит около половины мирового выпуска литых заготовок. Россия на 6 месте с объемом 4%.

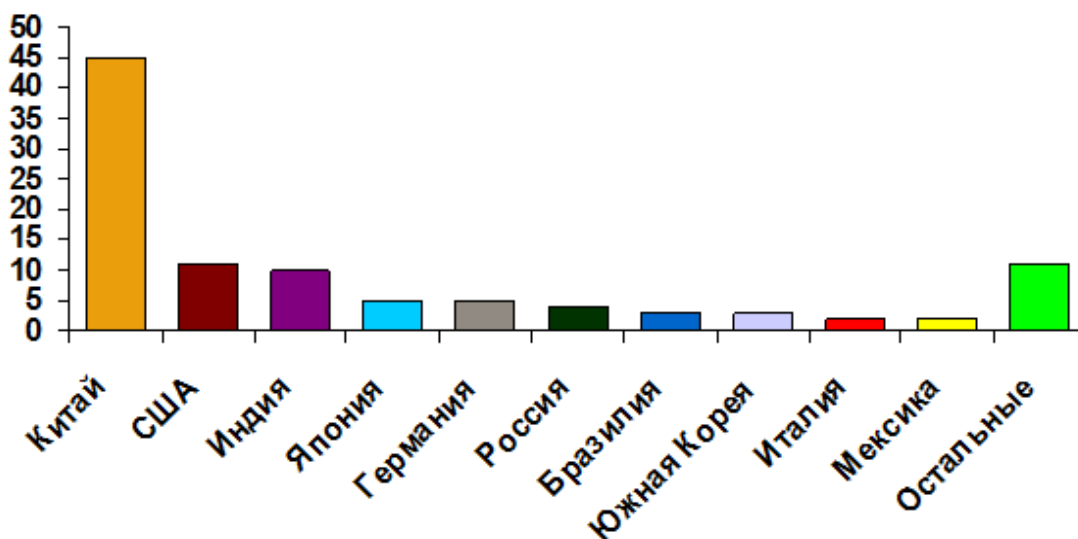


Рисунок 1 – Мировые объемы производства, млн. тонн

На рисунке 2 отражена динамика изменений объемов выпуска отливок в разных странах, которая показывает рост объемов производства в Китае и Индии, а так же спад в России и США.

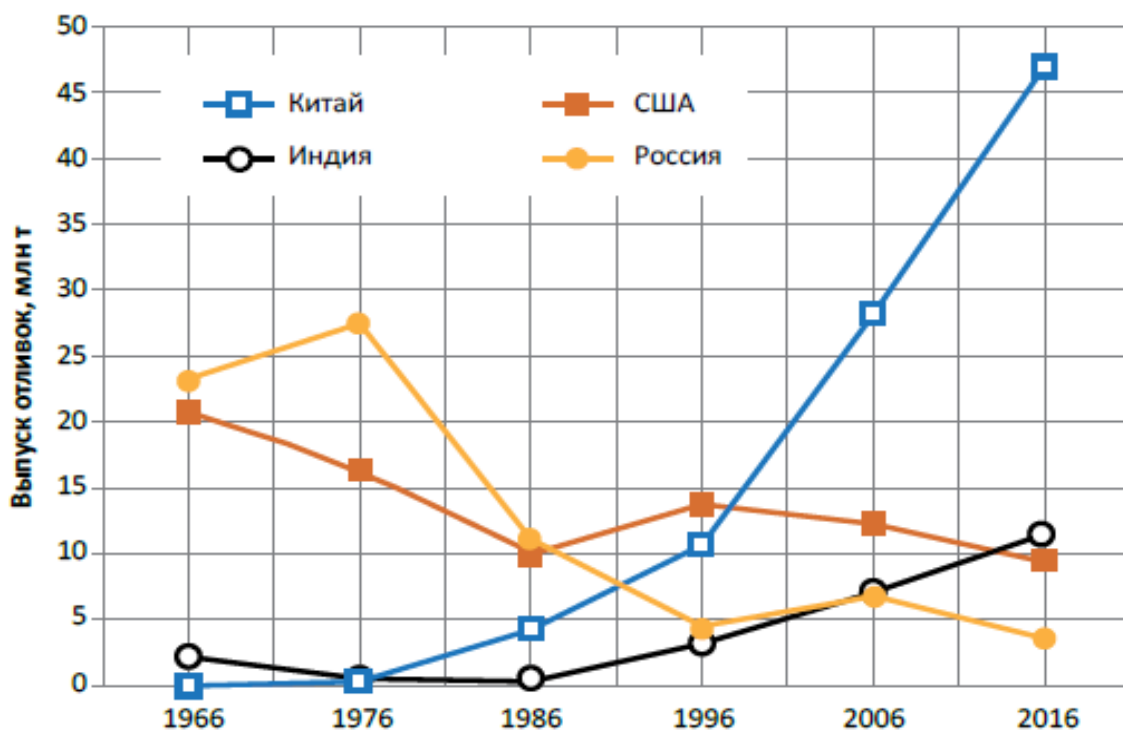


Рисунок 2 – Перераспределение объема выпуска отливок между странами

Основные направления развития литейного производства Китая:

Эффективное, энергосберегающее, автоматизированное и высокотехнологичное литейное оборудование, передовые технологии литья и материалы, а также технология производства отливок со стержнями для основного технологического оборудования.

Ультрасовременная крупномасштабная технология литейного производства легких сплавов алюминия, магния, титана и технология получения высокотемпературных монокристаллических отливок методом направленной кристаллизации; технология очистки отходов (песка) и технология пооперационного контроля; незагрязняющие или более экологически чистые литейные материалы; весь процесс моделирования в литейном производстве.

Крупнотоннажные ( $\geq 20$  т/ч) вагранки с повышенным сроком службы и мощное ( $\geq 8000$  кВт) эффективное индукционное плавильное оборудование, полужесткие литейные формы, оборудование для кристаллизации технически чистого металла, оборудование для получения высокотемпературных монокристаллических отливок методом направленной кристаллизации, литейная машина статического давления, автоматическая система формования стержня, специализированное оборудование для очистки и дробеструйной обработки, литейные роботы, оборудование операционного контроля, промышленные томографы и др.[1].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Оценка объемов литья приходящегося на каждого работника занятого в литейном производстве страны является показателем эффективности работы литейной отрасли в целом.

Объем производимого литья на одного работающего в год:

- Китай – 16 тонн;
- Россия – 11 тонн;
- Япония – 85 тонн;
- Германия – 63 тонны;
- США – 55 тонн;
- Бразилия – 6 тонн;
- Индия – 2 тонны.

Для полной оценки развития литейной отрасли рассмотрим диаграммы отражающие изменения и текущее состояние литейного производства в России.

Объемы производства отливок в России показаны на рисунке 3.

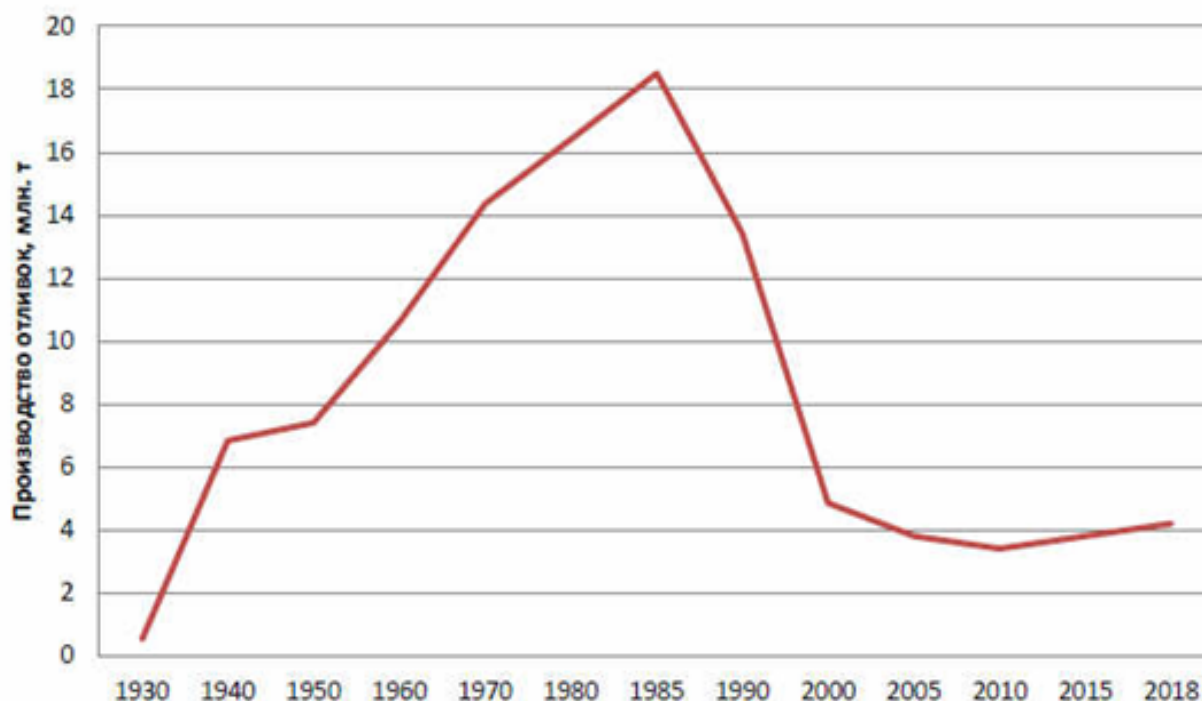


Рисунок 3 – Динамика производства отливок в России

Динамика производства с указанием используемых в отливках металлов и прогнозирование до 2030 года отражена на рисунке 4.



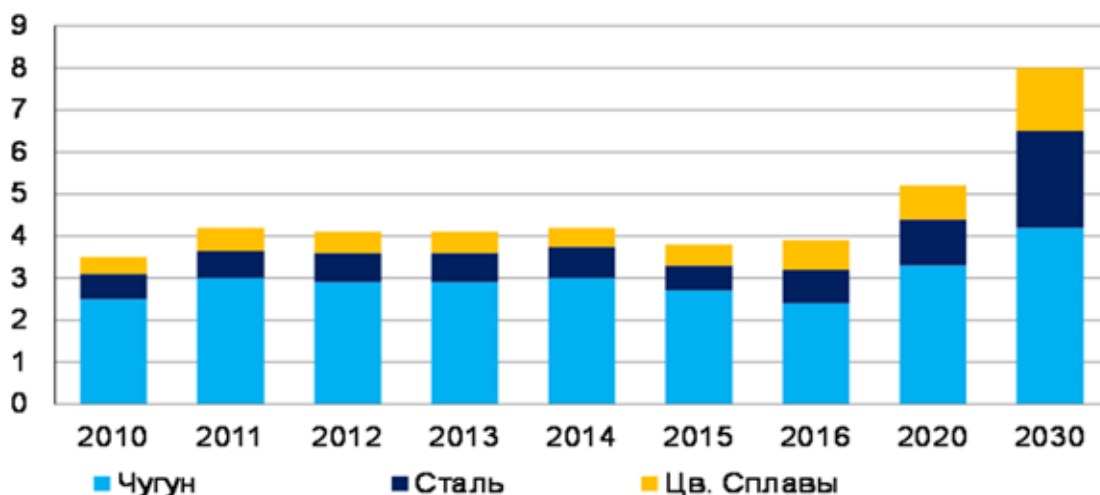


Рисунок 4 – Динамика производства отливок в России и прогнозирование

При оценке развития литейного производства важным фактором является уровень автоматизации.



Рисунок 5 – Уровень автоматизации литейного производства

Отливки из чугунных сплавов составляют большую часть производимых отливок, на рисунке 6 и рисунке 7 указано, в каком количестве и какие плавильные агрегаты применяются при чугунном литье [1].

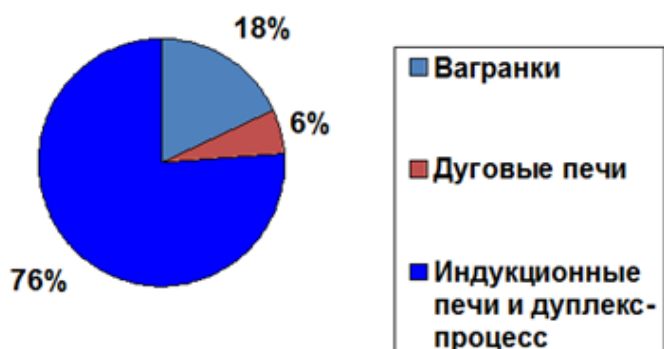


Рисунок 6 – Используемые печи для плавки чугуна

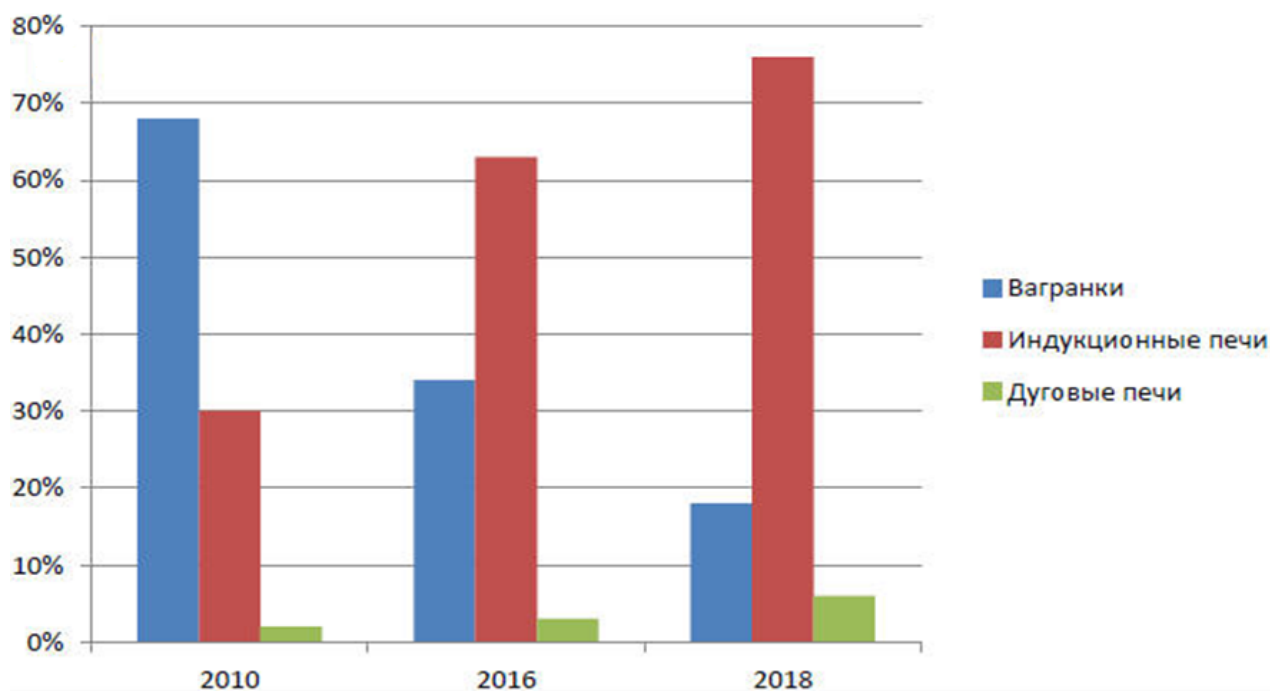


Рисунок 7 – Изменение доли выплавки чугуна в различных плавильных агрегатах

## 1.2 Перспективные направления развития литейных технологий

Перспективные направления развития формообразования в литейном производстве:

