Содержание

Аннотация 2
Содержание 3
Введение 6
1. Технологический раздел
1.1 Общая характеристика проектируемого цеха 8
1.2 Определение действительного фонда годового времени 8
1.3 Производственная программа 8
1.4 Расчет плавильного отделения 9
1.4.1 Загрузка шихты в ДСП-12 13
1.4.1.1 Плавление шихты ДСП-12 13
1.4.1.2 Доводка металла ДСП-12 14
1.4.1.3 Выпуск и разливка металла из печи ДСП-12 14
1.4.1.4 Контроль качества металла 15
1.4.1.5 Время на выплавку чугуна по операциям 15
1.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение 15
1.6 Расчет формовочного отделения 15
1.7 Расчет стержневого отделения 17
1.8 Состав стержневой смеси 20
1.9 Расчет смесеприготовительного отделения 22
1.9.1 Формовочная смесь 25
1.9.1.1 Технология смесеприготовления 25
1.9.1.2 Приготовление формовочных смесей 26
1.9.1.3 Режим приготовление смеси 27
1.10 Расчет термообрубного отделения 27
1.11 Подъемно-транспортное оборудование 29
1.12 Склад шихтовых материалов 30
2. Проектный раздел
2.1 Характеристика литой детали 31
2.2 Выбор производства отливок 31
2.3 Выбор положения отливки в форме в период заливки и затвердевания 31
2.4 Определение поверхности разъема модели и формы 32
2.5 Определение размеров опоки 32
2.6 Расчет литниковой системы 33
2.7 Технология сборки и заливки форм 35
2.8 Выбивка, обрубка и очистка отливок 36
2.9 Контроль качества отливок 37
3. Специальный раздел
Введение 39
3.1 Использование отходов формовочных смесей как сырьевого материала для строительной индустрии 40
3.2 Регенерация формовочных песков 43

3.3 Технология и оборудование для регенерации формовочных песков 45
4. Организационно - экономическая часть
4.1 Организационная часть 49
4.2 Расчет производственной программы 49
4.3 Расчет численности работающих по каждому отделению цеха 49
4.3.1 Ведомость численности основных рабочих 50
4.3.2 Ведомость численности вспомогательных рабочих 51
4.3.3 Ведомость всех руководителей 52
4.3.4 Ведомость служащих и специалистов 53
4.3.5 Ведомость численности людей в литейном цехе 54
4.4 Расчет фонда зарплаты по основным рабочим 54
4.4.1 Расчет фонда зарплаты по вспомогательным рабочим 57
4.4.2 Расчет фонда заработной платы по руководителям 58
4.4.3 Расчет фонда заработной платы по служащим 59
4.4.4 Ведомость определения общего фонда зарплаты по всем категориям работающих 60
4.5 Стоимость основных фондов (капиталовложений) и амортизационные отчисления 60
4.6 Сводная ведомость основных фондов и амортизационных отчислений 62
4.7 Расчет себестоимости 1 т. годного литья 63
4.8 Расчет нормативно-чистой продукции за год по цеху 64
4.9 Расчет товарной продукции по цеху 64
4.10 Расчет выработки продукции за год на 1 работающего 64
4.11 Расчет фондоотдачи 64
4.12 Расчет фондовооруженности 65
4.13 Расчет энерговооруженности труда 65
4.14 Определение % снижения проектной себестоимости 1 т. годного литья по сравнению с базовым вариантом 65
4.15 Определение экономический эффект от внедрения проектного варианта технологического процесса 65
4.16 Определение годовую сумму экономии от снижения себестоимости 65
4.17 Срок окупаемости дополнительных капиталовложений 66
4.18 Определяем коэффициент экономической эффективности капитальных вложений 66
4.19 Ведомость калькуляции себестоимости 1 т. годного литья по новому варианту 66

4.20 Расчет капиталовложений, принимаемых к расчету, по сравниваемым вариантам 67
4.21 Технико-экономические показатели 69
5. Охрана труда и экология
5.1 Общие требование безопасности при работе в цехе 70
5.2 Условия труда 77
5.3 Характеристика проектируемого цеха с точки зрения опасных и вредных производственных факторов, а также мероприятия по охране труда 78
5.4 Содержание вредных веществ на рабочих местах 78
5.5 Мероприятия по охране труда в плавильном отделении 80
5.6 Мероприятия по охране труда в формовочно - заливочно - выбивном отделениях 81
Заключение 82
Список использованной литературы 83
Спецификации

Введение

Литейное производство – основная заготовительная база машиностроения, и его развитие зависит от темпов развития машиностроительного комплекса. По сравнению с другими заготовительными производствами, литейное производство отличается высоким коэффициентом использования металла, который составляет 75…98%.