- изготовление моделей методом послойного прототипирования (аддитивные технологии);
- применение вихревых смесителей для песчано-глинистых смесей;
- развитие процессов импульсного формообразования (уплотнение воздушным потоком - Seiatsu) и двустороннего прессования - Savelli;
- совершенствование процессов безопочной формовки с вертикальной (Logamatic) горизонтальной (FBO) поверхностью разъема;
- совершенствование процессов изготовления форм из холоднотвердеющих смесей (No-bake-процесс);
- изготовление стержней из ХТС, в т.ч.с продувкой газообразным реагентом с продувкой газообразным реагентом;
- изготовление форм методом послойного прототипирования;
- формовка в стержнях (Hottiner).

Перспективные плавильные агрегаты, процессы приготовления литейных сплавов, заливки форм и формирования отливок:

- подготовка шихты;
- увеличение доли ВЧ и алюминиевых сплавов, отказ от КЧ;

- индукционные тигельные печи средней частоты для плавки черных и цветных сплавов;
- дуговые печи постоянного тока;
- программное обеспечение процессов плавки;
- автоматизация заливки, использование дозаторов;
- применение фильтрационного рафинирования при заливке форм;
- экзотермический разогрев прибылей;
- электрогидровыбивка;
- лазерная резка остатков литников и прибылей.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

## 2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

### 2.1 Состав и основные параметры литейного цеха

В существующем производстве низкий уровень автоматизации и устаревшие технологии не позволят осуществить изготовление отливок с энергетической и экономической эффективностью, для этого необходимо переработать структуру литейного цеха с использованием современных технологий.

Литейные цеха состоят из производственных и вспомогательных отделений, размещенных в различных пролетах и объединенных транспортными средствами таким образом, что маршруты грузопотоков исходных материалов, формовочной и стержневой смесей, форм, стержней, готовых отливок и отходов не пересекаются [2].

Выбор основных параметров литейного цеха и оптимизацию проектных решений следует проводить на основе классификации:

- по массе отливок, связанных с видом сплава и серийности производства;
- по зависимости съема с общей площади цеха от сложности отливок;
- по объему производства;
- по оптимальному объему производства.

Заданный цех классифицируем:

- по виду литейного сплава – цех сталелитейный из углеродистой стали;
- по массе отливок – цех мелких отливок;
- по серийности – производство серийное;
- по технологическому процессу – цех литья в формы из ХТС;
- по сложности и назначению – цех транспортного литья;
- по степени механизации – среднемеханизированный;
- по режиму работы – двухсменный с параллельным режимом;
- по мощности – большой мощности.

### 2.2 Производственная программа

В соответствии с темой курсового проекта была разработана точная производственная программа на годовой выпуск 6000 т отливок из углеродистой стали 25Л1 представленная в таблице 2.1. Данная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного и массового производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой отливок [2].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблица 2.1 – Производственная программа цеха

№	Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт.	Масса отливок на годовую программу, т
	1	2	3	4	5
1	Головка сцепного прибора	25Л	20	10000	200
2	Балка	25Л	22	15000	330
3	Кронштейн	25Л	25	25000	625
4	Корпус редуктора	25Л	45	15000	675
5	Рычаг	25Л	15	25000	375
6	Корпус прижимного устройства	25Л	32	17000	544
7	Корпус подшипника	25Л	10	80000	800
8	Вал	25Л	28	20000	560
9	Втулка	25Л	10	50000	500
10	Серьга	25Л	12	40000	480
11	Корпус	25Л	40	22775	911
	ИТОГО				6000

### 2.3 Режим работы и фонды времени

По организации работ различают последовательный, параллельный и комбинированный режимы работы.

Для данного цеха целесообразен параллельный режим работы (все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках), так как проектируемый цех массового производства.

Бывают односменные, двухсменные, трехсменные параллельные режимы работы. На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный и эффективный режим работы цеха двухсменный с третьей подготовительной сменой, т.е. третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

В соответствии с режимом работы в литейных цехах устанавливается фонд времени работы оборудования. Номинальный фонд ( $\Phi_H$ ) – это время, в течение

которого по принятому режиму должно работать оборудование и рабочие без учета потерь времени.  $\Phi_H = 4036$  ч/год при двусменном режиме.

Фонд действительный (эффективный) работы оборудования является расчетным и определяется путем исключения из номинального фонда времени неизбежных потерь. Они связаны с возможными ремонтами оборудования и его плановым обслуживанием. Расчет действительного фонда времени для оборудования различных отделений представлен в таблице 2.2 [2].

Таблица 2.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен	$\Phi_H$	Потери	$\Phi_D$
Автоматическое оборудование и автоматические линии	2	4036	10	3645
Дуговые печи постоянного тока		4036	3	3890
Печи для т/о отливок		4036	2	3975

#### 2.4 Расчет производственных отделений цеха

Проектирование отделений цеха основывается на выборе типа и расчета требуемого количества технологического оборудования. Главным условием для выбора типа оборудования является его способность обеспечить выполнение заданного технологического процесса с учетом производительности, надежности, эксплуатационных условий и экономической целесообразности. На основании расчета оборудования определяются площади, и производится компоновка отделений.

Интенсивность использования оборудования в проектных расчетах регламентируется коэффициентом загрузки -  $K_3$ , который должен быть в пределах 0,7... 0,85 для большинства видов оборудования. При установке 1-3 единиц неавтоматического оборудования допускается в отдельных случаях снижение  $K_3$  до 0,5 [2].

Для расчетов оборудования цеха используется ведомость расхода металла на залитые формы представленная в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

№	Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа		Брак по вине литейного цеха		
				Шт.	т	%	Шт.	т
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Головка сцепного прибора	20	25Л	10000	200	3	300	6
2	Балка	22	25Л	15000	330	3	450	10
3	Кронштейн	25	25Л	25000	625	3	750	18,8
4	Корпус редуктора	45	25Л	15000	675	3	450	20,3
5	Рычаг	15	25Л	25000	375	3	750	11,3
6	Корпус прижимного устройства	32	25Л	17000	544	3	510	16,3
7	Корпус подшипника	10	25Л	80000	800	3	2400	24
8	Вал	28	25Л	20000	560	3	600	16,8
9	Втулка	10	25Л	50000	500	3	1500	15
10	Серьга	12	25Л	40000	480	3	1200	14,4
11	Корпус	40	25Л	22775	911	3	683	27,3
ИТОГО					6000			180,2

Продолжение таблицы 2.3

№	Отливается в год		Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	Шт.	т	Литников и прибылей	Отливки с литниками и прибылями	На литники и прибыли	Всего
	9	10	11	12	13	14
1	10300	206	25	45	257,5	463,5
2	15450	340	20	42	309	649
3	25750	643,8	22	47	566,5	1210,3
4	15450	695,3	35	80	540,8	1236,1
5	25750	386,3	15	30	386,3	772,6
6	17510	560,3	30	62	525,3	1085,6
7	82400	824	10	20	824	1648
8	20600	576,8	25	53	515	1091,8
9	51500	515	10	20	515	1030
10	41200	494,4	15	27	618	1112,4
11	23458	938,3	38	78	891,4	1829,7
ИТОГО		6180,2			5948,8	12129

Расчетное количество оборудования остальных отделений цеха  $P_1'$  находится по формуле:

$$P_1' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д}}' \cdot N_{\text{расч}}'} \quad (1)$$



где  $V_{\Gamma}$  – годовое количество потребляемого жидкого металла т;

$\Phi'_{\text{д}}$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования, ч/год;

$N'_{\text{расч}}$  – производительность оборудования, принятая, исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности потребления и производства ( $K_{\text{н}} = 1,0$ ).

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

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (2)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки оборудования, величина должна быть в пределах 0,7...0,85.

$$K_3 = \frac{P'_1}{P_2/\text{целое}}. \quad (3)$$

Полученное значение  $P'_2$  округляем до целой величины и проверяем фактическую величину  $K_3$ . Фактическая величина  $K_3$  оборудования во всех отделениях цеха должна быть меньше фактического коэффициента загрузки основного формовочного оборудования, т.е. должно выполняться условие  $K_3 \leq K_{3\text{ф}}$ .

#### 2.4.1 Плавильное отделение

Для выплавки стали используют печь постоянного тока ДППТ-3. Технические характеристики печи: Номинальная емкость печи 3 т; установленная мощность печного трансформатора 2,5 МВА; номинальное первичное напряжение трансформатора 6 (10) кВ; диапазон вторичных напряжений трансформатора 243...124 В; максимальный ток электрода 4,8 кА; количество электродов 2шт; диаметр электродов 250мм; род тока – постоянный; максимальная температура расплава 1650°C; расход воды охлаждающей элементы печи не более 12 м<sup>3</sup>/ч; углы наклона 40° в сторону сливного носка и 15° в сторону рабочего окна.

Для расчета количества дуговых сталеплавильных печей постоянного тока воспользуемся балансом металла, приведенным в таблице 2.4.

Использование дуговой печи постоянного тока позволит, по сравнению с дуговыми печами переменного тока, снизить: расход графитированных электродов до 1,5 кг/тонну (вместо 6... 7 кг/тонну), угар металла до 2...5 %, расход ферросплавов на 15...20 %, пылевывбросов в 6 – 8 раз [3].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Таблица 2.4 – Баланс металла

Наименование статей	Расход по маркам сплава	
	25Л	
	%	т
1. Годные отливки	46,93	6000
2. Литники и прибыли	46,53	5948,8
3. Брак отливок	1,44	180,2
4. Технологические пробы и опытные образцы	0,10	12,13
5. Сливы и всплески	2,00	272,58
Итого жидкого металла	97,00	12413,7
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	372,41
Металлозавалка	100,00	12786,1

Согласно балансу металла, производится расчет шихты, результаты которого представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материалов	Расход материалов по маркам сплава	
	Марка 25Л	
	%	т
Металлическая шихта		
а) Возврат	49,99	6392,3
б) Лом стальной 2А	38	4858,68
в) Жчк-7	11,5	1470,39
г) ФС75	0,1	12,79
д) Мн95	0,4	51,14
ИТОГО	100	12786,1

Рассчитаем необходимое количество печей ДППТ-3 по формулам (1) и (2)

$$P_2' = \frac{3,28}{0,75} = 4,37.$$

Принимаем  $P_2'$  равным 5, проверяем коэффициент загрузки по формуле (3)

$$K_3 = \frac{P_1'}{P_2/\text{целое}} = \frac{3,56}{5} = 0,66.$$

Полученный коэффициент загрузки является оптимальным, так как позволяет снизить загрузку оборудования и в случае необходимости есть возможность увеличить объемы производства без замены плавильного оборудования [2].

#### *Заливка форм из ковша*

При расчете количества ковшей учитываются:

- время ожидания ковша у печи, наполнение металлом;
- продолжительность модифицирования;
- время доставки ковша на участок разливки;
- время раздачи металла из ковша;
- время возврата пустого ковша;
- время выдержки ковша до остывания металла до нужной температуры. Периоды работы и ремонта ковшей (разливочных и раздаточных);
- непрерывная работа 3...4 ч;
- остывание до ремонта 0,5...0,7 ч;
- текущий ремонт 0,5...1,0 ч;
- установка под желоб, выпуск металла 0,5 ч;
- капитальный ремонт и подогрев 2...3 ч;
- сушка и разогрев после капитального ремонта 2...3 ч.

Для расчета количества ковшей находящихся в работе используется формула (4)

$$n_k' = \frac{g_{Me}' \cdot \tau_{ц,к} \cdot k_H}{g_k}, \quad (4)$$

где  $g_{Me}'$  – потребность в металле для заполнения блоков из ковша, кг;

$\tau_{ц,к}$  – средний цикл оборота ковша, ч;  $\tau_{ц,к} = 1$  ч;

$g_k$  – емкость ковша, кг;

$n_k'$  – количество одновременно работающих ковшей, шт;

$k_H$  – коэффициент неравномерности потребления жидкого металла под заливку ( $k_H = 1,3 \dots 1,7$ ).

$$g_{Me}' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_H}{\Phi_D}, \quad (5)$$

$$g_{Me}' = \frac{12413,7}{3875} = 3203,5 \text{ кг.}$$

Количество ковшей, находящихся в работе:

$$n_k' = \frac{3203,5 \cdot 1 \cdot 1,3}{1000} = 4,8 \text{ шт.}$$

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Принимаем количество ковшей на заливку равным 5 шт.

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле (6)

$$N = N_1 \cdot 1,2, \quad (6)$$

$$N = 5 \cdot 1,2 = 6 \text{ шт.}$$

Принимаем общее количество ковшей с учетом запаса равным 6 штук.

#### 2.4.2 Расчет смесеприготовительного отделения

Состав смесеприготовительного отделения входят участки подготовки компонентов смесей (песков, глин, отработанной смеси, связующих, противопригарных покрытий и других добавок), приготовление формовочных и стержневых смесей, лаборатория для контроля качества смеси.

Расчет оборудования для смесеприготовительных отделений производится на основе ведомости формовочных и стержневых смесей представленный в таблице 2.6 для обеспечения годового производства отливок [3].

Таблица 2.6 – Ведомость изготовления стержней

№	Изготавливается отливок в год, шт.	Требуется стержней на 1 отливку, шт.	Требуется стержней на годовую программу, шт.	Брак и потери стержней, %	Изготавливается стержней в год с учетом брака, шт.
	1	3	4	5	6
1	10000	4	40000	4	41600
2	15000	2	30000	4	31200
3	25000	3	75000	4	78000
4	15000	6	90000	4	93600
5	25000	2	50000	4	52000
6	17000	5	85000	4	88400
7	80000	1	80000	4	83200
8	20000	0	0	0	0
9	50000	2	100000	4	104000
10	40000	2	80000	4	83200
11	22775	6	45550	4	47372
	ИТОГО				702572



Количество смеси на форму:

$$Q_{\phi} = (V_{\phi} - V_{\text{ме}}) \cdot \gamma = (0,1512 - 0,0000125) \cdot 1,65 = 0,2495 \text{ т.} \quad (10)$$

Таблица 2.7 – Ведомость расчета потребности формовочной смеси

Количество отливок на годовую программу с учетом брака, шт	Количество отливок в форме в среднем, шт	Количество форм на годовую программу, шт	Расход формовочной смеси	
			На одну форму, т	На годовую программу, т
329368	3	109790	0,2495	27392,61

Определяем потребное количество формовочной и стержневой смеси в час:

$$П_{\phi} = \frac{m_{\phi, \text{с.год}} \cdot K}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{27392,61 \cdot 1,2}{3975} = 8,27 \text{ т/ч,} \quad (11)$$

Принимаем смеситель для формовочной смеси: Spartan 2 модели 210P – однорукавный с производительностью 5...12 т/ч, исходя из часовой потребности.

Часовая потребность в стержневой смеси:

$$П_{\text{сч}} = \frac{P_{\text{ус}} \cdot K}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{3746,37 \cdot 1,2}{3975} = 1,13 \text{ т/ч,} \quad (12)$$

Принимаем смеситель для стержневой смеси: Spartan 2 модели 203P – однорукавный с производительностью 1...3 т/ч, исходя из часовой потребности.

Полученные данные сводим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Ведомость расчета количества смесителей стержневой и формовочной смесей.

Вид смеси	Расход смеси, т		Смеситель		
	В час	На программу	Марка	Производительность, т/час	Принятое количество, шт
Формовочная	1,77	27392,61	Spartan 2 модели 210P	5...12	1
Стержневая	0,94	3746,37	Spartan 2 модели 203P	1...3	1

#### 2.4.3 Проектирование формовочного отделения.

В формовочном отделении выполняются операции по формовке, сборке, охлаждению и выбивке отливок, трудоемкость которых доходит до 60 % от общей

трудоемкости изготовления отливок. Техничко-экономические показатели работы, трудоемкость ее, организация зависят от способа изготовления форм. Основными факторами, обеспечивающими методы формовки, являются характер производства, масса, габариты и класс точности отливки, род металла, мощность проектируемого цеха [2].

Зная количество форм на годовую программу и действительный годовой фонд времени, находим часовую потребность в формах:

$$П_{ч.ф.} = \frac{n_1}{\Phi_d} = \frac{109790}{3975} = 28 \text{ форм/час.} \quad (13)$$

Рассчитанная часовая потребность в формах  $П_{ч.ф.} = 28$  форм/час. Уточним требуемую скорость движения конвейера:

$$V_{конв} = \frac{28 \cdot 1,7}{60 \cdot 1 \cdot 0,8} = 0,99 \text{ м/мин.} \quad (14)$$

Длина охлаждающей зоны конвейера:

$$L_{охл} = \frac{\tau_c \cdot V_k}{K_3} \text{ м,} \quad (15)$$

где  $\tau_c$  – продолжительность охлаждения формы перед выпуском (0,67...1 час), принимаем 1 час = 60 мин;

$K_3$  – коэффициент загрузки линии, принимаем 0,8.

$$L_{охл} = \frac{60 \cdot 0,99}{0,8} = 74,25 \text{ м.}$$

#### 2.4.4 Расчет стержневого отделения

На площадях стержневого отделения располагается:

- склады для суточного хранения стержневых ящичков и сухих стержней;
- сушила для сушки стержней.

Часовая потребность цеха в стержнях:

$$П_{ст} = \frac{n_{ст}}{\Phi_d} = \frac{702572}{3975} = 177 \text{ ст/час.} \quad (16)$$

Для требуемой часовой потребности выбрана стержневая машина модели 4752Б2К1 производства ОАО «Белниилит» для изготовления стержней из ХТС с отверждением в ящике продувкой газообразным катализатором. Характеристики стержневой машины в таблице 2.9 [2].

Таблица 2.9 – Характеристики стержневой машины 4752Б2К1

Параметры	
Максимальная масса стержня, кг	25

Продолжение таблицы 2.9

Параметры	
Размер стержневого ящика	580x580x365
Производительность, съемов/час	40 – 50
Расход воздуха м <sup>3</sup> /час	22
Установленная мощность, КВт	11
Разъем стержневого ящика	Горизонтальный
Габаритные размеры машины	5800x4500x3200
Масса машины	9000

С учетом среднего количества стержней в стержневом ящике – 2 шт, рассматриваемая стержневая машина сможет обеспечить производительность 80 – 100 стержней в час. Для удовлетворения потребности цеха 177 стержней в час потребуются две стержневые машины.

#### 2.4.5 Термообрубное отделение

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

Финишная обработка включает в себя следующие операции:

- удаление литников, выпоров, прибылей;
- удаление заливов, приливов;
- выбивку стержней, грунтовка и окраска.

Отрезка литников: принимаем галтовочный барабан – 2 шт.

Очистка отливок: принимаем барабан очистной галтовочный периодического действия модели 42224 с производительностью  $q = 3,0$  т/час.

Выбивка стержней: принимаем установку электрогидравлическую модели 36313 с производительностью 9,0 т/час.

Зачистка отливок: принимаем специальный станок для обдирки и зачистки отливок модели МЗ-11В с производительностью 1,5 т/ч.

Термообработка отливок: сталь 25Л является среднеуглеродистой и относится к улучшаемым сталям, такие стали часто подвергают улучшению – термической обработке (ТО), заключающейся в закалке и отпуске при высоких температурах. Улучшаемые стали должны иметь высокую прочность, пластичность, высокий предел выносливости, малую чувствительность к отпускной хрупкости, должны хорошо прокаливаться [3].

Принимаем для ТО стальных отливок продолжительностью 20 часов, агрегат для отжига отливок с производительностью  $q = 5$  т/час.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



Грунтовка и окраска отливок: принимаем установку с подвижным конвейером с производительностью  $q = 2,5$  т/час.

#### 2.4.6 Склад формовочных материалов с участком взвешивания шихты

На складах осуществляется приемка, складирование, подготовка шихтовых и формовочных материалов, огнеупорных изделий и т.д.

При определении площади закровов используются данные расчетов плавильного и смесеприготовительного отделений. Расход вспомогательных материалов принимается по данным базового предприятия.

Количество хранящихся на складе материалов определяется нормативным запасом по каждому виду и суточной потребностью.

Площадь, занимаемую материалом на месте хранения, рассчитывают по формуле (17)

$$F_m = \frac{Q}{H \cdot k \cdot \gamma} \text{ м}^2, \quad (17)$$

где:  $Q$  – масса соответствующего материала, хранимого на складе, т;

$H$  – высота хранения материала, м;

$\gamma$  – насыпная масса материала, т/м<sup>3</sup>;

$k$  – коэффициент использования емкости склада (не более 0,8).

Расчетные площади хранения округляются в соответствии с удобством механизированной загрузки и разгрузки материала. Ведомость расчета площади складов представлена в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Ведомость расчета площади складов

Наименование материала	Годовое количество, т	Насыпная масса т/м <sup>3</sup>	Нормативный запас хранения, сут.	Количество материала на складе		Высота хранения, м	Площадь хранилища, м <sup>2</sup>	
				т	м <sup>3</sup>		расчетная	округленная
	1	2	3	4	5	6	7	8
Шихтовые материалы:								
Возврат	6392,3	3,5	1	19,02	66,57	2	33,29	33,5

Продолжение таблицы 2.10

	1	2	3	4	5	6	7	8
Лом стальной	4858,7	3	1	14,46	43,38	2	21,69	22
Жчк-7	1470,4	6,5	1	4,38	28,47	2	14,24	14,5
ФС75	12,8	3	1	0,04	0,12	2	0,06	0,1
Мн95	51,14	6,5	1	0,15	0,98	2	0,49	0,5
Формовочные материалы:								
Песок 1К <sub>3</sub> О <sub>3</sub> 025 ГОСТ 2138-91	299,7	1,4	1	0,89	1,25	2	0,63	1
Песок 2К <sub>2</sub> О <sub>2</sub> 03 ГОСТ 2138-91	1917,5	1,4	1	5,71	7,99	2	3,99	4
Щелочной полифенолят	67,4	1	1	0,20	0,20	1	0,2	0,5
Самоотверждающая фенольно-щелочная смола	383,5	1	1	1,14	1,14	1	1,14	1,5
Отвердитель метилформиаат	23,6	1	1	0,07	0,07	1	0,07	0,1
Смесь органических эфиров	80,5	0,7	1	0,24	0,17	1	0,17	0,5
ИТОГО							75,97	78,2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ

Лист

28

При определении площади складов учитываются также площади, занимаемые эстакадами, приемными приямками, разгрузочными площадками, приемными устройствами для подачи материалов в цех, оборудованием для подготовки материалов, а также проходами и проездами [2].

#### 2.4.7 Вспомогательные отделения и участки цеха

Отделение подготовки шихтовых материалов предназначено для дробления последних с целью придания им необходимых размеров, сортировки и грохочения для отбора мелочи и для очистки поверхности от ненужных примесей. На данном участке для разделки длинномерного стального лома и бракованного проката, прибылей и литников используют газовые резаки.

Бункера для шихтовых материалов оборудованы электровибрационными питателями. Навески шихты к плавильной печи подают от весовой тележки самоходной электроталью.

Песок подают в цех просушенным с базисного склада завода. На шихтовом дворе предусмотрены бункера для сыпучих материалов, откуда их соответствующими системами пневмотранспорта подают к местам потребления. Жидкие химикаты хранятся в баках и системой трубопроводов подаются к местам использования.

Лаборатории цеха предназначены для контроля поступающих в цех материалов, готовой продукции и текущего контроля технологических процессов.

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

Кроме того, в цехе предусмотрены служба механика, наладчика и электрослужба, которые обеспечивают бесперебойную работу цеха [3].

#### 2.5 Формовочная линия FAST LOOP

Системы формовки и химического упрочнения серии FAST LOOP позволяют реализовать лучшее применение наиболее современных связующих материалов, даже тех, для которых характерна чрезвычайно низкая живучесть. В системах FAST LOOP индивидуальные операции производятся независимо друг от друга. Это позволяет сократить общее время цикла для отдельной формы, одновременно адаптировать производство для применения различных вариантов моделей.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29



Рисунок 8 – Внешний вид цеха с установленной системой FAST-LOOP

Планировка производства достаточно произвольна, что позволяет адаптировать систему в соответствии с индивидуальными требованиями Заказчика. Модульная концепция, применяемая фирмой FATA, также позволяет рационально использовать существующие производственные площади. Степень автоматизации может выбираться по желанию Заказчика, в зависимости от технологических требований. Формовочный участок включает три основные зоны: подготовка формы, формовка и извлечение модели. Данные зоны соединены транспортными устройствами, каждое из которых работает независимо для передачи модельных плит на ближайший свободный участок для последующих операций. Можно одновременно изготавливать формы по 8 моделям различного типа и размера.

Комплектный участок изготовления литья на основе формовочной системы FAST LOOP позволяют изготавливать отливки в опочных/безопочных формах различных размеров. Производительность систем зависит от размеров форм и может достигать 70 форм в час [4].

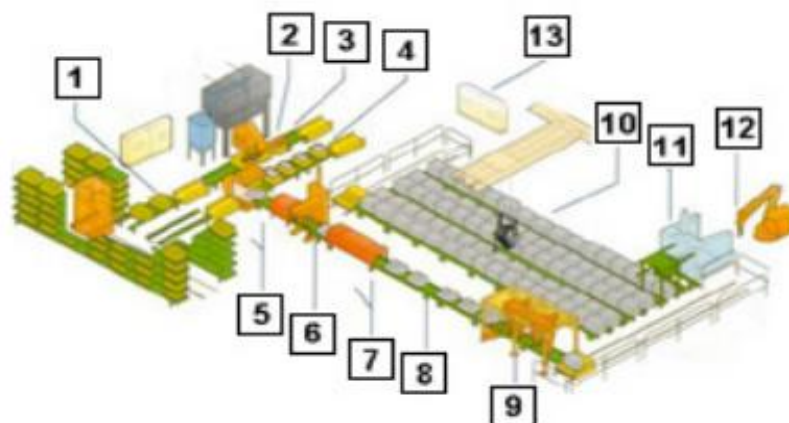


Рисунок 9 – Пример планировки участка FAST-LOOP

#### 1. Смена модельной оснастки

Участок смены модельной оснастки обеспечивает свободный доступ к оснастке для операций очистки, подготовки и обслуживания. Участок может быть подключен к автоматическому компьютеризированному складу хранения оснастки.

## *2. Формовка*

Для заполнения формы применяются смесители непрерывного действия.

## *3. Удаление излишков смеси*

На позиции заполнения формы смесь уплотняется с использованием вибрационного стола. Стол может быть отрегулирован на различную интенсивность встряхивания, в зависимости от требуемых характеристик изготавливаемой формы. Для удаления остатков смеси применяется автоматический нож.

## *4. Отверждение формы*

Формовочный участок включает ряд позиций отверждения форм.

Полуформы поочередно передаются на позицию отверждения на транспортных плитах. Каждая полуформа передается независимо от других с использованием специального транспортного устройства. Подобная схема позволяет ускорять или замедлять операции в зависимости от существующих рабочих условий.

## *5. Кантовка и протяжка формы*

Участок извлечения модели полностью автоматизирован, операции производятся при помощи кантующего устройства. После этого форма передается на покраску, модельная плита возвращается на формовочный участок. Если модель не извлечена с первого раза, кантующий механизм автоматически повторяет операции по извлечению модели.

## *6. Окраска формы*

Операция окраски упрощена применением станций, на которых форма перемещается манипулятором в положение, наиболее удобное для используемого метода окраски.

## *7. Сушка формы*

В зависимости от применяемых красок используются разные механизмы сушки форм. Краски на спиртовой основе обычно сушатся поджигом на позициях оборудованных вытяжной вентиляцией, в то время как краски на водной основе требуют применения сушильных печей. В отдельных случаях, если требуется досушка формы перед покраской, перед окрасочной станцией устанавливают дополнительное сушило.

## *8. Простановка стержней*

Конвейер простановки стержней обеспечивает свободный доступ к полуформам для простановки стержней.

## *9. Сборка форм*

### *а. Ручная*

В зависимости от продолжительности рабочего цикла, форма может собираться полуавтоматически или вручную. В первом случае, для сборки форм используются манипуляторы подвешенные к рабочему крану. Во втором случае, опера-

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

ции выполняются на неподвижной станции с применением подъемного устройства, которое управляется оператором.

#### *б. Автоматическая*

Для линий высокой производительности, сборка форм производится автоматически. Автоматическое устройство выполняет все операции по сборке форм без участия оператора, вне зависимости от габаритов собираемых форм.

#### *10. Заливка форм*

На позиции сборки, формы устанавливаются на поддоны, на которых они затем подаются на участок заливки. После заливки формы можно поместить на участок охлаждения, где они могут быть установлены или непосредственно на пол, или на двухъярусный стеллаж охлаждения, или на вертикальный склад форм.

#### *11. Выбивка*

После охлаждения, формы передаются на выбивной участок. Участок может быть оснащен или вибрационной решеткой, или разделительным туннелем. Отделенная смесь поступает в систему регенерации, после чего может повторно использоваться.

#### *12. Съём отливок*

Съём отливок может осуществляться вручную, с применением мостового крана или при помощи манипуляторов, оснащенных пыленепроницаемой кондиционируемой кабиной, которая обеспечивает лучшие рабочие условия для оператора.

#### *13. Шкафы управления системой*

Система электрического управления соответствует наиболее современным мировым стандартам и сконструирована с учетом самых современных технологий. В системе используются программируемые логические контроллеры моделей, наиболее распространенных по всему миру, что позволяет эксплуатировать системы автоматизации, известные для технического персонала заказчика [4].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

### 3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

#### 3.1 Анализ технологичности изготовления отливки

Деталь подвергается действию механических нагрузок и имеет достаточно несложную конфигурацию, поэтому изготавливается из стали 25Л.

Таблица 3.1 – Химический состав стали 25Л

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cu	Fe, %
0,2...0,3	0,2...0,52	0,35...0,9	До 0,045	До 0,04	До 0,3	~97

Анализ чертежа детали показывает, что конструкция ее достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщины стенок. Наружная поверхность детали имеет простую геометрическую форму, ребра жесткости оформляются стержнями. Отверстия в детали выполняются механической обработкой. В целом конструкция детали удовлетворяет требованиям технологии литейного производства [5].

Анализируя технические условия, приходим к выводу, что они выполнимы при изготовлении отливок из стали 25Л.

#### 3.2 Выбор способа изготовления отливки и его обоснование

Анализ технологичности отливки «головка сцепного прибора» позволяет сделать выводы о возможности изготовления с применением холоднотвердеющих смесей. При изготовлении отливок данной массы и габаритов эта форма наиболее экономична, одновременно выполняются все требования технических условий к качеству деталей. Поскольку отливка относится к категории машиностроительного литья, уровень точности, достигаемый при литье в такую форму, будет вполне достаточным.

По условиям технического задания производство данной отливки является серийным. Для такого характера производства рекомендуется применение наиболее современных способов формообразования. Поскольку отливка относится к категории машиностроительного литья, уровень точности, достигаемый при литье в данную форму, будет вполне достаточным [5].

### 3.3 Выбор положения отливки в форме в период заливки

От положения отливки в форме в период затвердевания зависит качество и плотность металла отливки, возможность появления дефектов, количество стержней, необходимых для оформления внутренней полости отливки.

Наилучшим положением является расположение половины отливки в верхней полуформе и другой половины в нижней полуформе, поверхность разъема пройдет вдоль отливки посередине. Такой выбор обусловлен тем, что при таком расположении можно прочнее закрепить стержни, будет возможна установка прибыли без использования слишком высоких опок и это является оптимальным выбором [6].

### 3.4 Определение поверхности разъема формы

Выбранная поверхность разъема формы должна обеспечить удобство формовки и сборки литейной формы с точки зрения простоты процесса и экономии времени, минимальное влияние смещения полу форм на качество отливки.

В качестве поверхности разъема формы выбираем плоскость, проходящую вдоль отливки посередине и разделяющей ее пополам. При таком расположении проще закрепить стержни, будет использовано восемь стержней для формы с двумя отливками [6].

### 3.5 Определение припусков на механическую обработку

Припуски на механическую обработку определяются по ГОСТ Р 53464-2009.

Все отверстия в отливке литьем не выполняются. Механически обрабатываются цилиндрическое и конические отверстия.

Для определения припуска на механическую обработку на каждую поверхность, первоначально необходимо определить общий допуск на соответствующий размер, который включает в себя основной допуск (допуск размера), определяемый из таблицы 1.5 (таблица 1 ГОСТ Р 53464-2009), и дополнительный допуск формы и расположения в зависимости от степени коробления из табл. 1.10 (таблица 2 ГОСТ Р 53464-2009), а также допуск неровностей в зависимости от степени точности поверхности из таблицы 1.12 (таблица 3 ГОСТ Р 53464-2009).

В технических условиях чертежа заданы класс размерной точности 8 и класс точности масс 7, поэтому степень коробления и степень точности поверхности необходимо задать самостоятельно из табл. 1.9 (таблица Б.1 приложения ГОСТ Р 53464-2009) и из таблицы 1.13 (таблица В.1 приложения ГОСТ Р 53464-2009) соответственно [5].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34



Для данной отливки отношение наименьшего размера элемента к наибольшему составляет 0,053. Учитывая, что отливка изготавливается из стали в форму с ХТС и подвергается термообработке, степень коробления составляет 9.

Степень точности поверхности задаем, исходя из способа изготовления литейных форм (литье в формы из ХТС смесей с влажностью от 2,8 да 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц), наибольшего габаритного размера отливки (350 мм), и типа сплава (термообрабатываемые стальные сплавы). С учетом средней сложности отливки, изготавливаемой в серийном производстве, степень точности поверхности составляет 15. Таким образом, точность отливки 8-9-15-7 ГОСТ Р 53464-2009.

В зависимости от степени точности поверхности определяем также ряд припуска на механическую обработку по табл. 4.1 (таблица Е.1 приложения Е ГОСТ Р 53464-2009). Для стальной отливки со степенью точности поверхности 15 принимаем ряд припуска на механическую обработку 7. Учитывая шероховатость торцевых поверхностей, заданной на чертеже детали, определяем вид механической обработки по таблице 4.3 получистовая [5].

### 3.6 Определение формовочных уклонов

Формовочные уклоны определяются по ГОСТ 3212-92. Они назначаются с учетом высоты формообразующей поверхности, способа литья, который применяется при изготовлении данной детали и материала модельного комплекта.

Отливка изготавливается в форме из ХТС. Модели комплекта выполняются из пластика.

Формовочные уклоны, в соответствии с ГОСТ 3212-92, для отливки «головка сцепного прибора», составит  $3^{\circ}$ .

### 3.7 Определение размеров стержневых знаков

Размер стержневых знаков определяются по ГОСТ 3212-92. В производстве данной отливки применяются четыре стержня горизонтального расположения. Согласно ГОСТ 3212-92 ширина знака составит 30мм и 90мм – для разных стержней, зазоры между стержнем и формой для металлического комплекта оснастки – 0,9мм. Уклоны на знаках согласно ГОСТ 3212-92 составляют для низа  $\alpha=5^{\circ}$  для верха  $\beta=5^{\circ}$ .

### 3.8 Проектирование прибыли

Для определения объема прибылей применим методику Й. Пржибыла. Объем прибыли согласно этой методике вычисляется по формуле:

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$V_{\Pi} = V_0 \cdot \frac{\beta \varepsilon_v}{1 - \beta \varepsilon_v}, \quad (17)$$

где:  $\beta$  – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины, для открытой прибыли  $\beta=11$ ;

$\varepsilon_v$  – часть объемной усадки, участвующей в образовании усадочной раковины, для стали равен 0,045;

$V_y$  – объем питаемого узла.

При определении объема отливки, посчитаем объемы составных частей:

$$V_0 = 2464,6 \text{ см}^3,$$

$$V_{\Pi} = 2464,6 \cdot \frac{11 \cdot 0,045}{1 - 11 \cdot 0,045} = 2415,8 \text{ см}^3.$$

Прибыль будет установлена над самым массивным узлом отливки.

Рассчитаем технологический выход годного:

$$\text{ТВГ} = \frac{V_0}{(1-\varepsilon)(V_0+V_{\Pi})} \cdot 100 \%, \quad (18)$$

$$\text{ТВГ} = \frac{2464,6}{(1 - 0,045)(2464,6 + 2415,8)} \cdot 100\% = 53 \%.$$

ТВГ равен 53 % это удовлетворяет экономическим условиям производства детали.

### 3.9 Выбор типоразмера опок

Размеры используемых опок назначаются, исходя из габаритных размеров детали и рекомендации по толщине формовочной смеси на различных участках форм. Расстояние от верха модели до верха опоки 170 мм, от низа модели до низа опоки 50 мм, от модели до стенки опоки 35 мм, между моделями 90 мм, между моделью и шлакоуловителем 35 мм. Габариты опок для производства данной отливки – 900x700x300/180 [5].

### 3.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Наиболее простым и экономичным способом подвода металла в полость является подвод металла по разьему. Применительно к данной отливке и выбранному положению ее при заливке подвод металла по разьему способствует созданию условий для направленного затвердевания отливки.

Для определения размеров каналов литниковых систем воспользуемся методикой расчета при заливке форм из чайникового ковша.

Оптимальную продолжительность заливки формы определим по формуле:

$$\tau_{\text{опт}} = S_1 \sqrt[3]{\delta G}; \quad (19)$$

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

$S_1$  – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от температуры заливки, рода сплава, места подвода, материала формы и ряда других факторов;

$\delta$  – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

$G$  – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку в форме, кг.

Вычислим массу жидкого металла:

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{л.с.}}; \quad (20)$$

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

$G_{\text{л.с.}}$  – масса литниковой системы.

$$G_{\text{отл}} = V_{\text{отл}} * \rho_{\text{Ме}} = 2,46 * 7,83 = 19,3 \text{ кг};$$

Массу литниковой системы примем 8% от массы отливки.

$$G = 1,93 + 1,93 * 0,08 = 20,8 \text{ кг};$$

Вычислим оптимальное время заливки по формуле (4):

$$\tau_{\text{опт}} = 1,3 * \sqrt[3]{10 * (20,8 + 19,3)} = 9,6 \text{ с.}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня металла в форме в процессе заливки  $V_{\text{ср}}$  по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \leq V_{\text{доп}}; \quad (21)$$

где  $C$  – высота отливки над питателями;

$V_{\text{доп}}$  – минимально допустимая скорость подъема уровня металла в форме (для  $\delta = 10$  мм,  $V_{\text{доп}} = 20 \dots 10$  мм/с);

Высота отливки над питателями  $C = 130$  мм.

По формуле (5):  $V_{\text{ср}} = \frac{130}{9,6} = 13,5$  мм/с.

Полученное значение  $V_{\text{ср}}$  удовлетворяет допустимому интервалу скорости  $V_{\text{доп}}$ , т.е. вычисленное нами время заливки удовлетворяет требованиям.

Следующий этап - расчёт узкого места.

Суммарная площадь самого узкого сечения литниковой системы находится по формуле:

$$F_{\text{уз.ф}} = \frac{G}{\tau_{\text{опт}} \rho \mu_{\text{ф}} \sqrt{2gH_{\text{ср}}}}, \quad (22)$$

где:  $F_{\text{уз.ф}}$  – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы на одну отливку, м<sup>2</sup>;

$\mu_{\text{ф}}$  – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы, для сырых форм с большим сопротивлением 0,32;

$H_{\text{ср}}$  – средний металлостатический напор в форме, вычисляется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2C}; \quad (23)$$

где  $H$  – высота от воронки до питателей, 250мм;

$P$  – высота отливки над питателями, 130мм;

$C$  – высота отливки по положению в форме, 230 мм.

$$H_{\text{ср}} = 250 - \frac{130^2}{2 \cdot 230} = 213 \text{ мм.}$$

Рассчитаем самое узкое сечение литниковой системы по формуле (22):

$$F_{\text{уз.ф}} = \frac{40,1}{9,6 \cdot 7200 \cdot 0,32 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,213}} = 8,85 \cdot 10^{-4} = 8,85 \text{ см}^2.$$

В производстве мелких (до 100кг) отливок из стали применяют сужающиеся (заполненные) литниковые системы. Для сужающихся литниковых систем  $F_{\text{уз.ф}}$  является суммарным сечением питателей для отливки. При подводе металла к отливке через один питатель его площадь равна площади узкого места. Так как в форме будет располагаться две отливки на каждую по 2 питателя, то суммарная площадь питателей будет равна  $2 \cdot F_{\text{уз.ф}}$ .

Для заполненных литниковых систем при производстве стальных отливок:

$$\sum F_{\text{пит}} : \sum F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,2; \quad (24)$$

где  $\sum F_{\text{пит}}$  – суммарная площадь питателей;

$\sum F_{\text{шл}}$  – площадь шлакоуловителя;

$F_{\text{шл}}$  – площадь сечения стояка.

Соотношение (24) должно выполняться для всей формы. Тогда площадь шлакоуловителя и стояка:

$$F_{\text{шл}} = 1,1 \cdot 8,85 = 9,7 \text{ см}^2; \quad \sum F_{\text{шл}} = 9,7 \cdot 2 = 19,4 \text{ см}^2;$$

$$F_{\text{ст}} = 8,85 \cdot 1,2 \cdot 2 = 21,2 \text{ см}^2.$$

Зададимся сечениями питателей, шлакоуловителя и стояка.

Выберем нормальный тип питателя в сечении трапециевидной формы.

Площадь трапеции найдем по формуле  $F = \frac{a+b}{2} \cdot h = \frac{a+0,8a}{2} \cdot a = 0,9a^2$ , отсюда:

$$a = \sqrt{\frac{F_{\text{пит}}}{0,9}} = \sqrt{\frac{8,85/4}{0,9}} = 15 \text{ мм.}$$

Тогда  $b = 0,8 \cdot a = 12 \text{ мм}$ ;  $h = a = 12 \text{ мм}$ .

Эскиз сечения питателя представлен на рисунке 10.

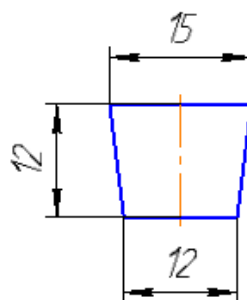


Рисунок 10 – Эскиз сечения питателя

$F_{\text{шл}} = 19,4 \text{ см}^2$ . Сечение шлакоуловителя представляет трапецию и его площадь определяется по той же формуле, что и для питателя  $F_{\text{шл}} = 0,9a^2$ , тогда

$$a = \sqrt{\frac{F_{\text{шл}}}{0,9}} = \sqrt{\frac{19,4/2}{0,9}} = 33 \text{ мм.}$$

тогда  $b = 0,8a = 26 \text{ мм}$ ;  $h = a = 26 \text{ мм}$ .

Эскиз сечения шлакоуловителя представлен на рисунке 11.

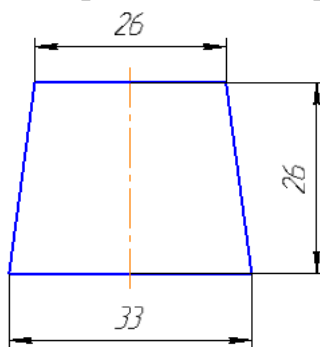


Рисунок 11 – Эскиз сечения шлакоуловителя

Площадь сечения стояка определим по формуле:

$$F_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ст}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21,2}{\pi}} = 52 \text{ мм.}$$

Эскиз сечения стояка представлен на рисунке 12.

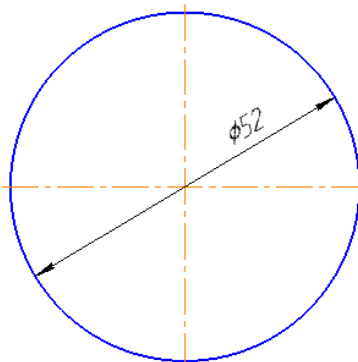


Рисунок 12 – Эскиз сечения стояка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### 3.11 Выбор состава формовочных, стержневых смесей и красок

Изготовление данной отливки происходит в форме из ХТС по Альфа-сет процессу. Для стальных отливок при подобном методе рекомендуется следующий состав формовочной смеси (в массовых %):

- оборотная смесь: 92...95 % масс;
- песок 2K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>03 ГОСТ 2138-91 5...8 %;
- самоотверждающая фенольно-щелочная смола: 1,2...1,6 %;
- смесь органических эфиров 20-22 % масс.% от кол-ва смолы.

Свойства формовочной смеси:

- прочность при сжатии: 0,15...0,30 МПа;
- влагосодержание: 3,1...3,3 %;
- газопроницаемость, не менее: 100 ед.;
- общее содержание мелочи: 11...13 %.

Для приготовления формовочной смеси целесообразно использовать смеситель рукавного типа Spartan 2.

Порядок подачи компонентов в смеситель:

- 1) Обратная смесь;
- 2) Песок кварцевый;
- 3) Смола;
- 4) Отвердитель.

Порядок приготовления смеси: сухие компоненты (оборотная смесь и песок кварцевый) перемещать в течении 20...30 секунд, затем подается смола, потом подается вода. Общая продолжительность перемешивания не менее 90 с.

При недостаточной прочности смеси увеличить время перемешивания. При недостаточной газопроницаемости увеличить освежение песком. При избыточной прочности уменьшить содержание глины в суспензии.

Для изготовления стержней выбран ВЕТА-SET процесс. Связующим для него является щелочной резольный пелифенолят, отвердителем метил формиат. Для этого процесса характерно хорошее качество литой поверхности, малое термическое расширение смеси, благоприятная экологическая обстановка на рабочих участках, отсутствие азота и серы в связующем. Состав стержневой смеси приведен в таблице 3.2 [6].

Таблица 3.2 – Состав стержневой смеси

Компоненты смеси	Количество
Песок 1K <sub>3</sub> O <sub>3</sub> 025 ГОСТ 2138-91	100 % масс.
Щелочной полифенолят	2,0...1,8 % сверх 100 масс. % песка
Отвердитель метилформиат	35 масс. % от массы связующего

Свойства стержневой смеси:

- прочность при растяжении через 1 час – 0,6...0,8 МПа;
- прочность при растяжении через 4 часа – 1,2...1,4 МПа;
- прочность на растяжение через 24 часа – 1,5...1,8 МПа;
- газотворность – менее 15 см<sup>3</sup>/г;
- осыпаемость через 24 часа – менее 0,1 %;
- живучесть – 5...6 мин.

При формовке неизбежна адгезия (прилипание) формовочной смеси к оснастке, которая приводит к износу оснастки и разращению поверхности форм.

Уменьшение адгезии достигается при применении разделительных смазок. Для ХТС смесей применяется разделительное покрытие ПР-ХТС-2, аналог разделительных смазок: ECOPART LP 89, BENTOGLISS 128 GF/DISA (ASK-Chemicals, Германия), Trennmittel 118-92, Актиформ 100, AluPaste.

С целью предупреждения пригара на необрабатываемых поверхностях детали следует применять противопригарное покрытие стержней. Возможно применение покрытий, выпускаемых централизованно, либо получение покрытий в самом цехе. Выбор второго варианта неизбежно усложняет схему технологического процесса, что нежелательно. Поэтому для окраски стержней используем водное покрытие Zirkoral на основе циркониевого силиката фирмы Uralchimplast Huttens-Albertus [5].

### 3.12 Разработка технологии сборки и заливки форм

Формы изготавливаются по Альфа-сет-процессу на автоматической линии FATA системы Fast-loop с формовочной машиной проходного типа производительностью (паспортной) 60 форм в час. Форма изготавливается в опоках 900\*700\*300/180 мм. Все основные операции на данном агрегате (очистка и смазка модельной плиты, формообразование, съём полуформ, сборка форм) автоматизированы.

Стержни изготавливаются по ВЕТА- процессу на стержневом автомате фирмы с автоматической заменой модельной оснастки.

Выход воздуха и газов из полости формы при заливке металла и при прогреве формы идет в основном путем фильтрации газа через формовочную смесь и вентиляционные наколы.

Для выплавки стали 25Л ГОСТ 977-88 выбрана ДППТ-3 постоянного тока.

После заливки формы охлаждаются на ветви охлаждения формовочной линии в течение 30 минут. По окончании охлаждения отливки выбиваются на вибрационной решетке, далее следует обрубка литниковой системы газовой резкой. Сле-

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

дующий этап – очистка отливок от остатков формовочной и стержневой смеси в дробеметном барабане 42203 фирмы «Амурлитмаш», наибольшая масса загрузки барабана 600 кг., масса очищаемого изделия до 40 кг.

После очистки проводят контроль поверхности отливки на наличие поверхностных дефектов (песчаные, шлаковые раковины и др.) и их заварка. После заварки осуществляется зачистка остатков литниковых систем и наваров на шлифовальных машинах [6].

### 3.13 Определение габаритов опок и расчет массы груза

Формы изготавливаются на формовочной линии фирмы FATA с системой FAST-LOOP в опоках с размерами 900·700·300/180 мм. Во избежание выхода металла по разьему вовремя заливки на линии предусмотрено скрепление полуформ.

### 3.14 Контроль качества отливок

При изготовлении отливок производится большой комплекс работ по технологическому контролю на всех стадиях получения отливки. Контролю подвергаются исходные формовочные и шихтовые материалы, свойства формовочных и стержневых смесей, хим. состав сплава, температура металла на выпуске из плавильной печи при заливке металла.

Качество отливок должно соответствовать требованиям технических условий. После обрубки и очистки отливки подаются для проверки на участок ОТК. Там проверяются размеры по чертежу отливки при помощи линейки, штангенциркуля, геометрия отливки проверяется при помощи шаблонов. Производится визуальный осмотр отливки для выявления поверхностных дефектов. После этого отливки взвешиваются и отправляются на склад готовой продукции [5].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42



## 4 ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗОГРЕВ ПРИБЫЛЕЙ

### 4.1 Общая информация

Экзотермические оболочки / вставки для прибылей применяются при производстве отливок из железоуглеродистых сплавов и алюминиевых сплавов. Экзотермическая оболочка / вставка служит для приема в свою полость жидкого металла и выполнения роли подогреваемой прибыли, таким образом, препятствуя ее преждевременному охлаждению за счет теплоизоляционных свойств и протекания экзотермической реакции.

Экзотермические оболочки / вставки для прибылей обладают важным преимуществом - длительным временем протекания экзотермической реакции, в ходе которой выделяется энергии около 8 МДж/кг. Это обстоятельство позволяет в течение длительного времени сохранять металл жидким, при этом зеркало металла в прибыли в течение питания отливки опускается равномерно по всему сечению прибыли, что приводит к сокращению объема металла за счёт отсутствия вытянутой в вертикальном направлении усадочной раковины. При падении температуры от 1600 °С до 700 °С теплоёмкость экзотермического материала меняется от 1331 до 1168 Дж/гр·К, теплопроводность меняется от 0,71 до 0,24 Вт/м·К. Необходимо отметить, что теплоизоляционные свойства изотермического материала оболочек превосходят во всём рабочем диапазоне температур свойства экзотермического материала, однако протекание в течение 2...3 минут экзотермической реакции создает дополнительный разогрев металла, что обеспечивает эффективное направленное затвердевание.

После затвердевания отливки для облегчения отделения подприбыльного остатка используются отсекатели, выполненные из стержневой смеси. Основные преимущества применения подобных отсекателей связаны с их небольшой теплопроводностью, что практически не снижает теплоемкость самой оболочки прибыли. Меньшее внутреннее поперечное сечение отсекателя снижает поверхность соединения / разъединения между прибылью и отливкой. Клиновидная внутренняя поверхность отсекателя позволяет легко удалять прибыль, что приводит к сравнительно гладкой поверхности разъема.

*Особенности изготовления экзотермических оболочек / вставок:*

Для изготовления экзотермической оболочки / вставки смешиваются исходные составляющие (измельченное керамическое волокно, кварцевый песок, оксид железа) со связующим компонентом и водой до получения однородной суспензии. Далее, суспензия подается в специальную форму заданных геометрических параметров. Под воздействием вакуума из формы удаляется избыток влаги, после чего, экзотермическая оболочка дополнительно сушится при температуре  $200 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Оболочки / вставки могут производиться по эскизам заказчика разной конфигурации с присвоением им новых наименований. Сечение оболочек может быть квадратным, круглым, многоугольным или любым другим. Оболочки больших размеров могут быть сборные. Для лучшего отделения прибыльной части возможна установка на оболочку отсекающего кольца (подрезного кольца) [8].

Свойства экзотермических оболочек / вставок:

- плотность материала 0,5...0,7 г/см<sup>3</sup>;
- остаточная влажность материала 0,3...0,4 %;
- тепловыделение  $\approx 8$  МДж/кг;
- температура воспламенения материала  $\approx 1200$  °С;
- время протекания экзотермической реакции составляет от 60 до 180 секунд и зависит от массы материала, поступления кислорода в зону горения, условий теплоотвода в окружающую среду. Время горения материала (при массе оболочки 300 гр.)  $\approx 120$  секунд.

#### 4.2 Причины использования экзотермических вставок в прибылях

Основная – невозможность получить высококачественную отливку сложной конфигурации без использования экзотермических прибылей в условиях все возрастающих требований машиностроения. В сравнении с обычной прибылью, экзотермическая прибыль обеспечивает: разогрев металла в прибыли, значительное увеличение времени работы прибыли, равномерное стекание металла по стенкам оболочки прибыли в процессе питания теплового узла «принцип шприца», избыточное давление в результате протекания экзотермической реакции в случае использования закрытой прибыли.

Экономическая – использование оболочек экзотермических прибылей обеспечивает снижение затрат на производство литья за счет уменьшения объема прибыли.

На производстве приходится сталкиваться с тем, что в отливках сложной конфигурации образуются усадочные дефекты, которые не удается устранить изменяя размеры и место расположения прибыльной части. Усадочные дефекты достаточно сложно качественно исправить заваркой в некоторых случаях, поэтому использование экзотермических вставок в прибылях является эффективным решением данной проблемы.

Основываясь на данных предприятия, на котором сравнили два варианта производства отливок по традиционной технологии и с использованием вставок экзотермических прибылей, я сравнил это со своей работой [8].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

### 4.3 Расчет экзотермической вставки

Выбор формы прибыли и типоразмера экзотермической вставки.

Для расчета технологического процесса питания отливок с использованием экзотермических вставок принципиальное значение при выборе типа и конструкций прибылей имеет способ формовки.

На автоматических формовочных линиях рекомендуется использование "всплывающих" низкоплотных экзотермических вставок конусообразной формы с укладкой их на участке простановки стержней в прибыльной части формы опоки низа. При формовке на конвейере рекомендуемые формы вставок - конус, комбинированный конус или цилиндр устанавливаются в верхней части закрытых прибылей.

На рисунке 13 приведены графики по расчету объема ( $V_{пр}$ ) и веса ( $G_{пр}$ ) прибылей в зависимости от термического модуля экзотермической прибыли ( $M_{exo}$ ) и выбранного типа питающей бобышки (рисунок 14): верхней (тип 1), боковой, с преимущественной подпиткой отливки в верхней полуформе (тип 3), а также боковой, с нижней подпиткой (тип 2) [9].

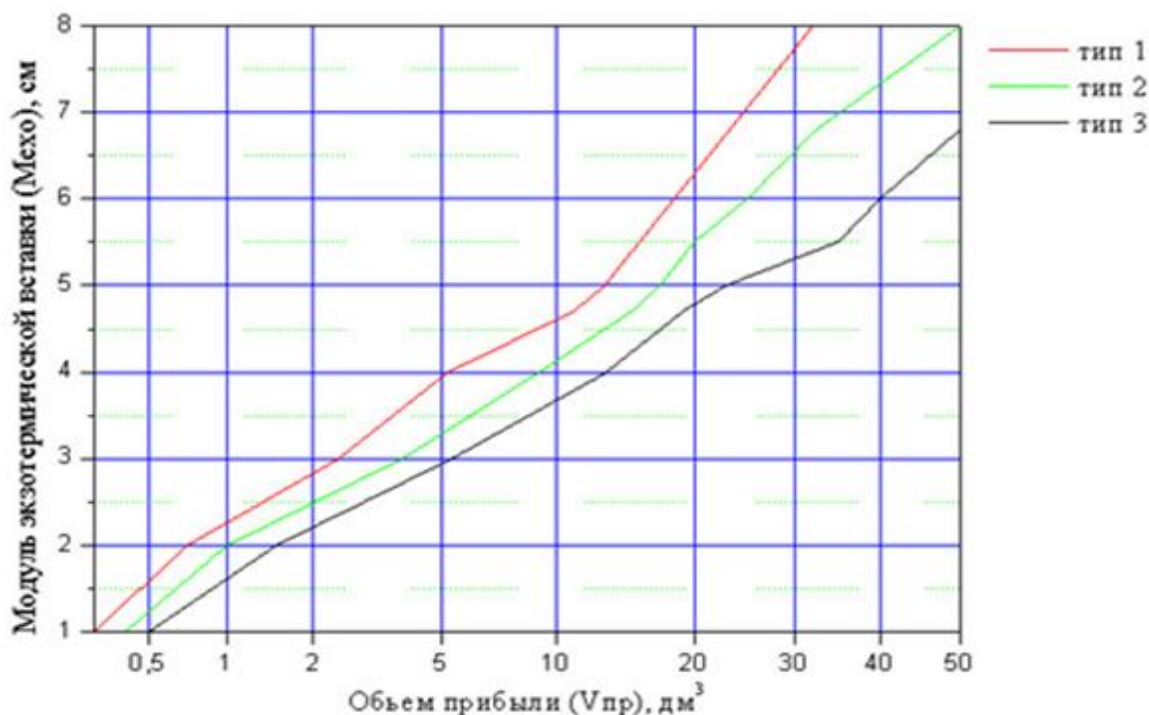


Рисунок 13 – Выбор типа и расчёт массы прибыли с экзотермической вставкой

Объем закрытой верхней прибыли для рассматриваемой отливки  $1,88 dm^3$ ;  
Значит  $M_{exo} = 2,75$  см.

Конструктивные варианты прибылей с экзотермическим элементом. В нашем случае применяется первый тип.



Таблица 4.3. Выбор материала и формы для вставки

№	Объем прибыли V <sub>exo</sub> , Дм <sup>3</sup>	Вес экзоставки G <sub>exo</sub> , г*	Материал экзоставки			Форма экзоставки		
			EXO-1	EXO-2	EXO-3	конус тип 1	комб. конус тип 2	цилиндр тип 3
1	<1,0	30	+	-	-	+	o	-
2	1,0-1,33	50	o	+	-	+	+	-
3	1,33-2,33	75	-	+	o	o	+	o
4	2,33-3,5	100	-	+	+	-	+	+
5	3,5-6,5	100+10020 0	- -	+ o	+ +	-	+ +	+ +
6	6,5-15,0	100+20020 0+200	- -	- -	+ +	-	+ +	+ +

"+" - рекомендуемые формы и материалы;

"o" - возможное применение формы и материала;

"-" - размер и форма не пригодны для применения;

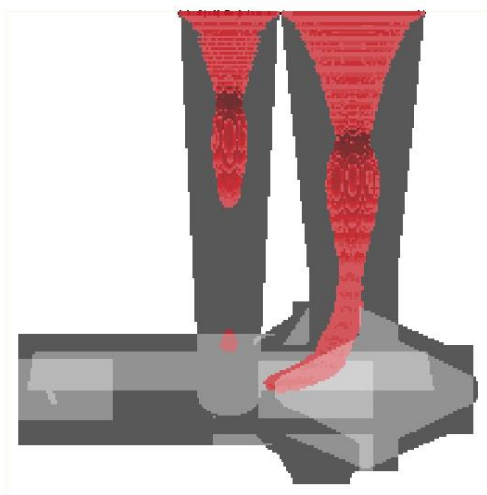
\* Кроме "всплывающих" низкоплотных экзотермических вставок.

Рекомендуемая форма, материал и вес экзотермической вставки для рассматриваемой отливки будет иметь вид комбинируемого конуса, выполненного из материала EXO-2, массой 175 г.

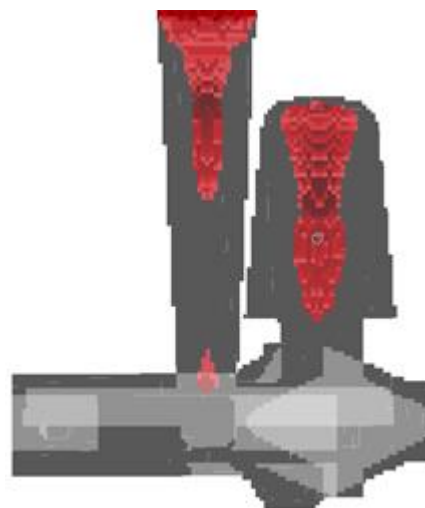
Вставка будет установлена в вершине конуса прибыли, что позволит соблюсти принцип направленного затвердевания и создаст давление в полости прибыли – это положительно скажется на снижении объема усадочной раковины [10].

#### 4.4 Результаты применения экзотермических вставок

Предварительные результаты применения экзотермической вставки можно проанализировать, выполнив моделирование в программе LVMFlow v2.9.1. На рисунке 15 представлены результаты моделирования процесса заливки.



а)



б)

Рисунок 15 – Изменение размеров усадочной раковины и объема прибыли  
 а) без использования экзотермической вставки; б) с экзотермической вставкой.

Основным показателем эффективности применения экзотермических вставок можно считать увеличение ТВГ с 53 % до 59 %, расход жидкого металла на одну форму для рассматриваемой отливки сократится с 78 кг до 67 кг. Это позволит уменьшить расход жидкого металла на 55 тонн в год.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ

Лист

48

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Общие положения

Настоящие "Правила безопасности в литейном производстве" распространяются на действующие, строящиеся и реконструируемые литейные производства (цеха, отделения) предприятий и организаций независимо от их организационно - правовых форм и форм собственности. На указанные производства распространяются также "Общие правила безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности" (ОПБМП-87), утвержденные Госгортехнадзором СССР 13.05.87, с Изменениями и дополнениями N 1, утвержденными Госгортехнадзором России 25.09.95.

Проектирование, строительство и реконструкция литейных производств должны производиться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, нормами технологического проектирования, требованиями настоящих Правил, "Общих правил безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности" (ОПБМП-87), "Правил безопасности в газовом хозяйстве предприятий черной металлургии" (ПБГЧМ-86), утвержденных Госгортехнадзором СССР 18.03.86.

Деятельность по проектированию, реконструкции, техническому перевооружению, эксплуатации литейных производств и объектов, а также по монтажу, наладке и ремонту технических устройств этих производств может осуществляться предприятиями и организациями, имеющими лицензии на соответствующий вид деятельности.

Принятие решения о начале строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения опасного производственного объекта литейных производств осуществляется при наличии положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденного в установленном порядке.

Приемка в эксплуатацию вновь сооруженных и реконструированных литейных производств должна производиться в соответствии с требованиями СНиП 3.01.04-87 "Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения". Запрещается приемка в эксплуатацию вновь сооруженных и реконструированных литейных производств, в которых имеются отступления от настоящих Правил и проекта.

С учетом требований Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Опасные производственные объекты с момента ввода и на весь период эксплуатации подлежат обязательному страхованию ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта

Запрещается вносить изменения в конструкцию агрегатов и основного оборудования или в технологические схемы без согласования с проектной организацией, заводом - изготовителем или организацией - разработчиком. Вносимые изменения подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются в установленном порядке.

Опасные технические устройства литейных производств, на которых получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов, подлежат регистрации в государственном реестре в установленном порядке.

Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности.

Технические устройства, здания и сооружения опасных литейных производств в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленные сроки. Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензию Госгортехнадзора России на проведение указанной работы.

Вагранки, сталеплавильные агрегаты, места разлива и заливки металла, выбивные устройства, смесители, дробилки, дробеметные и дробеструйные камеры и другое оборудование, при работе которого выделяются пыль и газы, должны быть оборудованы газоулавливающими и пылеочистными системами и устройствами.

Проектируемое и изготавливаемое для литейных производств технологическое оборудование должно иметь автоматизированное и механизированное управление, а также обеспечивать безаварийную работу, автоматический контроль и автоматическое регулирование процесса. Технологическое оборудование, изготавливаемое для литейных производств, должно поставляться с эксплуатационными документами с указанием срока эксплуатации и методов диагностирования.

Технологические процессы литейного производства, связанные с применением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), а также с выделением пыли, вредных веществ и тепла, должны проводиться на специально оборудованных участках. На таре, применяемой для транспортировки ЛВЖ и опасных веществ, должны быть нанесены знаки безопасности по ГОСТ 19433.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50



Устройство и эксплуатация конвейеров должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.022 и "Общих правил безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности" (ОПБМП-87).

Грузоподъемные машины, механизмы и приспособления должны соответствовать требованиям "Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов" (ПБ 10-14-92), утвержденных Госгортехнадзором России 30.12.92.

Воздух рабочей зоны (на рабочих местах) проверяется по ГОСТ 12.1.005.

Порядок и сроки приведения действующих литейных производств в соответствие с требованиями настоящих Правил определяются руководителями предприятий (производств) по согласованию с территориальными органами Госгортехнадзора России.

Все действующие производства должны иметь инструкции в соответствии с "Общими правилами безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности" (ОПБМП-87).

Предварительный инструктаж, медицинское освидетельствование работников, инструктаж и обучение при приеме на работу, периодичность обучения и повторный инструктаж должны осуществляться согласно требованиям "Общих правил безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности" (ОПБМП-87).

Подготовка и переподготовка работников основных профессий для литейных производств производится предприятием или учебной организацией, имеющими лицензии Госгортехнадзора России на подготовку кадров. Допуск рабочих к самостоятельной работе должен оформляться распоряжением по производству (цеху).

На производстве должны быть разработаны перечни работ повышенной опасности (газоопасных, взрыво- и пожароопасных), утвержденные главным инженером предприятия. Такие работы должны производиться по наряду-допуску.

Газоопасные работы в аппаратах, боровых, колодцах, газоходах и других замкнутых пространствах должны выполняться не менее чем двумя работающими под наблюдением газоспасателя.

Все работы, связанные с нахождением людей внутри аппаратов и емкостей, должны проводиться только после их отключения, освобождения от рабочего продукта и продувки, а также анализа воздушной среды на содержание кислорода, вредных и взрывоопасных газов и паров. Содержание вредных и опасных веществ не должно превышать ПДК (ГОСТ 12.1.005) [11].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

## 5.2 Анализ производственных и экологических опасностей

При проведении технологического процесса изготовления отливок на всех стадиях обработки материала возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Ими являются: пыль дезинтеграции и конденсации, выделение паров и газов, избыточное выделение теплоты, повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений, повышенное напряжение в электрических цепях, наличие движущихся машин и механизмов. Анализ опасности в цехе стального литья приведен в таблице 5.1.

Для создания оптимальных условий труда необходимо поддержание на всех участках: оптимальной температуры и влажности воздуха, низкой концентрации пыли и вредных выделений, низкого уровня шума и вибрации, надлежащей освещенности помещений и рабочих мест [11].

Таблица 5.1 – Негативные факторы производственной среды

Наименование технологической операции, оборудование	Вредные производственные факторы (применяемые материалы)	Опасные производственные факторы
Подготовка формовочных материалов (бегуны смешивающие, виброта)	Запыленность воздуха, вибрация, шум	Движущиеся механизмы, электрический ток
Изготовление моделей	Загазованность, шум 80Дб	Электрический ток (380 В), движущиеся механизмы
Приготовление смесей (бегуны, лопастные мешалки, шнековые смесители)	Загазованность, запыленность	Электрический ток, движущиеся механизмы
Плавка и заливка металла в формы (электродуговая печь)	Загазованность, электромагнитное излучение	Повышенная температура оборудования, материалов, электрический ток

Продолжение таблицы 5.1

Охлаждение отливок	Выделение паров и газов	Повышенная температура оборудования, материалов
Изготовление форм (автоматическая линия)	Запыленность, повышенная влажность воздуха, шум 40 Дб	Движущиеся части механизмов, электрический ток
Изготовление стержней (вибростол)	Запыленность, загазованность, шум 90 Дб	Движущиеся части механизмов, электрический ток
Очистка отливок (дробебетная камера)	Запыленность, шум (90Дб)	Движущиеся части механизмов, электрический ток
Отделение ЛПС системы от отливок	Запыленность, вибрация, шум (1000 Дб)	Движущиеся части механизмов
Зачистка питателей и выпоров	Запыленность, шум (90Дб)	Движущиеся части механизмов

### 5.3 Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях

#### *Мероприятия по оздоровлению воздушной среды*

Снижение запыленности, газо- и парообразование до установленных санитарных норм осуществляется применением вентиляции, а также проведением комплекса профилактических мероприятий санитарно-технического характера. Все источники образования пыли (сушила для песка и глины, дробилки, мельницы, сита, бегуны, элеваторы и другие виды оборудования) снабжаются укрытиями и местной вытяжной вентиляцией. Выбрасываемый атмосферу воздух проходит через пылеочистные устройства.

#### *Травматизм в смесеприготовительных отделениях*

Травмы (ушибы, ожоги, ранения рук и других частей тела) могут быть нанесены рабочим смесеприготовительных отделение при обслуживании и технологического и транспортного оборудования, в случае зацепления или захвата спецодежды движущимися или вращающимися частями машин, на

которых отсутствуют или ненадежно выполнены защитные ограждения, при случайном или самопроизвольном включении оборудования во время его наладки, осмотра, смазки, чистки и ремонта.

Травмы рабочим смесеприготовителям могут быть нанесены также в случаях, когда они сами нарушают правила техники безопасности при выполнении ручных операции. Требования безопасности к технологическому оборудованию Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях обеспечивается надежной работой технологического оборудования. Ниже приводятся требования, которым должны удовлетворять машины и установки смесеприготовительных отделений:

- все детали узлы и механизмы, совершающие возвратно-поступательные или вращательные движения и доступные для случайного прикосновения, должны ограждаться сплошными или сетчатыми кожухами;
- в конструкциях установок должны предусматриваться предохранительные тормозные устройства, фиксирующие узлы и механизмы и предупреждающие их самопроизвольное перемещение в результате случайного внешнего воздействия;
- управление установками должно осуществляться с помощью кнопочных станций выносного типа или кнопочных станций, установленных непосредственно на машинах;
- смешивающие бегуны должны иметь закрывающуюся чашу, вентиляторы – пылезащитный кожух с патрубком для присоединения к цеховой системе вытяжной вентиляции, защитном кожухе бегунов должен быть смотровой люк с блокировкой, исключающей включение привода бегунов при открытом люке;
- смешивающие бегуны должны быть снабжены механическим приспособлением для отбора проб смеси, которая вводится в чашу через окно в защитном кожухе;
- бункера для формовочных материалов должны быть закрыты сверху предохранительными решетками;
- дробилки, бегуны и другое смесеприготовительное оборудование должно иметь предохранительные устройства, предупреждающие перегрузки и одновременность движения механизмов.

Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях обеспечивается также надежной работой транспортных средств, которые должны отвечать следующим требованиям:

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Участки набегания лент на барабаны ленточных и пластинчатых конвейеров должны ограждаться кожухами;

Ленточные конвейеры должны быть снабжены тросовой защитой – стальным тонким тросом, протянутым вдоль всей линии вблизи металлоконструкций конвейера, концы троса должны быть связаны с выключателями привода, что позволяет легким нажатием руки на трос быстро остановить конвейер и, следовательно, предупредить возможность несчастного случая [11].

#### 5.4 Безопасность труда в формовочных отделениях

##### *Мероприятия по оздоровлению условий труда*

В формовочных отделениях применяют механическую приточную вентиляцию, которая сочетается с естественной, осуществляемой через фрамуги фонарей на крыше и оконные проемы. Общий механический приток воздуха сосредотачивают на участках формовки и сборки форм, на смежных участках заливки и выбивки форм устраивают местную механическую вытяжную вентиляцию и воздушное душирование. В отделениях формовки, изолированных от участков заливки и выбивки форм, обеспечивают механический приток воздуха на рабочие места сверху вниз под углом 20...30° к горизонту со скоростью до 10 м/с.

Для перемещения модельных плит и опок на машины, стержней – на участок сборки форм под заливку и выполнения других тяжелых работ используют тележечные, подвесные конвейеры и машины, действующие полуавтоматически и автоматически.

Основными источниками производственного шума в формовочных отделениях являются пневматические встряхивающие машины. Для снижения уровня шума эти машины заменяют прессовыми, используют виброизолирующие фундаменты, заменяют пневматические приводы формовочных и других машин гидравлическими и пневмогидравлическими, выхлопные клапаны пневматических приводов выводят за пределы цеха, встраивают в формовочные машины амортизирующие и звукогасящие прокладки, глушители и амортизаторы, применяют средства индивидуальной защиты.

##### *Травматизм в формовочных отделениях*

Травмы (ушибы, ожоги, ранения рук и других частей тела) могут быть нанесены рабочим формовочных отделений в случае отсутствия зазора между рычагами машины и полом на машинах с перекидным столом, при перемещении откатной тележки на машинах с поворотной плитой, падающими полуформами во время поворота или перекидывания их на машинах, в случае неисправности зажимных приспособлений, самопроизвольного включения механизмов и др.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Травмы могут быть вызваны также невнимательностью рабочих и нарушением ими правил техники безопасности.

#### *Требования безопасности к оборудованию*

Для обеспечения безопасности труда конструкции формовочных машин должны отвечать указанным ниже требованиям:

В пневматических формовочных машинах должна предусматриваться система электрической блокировки механизмов;

Пусковое устройство для включения движущихся частей машины должно приводиться в действие обеими руками, чтобы одна из рук не смогла оказаться в опасной зоне соединения приводных деталей; пусковое устройство может быть размещено также на некотором расстоянии от машины, с тем, чтобы отдалить рабочего от ее движущихся частей во избежание случайного включения механизма машины, пусковые рукоятки должны ограждаться предохранительной дугой или иметь специальные предохранительные штифты, входящие в одно из отверстий неподвижной части корпуса воздухораспределителя [11].

### 5.5 Безопасность труда в стержневых отделениях

#### *Мероприятия по оздоровлению условий труда*

Создание здоровых условий труда в стержневых отделениях обеспечивается следующими мероприятиями.

В стержневых отделениях так же, как и в формовочных, применяют механическую приточную вентиляцию, которая сочетается с естественной, осуществляемой через фрамуги фонарей и оконные проемы.

Операция извлечения стержней из ящиков осуществляется специальными механизмами (кантователями).

Внедрение в производство холоднотвердеющих смесей позволило исключить операцию сушки стержней, при которой применяют сушила, являющиеся источником выделения газов и теплоты. Для снижения шума в стержневых отделениях применяют те же мероприятия, что и в формовочных.

#### *Травматизм в стержневых отделениях*

Травмы у рабочих стержневых отделений могут возникнуть в случае неисправности стержневых машин и зажимных приспособлений. Встречаются также травмы, обусловленные случайным включением механизмов машин, что может происходить при неисправности блокировки и предохранительных устройств.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

### *Правила безопасного проведения работ*

Здесь приведены отдельные, характерные для стерженщиков правила техники безопасности и требования технологических инструкций:

- нельзя использовать стержневые ящики без приспособлений для закрепления их на столах стержневых машин;
- стержневые ящики, необходимо укладывать устойчиво в штабеля высотой не более 1,5 м на твердой и резной площадке в стороне от проходов и проездов;
- кантовка (переворот) крупных стержневых ящиков, должна производиться не вручную, а только с помощью специальных устройств – кантователей;
- удаление из стержневого ящика пыли и остатков сухой смеси должно производиться щетками или пылесосами, очистка ящиков струей сжатого воздуха категорически запрещается;
- окраску стержней нужно производить кистью в помещении, оборудованном вытяжной вентиляцией;
- основным мероприятием по предупреждению травматизма в стержневых отделениях является снабжение рабочих средствами индивидуальной защиты.

### 5.6 Безопасность труда в плавильных отделениях

#### *Мероприятия по оздоровлению условий труда*

Создание здоровых условий труда в плавильных отделениях обеспечивается устройством вентиляции и проведением комплекса следующих мероприятий. На колошниковых (площадках, изолированных от других участков плавильного отделения) оборудуют общеобменную вентиляцию в виде вытяжки через открывающиеся окна, у загрузочных окон плавильных печей устраивают установки воздушного душирования и индивидуальные вытяжные зонты.

Установки воздушного душирования устанавливают также на участках обслуживания печей, т. е. у желобов выдачи расплава и шлака, на участках металлургической обработки расплава. Участки сушки и подогрева разливочных ковшей снабжают системой общеобменной вентиляции, а также зонтами с механической вытяжкой теплого воздуха и газов.

#### *Правила безопасного проведения работ*

Безопасность труда в плавильных отделениях обеспечивается правильной эксплуатацией плавильных печей и подъемно – транспортного оборудования, точным соблюдением технологических режимов шихтовки, подготовки печей к работе и плавки шихты. Нарушение этих условий может привести к серьезным авариям, взрыву и выводу из строя оборудования, стать причиной очень се-

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

рьезных травм работающих рядом людей. Учитывая это, в плавильных отделениях литейных цехов проводят следующий комплекс мероприятий:

Чтобы обеспечить оптимальный режим плавки, плавильные установки оборудуют центральными пультами, имеющими аппаратуру контроля и корректирования параметров плавильных процессов;

Процессы шихтовки и загрузки шихты в плавильные печи выполняются специальными автоматически действующими механизмами;

При ремонте плавильных печей температура в рабочем пространстве печи не должна превышать 50 °С, для освещения используют только низковольтные (12 В) переносные лампы с бронированным проводом и защитной сеткой, после каждого ремонта тщательно контролируют качество его выполнения и полноту просушки футеровки рабочего пространства и желобов плавильных печей;

Процессы металлургической обработки литейных расплавов должны осуществляться в точном соответствии с требованиями особой производственной инструкции;

Безопасность выдачи расплава из плавильных печей достигается тщательной подготовкой и просушкой футеровки желобов плавильных печей и разливочных ковшей;

Особое внимание обращают на состояние полов участков разлива и подготовку инструментов, так как ожоги рабочих чаще всего происходят искрами и брызгами расплава, образующимися при соприкосновении расплава с влагой пола, с влажным или ржавым инструментом;

Основным мероприятием по предупреждению травматизма в плавильных отделениях является снабжение рабочих специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты.

Для обеспечения безопасности труда рабочие плавильных отделений должны соблюдать следующие основные правила по обслуживанию плавильных печей.

Процессы плавки следует вести в строгом соответствии с производственной инструкцией, следить по показаниям приборов за ходом плавки, за своевременной загрузкой шихтовых и вспомогательных материалов и т. д. Обо всех нарушениях режима плавки срочно сообщать мастеру.

Особая осторожность и соблюдение правил техники безопасности требуются при выпуске расплавленного металла из печей; при выполнении этой операции необходимо очистить площадку перед желобом от посторонних предметов, удалить от желоба посторонних людей, убедиться в готовности ковшей к приемке расплава, установить ковш точно под желоб так, чтобы струя расплава не лилась мимо ковша или на его борт.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



Заполнять ковш расплавленным металлом следует не более чем на 7/8 его высоты и так, чтобы уровень расплава в нем был ниже высоты кромки ковша не менее чем на 100 мм [11].

## 5.7 Безопасность труда в отделениях заливки форм

### *Мероприятия по оздоровлению условий труда*

Для оздоровления воздушной среды рабочих зон участки заливки литейных форм оснащают приточной вентиляцией, осуществляемой методом душирования рабочих мест, а также местной вытяжной вентиляцией для снижения до допустимых норм избыточной теплоты и концентрации оксида углерода. Эта задача решается оснащением заливочной ветви литейных конвейеров перекрывающим стальным зонтом-кожухом или наклонной боковой панелью, снабженных вентиляционной системой.

### *Правила безопасного проведения работ*

Безопасность труда на участках заливки обеспечивается соблюдением специальных требований к конструкции разливочных ковшей и к выполнению технологических операций. Разливочные ковши и их элементы (траверсы, серьги, цапфы и др.) должны оставаться достаточно прочными и надежными при работе в условиях воздействия лучистой теплоты.

Качество выполнения футеровки и сушки разливочных ковшей должно удовлетворять требованиям безопасности при работе в условиях взаимодействия с литейным расплавом.

Ковши, перемещаемые грузоподъемными кранами должны иметь поворотные механизмы с червячной самотормозящей передачей и ограничители поворота, защищенные кожухами от брызг расплава и шлака.

При транспортировании ковшей с расплавом необходимо строго соблюдать установленные скорости их перемещения, а также специальные нормы и правила эксплуатации подъемно-транспортного оборудования, работающего в особо трудных условиях воздействия лучистой теплоты.

Захватные устройства ковшей должны иметь огнестойкие защитные экраны. Заливку форм на литейном конвейере следует производить только с помощью подвесных ковшей, перемещаемых мостовым краном, управляемым из кабины. Для обеспечения безопасности труда рабочие участков заливки форм должны соблюдать следующие основные правила:

- каждый раз перед заливкой расплава необходимо проверять исправность и прочность всех металлических частей литейных ковшей и носилок, а также качество просушки их футеровки;

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

- при наполнении ковшей расплавом заливщику рекомендуется поддерживать ковш так, чтобы струя расплава имела наименьшую высоту и по возможности падала вначале на стенку ковша;
- нельзя превышать допустимую скорость перемещения ковша;
- необходимо следить за надежностью закрепления ковша защелкой, предотвращающей его опрокидывание [11].

## 5.8 Безопасность труда на выбивных участках литейного цеха

### *Мероприятия по оздоровлению условий труда*

Создание здоровых условий труда при выбивке форм и стержней обеспечивается выполнением операций на специально выделенных участках цеха или в изолированных помещениях, оснащенных приточно – вытяжной механической вентиляцией, а также системой устройств для отсоса газа, пыли из укрытий выбивного оборудования и охладительных туннелей для приема выбитых из форм отливок.

В литейных цехах осуществляется также ряд других мероприятий, к которым относятся:

Автоматизация процессов выбивки форм и стержней, исключая ручной труд и необходимость присутствия людей в рабочих зонах оборудования, туннелях и других местах участка;

Включение выбивных решеток с накатным кожухом блокируется с его закрытием (при открытом кожухе выбивная решетка не работает). Для

снижения шума внутренние поверхности кожухов облицовывают звукопоглощающими материалами; участки выбивки оснащаются механизмами для установки и удаления опок и отливок, механизмы выбивных решеток должны быть закрыты кожухами, а дебалансы надежно закреплены на валу электродвигателя;

Для снижения вредного действия шума необходимо применять наушники.

### *Правила безопасного проведения работ*

Для предотвращения травм выбивщики обязаны соблюдать следующие основные правила безопасности:

- систематически перед рабочей сменой проверять на холостом ходу исправность основных механизмов выбивного оборудования и вспомогательных средств;
- не находиться самому и не допускать присутствия других людей на полотне работающей выбивной решетки;
- запрещается влезать в бункера и тоннели, находящиеся под выбивными решетками, без специального разрешения мастера, при необходимости ре-

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

монта или очистки от смеси спуск рабочего в бункер разрешается только в присутствии наблюдателя, снабженного страховочной веревкой;

- конвейеры с остывающими отливками должны быть изолированы от рабочих помещений или располагаться в туннелях;
- температура сходящих с конвейера отливок должна быть не выше 40...70 °С.

## 5.9 Безопасность труда в обрубных отделениях

### *Мероприятия по созданию здоровых и безопасных условий труда*

Создание здоровых условий труда обеспечивается в обрубных отделениях приточно – вытяжной механической вентиляцией и естественной аэрацией, осуществляемой через фрамуги и оконные проемы здания. К мероприятиям по созданию здоровых и безопасных условий труда в обрубных отделениях также относятся:

- механизация и автоматизация всех производственных процессов;
- складирование отливок на участках, оборудованных отсасывающими устройствами;
- оборудование для зачистки отливок должно быть снабжено стеклянными откидными экранами, которые блокируются с электродвигателем, что исключает работу станка при отсутствии защиты рабочего от воздействия искр и частиц металла;
- для защиты от воздействия шума необходимо применять наушники.
- для предупреждения загорания и взрыва на участках грунтовки отливок
- должны соблюдаться следующие требования безопасности:
- на участках грунтовки отливок должны быть предусмотрены автоматические системы сигнализации и пожаротушения.

### *Правила безопасного проведения работ*

- рабочие, занятые на очистке, зачистке, обрубке и других работах отделения, обязаны соблюдать следующие основные правила безопасности:
- перед началом работы следует убедиться в исправности инструментов, приспособлений, оборудования и защитных ограждений;
- нельзя обрубать отливки, имеющие температуру свыше 60 °С;
- основным мероприятием по предупреждению травматизма в обрубных отделениях является снабжение рабочих средствами индивидуальной защиты.

## 5.10 Безопасность труда при работе с экзотермическими вставками

Работать с экзотермическими оболочками необходимо в спецодежде, так как пыль от них может вызвать механическое раздражение кожи, глаз и дыхательных

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

путей. Экзотермический материал оболочки взрывобезопасен, не горюч, не образует в присутствии других веществ или факторов токсичных соединений в воздушной среде и сточных водах. Во время работы с экзотермическими оболочками нельзя принимать пищу и напитки. Помещение должно быть оборудовано вентиляцией. При сильной запыленности необходимо пользоваться средствами защиты дыхания [10].

## 5.11 Электробезопасность в литейных цехах

### *Мероприятия по обеспечению электробезопасности*

Для создания производственных условий, при которых воздействие электрического тока полностью исключается, необходимо стремиться к тому, чтобы конструкция элементов электрооборудования, его устройство и монтаж в производственных помещениях, а также техническое состояние электрооборудования, устройств защитного заземления и зануления находились в полном соответствии со специальными требованиями правил, соблюдение которых строго обязательно для всех работающих.

Вопросы электробезопасности, регламентирующие в основном поведение рабочих перечислены ниже.

При вводном инструктаже все поступающие на промышленное предприятие рабочие должны быть ознакомлены с правилами электробезопасности, методами освобождения человека, попавшего под действие электрического тока, и способами оказания ему первой медицинской помощи. При этом должно быть обращено особое внимание на то, что при всех несчастных случаях необходимо немедленно обращаться в медпункт, даже при самых легких поражениях током. Рабочему не разрешается приступать к работе, если замечены какие-либо неисправности в оборудовании, инструменте, электропроводке. Применяемые для местного освещения переносные лампы должны питаться напряжением не выше 12 В, в некоторых случаях допускается применение для электроинструментов более высокого напряжения, но при этом такие инструменты должны иметь двойную изоляцию всех токоведущих частей. Рабочий не должен прикасаться к токоведущим элементам электрооборудования и освещения и к электропроводке, не должен открывать дверей электрошкафов. Рабочему запрещается прикасаться к неизолированным или поврежденным проводам и электрическим устройствам, наступать на переносные электрические провода, лежащие на полу, самостоятельно производить ремонт неисправного электрооборудования и инструмента. Обо всех замеченных неисправностях рабочий должен немедленно извещать администрацию цеха и в первую очередь мастера [11].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

## 5.12 Территория, здания и сооружения литейных производств

Планировка территории, объемно–планировочные и конструктивные решения зданий и сооружения должны соответствовать требованиям строительных норм и правил.

Содержание территории, рабочих помещений и противопожарного оборудования должно соответствовать требованиям «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации» (ППБ 01-93).

На территории предприятия не должно быть оврагов, котлованов или выемок, которые могут быть местом скопления вредных отходов производства.

Расположенные на территории литейных производств колодцы должны быть закрыты люками.

Дороги, проезды, тротуары, наружные лестницы, эстакады и переходы должны содержаться в исправном состоянии: своевременно ремонтироваться, в зимнее время очищаться от снега, в гололед посыпаться песком, а в ночное время освещаться.

В местах выхода на железнодорожные пути и автомобильные дороги из зданий и сооружений должны быть устроены барьеры.

На территории литейных производств должны быть установлены знаки безопасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026.

Балки и колонны, подвергающиеся попаданию брызг жидкого металла и шлака или теплоизлучения, должны быть изолированы. Способ теплоизоляции определяется проектом.

Вентиляционные устройства в помещениях литейных цехов должны обеспечивать температуру, влажность и скорость движения воздуха, а также содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005.

Все открывающиеся створные окна и фонарные переплеты должны быть оборудованы легкоуправляемыми и устойчивыми в эксплуатации приспособлениями для их открывания и установки в требуемом положении.

Полы площадок у вагранок, металлоплавильных печей, площадок внепечной обработки жидкого металла и разливочных площадок должны быть ровными.

Вентиляционные устройства в помещениях литейных цехов должны обеспечивать температуру, влажность и скорость движения воздуха, а также содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Все открывающиеся створные окна и фонарные переплеты должны быть оборудованы легкоуправляемыми и устойчивыми в эксплуатации приспособлениями для их открывания и установки в требуемом положении.

Полы площадок у вагранок, металлоплавильных печей, площадок внепечной обработки жидкого металла и разливочных площадок должны быть ровными.

Пространство между железнодорожными рельсами на рабочих площадках должно быть выложено износоустойчивым материалом с нескользкой поверхностью до уровня головки рельсов.

Ширина проходов и проездов, расстояние между оборудованием и элементами зданий должны соответствовать нормам технологического проектирования [11].

### 5.13 Освещение

Естественное и искусственное освещение выполняется в соответствии с требованиями строительных норм и правил (СНиП 23-05-95) и "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ), введенных в действие Минэнерго СССР 01.06.85, с последующими изменениями и дополнениями.

В литейном цехе должны быть следующие виды освещения:

- рабочее;
- аварийное для продолжения работы;
- аварийное для эвакуации людей.

Устройство аварийного освещения должно быть выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ и норм искусственного освещения. Допускается устройство разводки на напряжение не выше 12 В. Переносные электролампы присоединяются к сети шланговым кабелем или многожильным гибким проводом, заключенным в резиновый шланг, с изоляцией на напряжение не ниже 500 В.

Светильники рабочего и аварийного освещения должны располагаться так, чтобы обеспечивалась требуемая освещенность, надежность крепления, безопасность и удобство их обслуживания.

Светильники, обслуживаемые с переносных лестниц, должны подвешиваться на высоте не более 4,5 м над уровнем пола и не должны располагаться над оборудованием и лентами конвейеров. Если обслуживание светильников с лестниц затруднено, должны быть устроены площадки. Для обслуживания светильников, расположенных над кранами или кран - балками, должны быть предусмотрены специальные площадки [11].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

#### 5.14 Вентиляция

Вентиляционные установки должны соответствовать требованиям строительных норм и правил и санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Вентиляционные системы после окончания строительства и монтажа должны быть отрегулированы на проектную мощность и испытаны на эффективность. Проверка эффективности работы вентиляционных систем производится не реже одного раза в год, а также после реконструкции и капитального ремонта. Акты проверки и мероприятия по устранению недостатков утверждаются главным инженером предприятия.

Испытание, наладка и приемка в эксплуатацию вентиляционных установок производятся в соответствии с требованиями строительных норм и правил [11].

#### 5.15 Требования к исходным материалам, заготовкам и полуфабрикатам

Металлическая шихта для плавильных агрегатов должна быть с минимальным пригаром песка и кокса.

Кокс, используемый в вагранках, должен быть повышенной механической прочности и просеян.

Разделка материалов (лигатур, флюсов и т.п.), содержащих вредные компоненты, должна быть автоматизирована или механизирована.

Резка металлического лома должна производиться в соответствии с требованиями СН 1009-73 "Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов". Крупногабаритный лом должен разделяться в соответствии с инструкцией, утвержденной главным инженером предприятия.

Варка жидкого стекла из твердого силикатного материала должна проводиться в специальных автоклавах, расположенных в изолированных помещениях.

Металлическая стружка (алюминий, чугун, сталь и др.), используемая в качестве шихты для выплавки металла, должна быть полностью обезжирена перед поступлением в плавильные агрегаты.

Перед применением шихта должна: быть проверена на взрывобезопасность, радиационную безопасность; соответствовать по фракциям, просушена, очищена от нефтепродуктов и посторонних включений.

Применение материалов, поступающих на производство без сертификатов соответствия, запрещается.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Применение, хранение, подготовка взрыво-, пожароопасных материалов осуществляется по специальным инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия [11].

#### 5.16 Требования к изготовлению модельной оснастки

При работе с ручными шлифовальными машинами рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

Склейка деревянных моделей должна производиться на специально оборудованных местах, с вытяжной вентиляцией.

Окраска деревянных моделей пневматическими распылителями должна производиться в специально оборудованных окрасочных камерах или установках, оборудованных вытяжной вентиляцией.

При изготовлении пластмассовых моделей работы с эпоксидными смолами должны производиться на рабочих местах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией.

Столы для раскроя стеклоткани и механической обработки пластмассовых моделей должны быть изготовлены из легко очищаемого от пыли материала и оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

Размельчение компонентов (отвердителей, наполнителей и др.) должно производиться в закрытых размольных аппаратах, исключая пылевыделение, а приготовление смеси смолы с отвердителями в герметичном аппарате с мешалкой.

Применение бензола, толуола, четыреххлористого углерода и других токсичных растворителей для смыва остатков связующих материалов с оборудования запрещается. Для снятия излишков подтеков незатвердевшей эпоксидной смолы следует применять ацетон.

Емкости из-под смолы и связующих должны промываться механизированным способом в специальном помещении, оборудованном вытяжной вентиляцией.

Пластмассовые модельные комплекты, сырье и связующие, содержащие эпоксидные смолы, должны храниться в специальных складских помещениях, оборудованных вытяжной вентиляцией.

Ремонт, очистка и другие работы внутри аппаратов и емкостей должны производиться только после отсоединения от коммуникаций, тщательной промывки и проветривания, по наряду-допуску [11].

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе приведен расчёт оборудования для перевооружения литейного цеха по номенклатуре УКВЗ на годовой выпуск 6000 т годного литья из углеродистой стали 25Л. В соответствии с производственной программой выбрано и рассчитано оборудование основных отделений цеха, а именно: плавильное, смесеприготовительное, формовочное, стержневое, термообрубное, с помощью которых можно достичь заданной производительности.

Дано описание технологических процессов выплавки стали и изготовления форм. Проведены расчеты шихтовых материалов, требуемого количества оборудования, площадей складов для хранения нормативного запаса шихтовых и формовочных материалов.

Разработана технология изготовления отливки «головка сцепного прибора». Работа содержит краткие сведения о выборе положения отливки в форме, выборе поверхности разъёма, выбраны припуски на механическую обработку обрабатываемых поверхностей. Разработана конструкция и расположение стержней, конструкция литниковой системы. Подобрана формовочная и стержневая смесь, выбран способ изготовления отливки. Выбраны машины и агрегаты необходимые при организации литейного производства.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сборник трудов XIV Международного съезда литейщиков / И.А. Дибров, Р.К. Мысик, А.В. Сулицин и др. – Казань, 2019. – 335 с.
2. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие / Б.А. Кулаков, Л. Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 142 с.
3. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник в 6-и т. Т.2/ Под ред. Е.С. Ямпольского. М.: Машиностроение, 1974. – 294 с.
4. Формовочная система FAST-LOOP – <http://www.imf-moscow.ru/index.php/formovochnaya-sistema-fast-loop.html>.
5. Знаменский, Л.Г., Теория литейных процессов: учебное пособие / Л.Г. Знаменский, Ивочкина О.В. – Челябинск., Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 148 с.
6. Степанов, Ю.А. Технология литейного производства: Специальные виды литья / Ю.А.Степанов, Г.Ф.Баландин, В.А.Рыбкин – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
7. Дубровин, В.К, Технологические процессы литья: учебное пособие / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск., Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 197 с.
8. Экзотермические прибыли расчет эффекта от использования – <http://www.On-v.com.ua>.
9. Методика расчета литниково-питающих систем с применением экзотермических вставок – <http://www.belt.ru>.
10. Экзотермические оболочки / вставки / прибыли. Общая информация – <http://www.sq-spb.ru/pages/60/25/>.
11. Правила безопасности в литейном производстве ПБ11-242-98, М.НПО ОБТ, 1999.

					ЮУрГУ.2204.02.2020.137.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68