Наряду с этим, литейное производство обеспечивает получение сложных по геометрии и конфигурации литых заготовок с внутренними полостями, что практически невозможно получить другими методами. Поэтому литейное производство и в дальнейшем сохранит свое лидирующее положение среди заготовительных производств.

Литейное производство является фундаментом для развития ряда ведущих отраслей мировой экономики: оборонной промышленности, транспортного и тяжелого машиностроения, энергетики, строительства (в том числе авиационного и судоходного). Кроме того, литейное производство тесно связана с химической и легкой промышленностью. В связи с этим, можно говорить о том, что эта отрасль черной металлургии является потенциальной силой, способствующей повышению конкурентоспособности отечественных производителей и росту экономики.

Потребление продукции черной металлургии России обеспечивается в основном за счет следующих отраслей:

- автомобилестроение;
- общее машиностроение и оборудование;
- строительство;
- нефтегазодобыча;
- строительство магистральных нефтепроводов и газопроводов. [34]

Выборочный анализ действующих литейных производств машиностроительных заводов показывает, что оборудование формовочных, стержневых и смесеприготовительных отделений морально и физически устарело. Его ремонт и восстановление потребует громадных средств, но при этом будет сохранен уровень технологии 50-х гг. В последние 10 лет в развитых промышленных странах в области литейного производства произошли революционные преобразования, резко изменившие облик литейных цехов. Значительно улучшить условия труда позволило высокомеханизированное и автоматизированное производство отливок в химически твердеющих песчаных

формах. Оборудование, которое было предложено рядом западных фирм, позволяет получать отливки очень высокой степени сложности и качества. По этому пути пошли многие западные производители отливок и доказали, что это единственный путь, при использовании относительно недорогого оборудования, остаться конкурентоспособным при единичном и мелкосерийном производстве средних и крупных стальных и чугунных отливок.

Перспективными технологическими задачами по-прежнему остаются:

- изготовление опочных и безопочных литейных форм из ХТС на базе современных связующих;
- изготовление стержней по «холодной» оснастке с применением различного рода смол с продувкой газообразными катализаторами;
- развитие электроплавки чугуна в индукционных печах средней частоты и плавки стали в дуговых печах постоянного тока;
- увеличение объемов выпуска отливок из высокопрочного чугуна и алюминиевых сплавов взамен ковкого чугуна и стали;
- строительство новых и реконструкция старых литейных цехов на базе современных технологий материалов и оборудования.

Из отечественной и зарубежной практики известно, что длительная недогрузка мощностей литейных производств приводит к их саморазрушению.

Основные признаки деградации производства, общие для всех литейных переделов, при его недогрузке следующие:

- Неуклонно снижается уровень инженерного обслуживания производства.
- Ухудшаются эксплуатационные характеристики основного технологического оборудования.
- Исключается ранее действующие наукоемкие техпроцессы, требующие бесперебойной работы оборудования, высокой квалификации персонала, дорогостоящих материалов.
- Упраздняются функции исследовательских подразделений, где генерируются новые идеи, изучаются мировые тенденции и осваиваются инновации.
- Снижается квалификация рабочих, ИТР и руководителей производства.
- Разработчики техпроцессов вынуждены ориентироваться на заниженные возможности производства. Постоянно растет число заказов, которые не могут быть приняты из-за невозможности выполнения технических условий на изделие.
- Расчет число нарушений разработанной технологии, и никакими административными усилиями невозможно обеспечить 100%-ное выполнение заданной технологии. [32]

Целью данной выпускной работы является:

- разработка проекта цеха чугунного литья мощностью 50000 тонн в год на основе ООО «Промтрактор – Промлит»;

- разработка технологических процессов изготовление отливок, решение организационных, экономических и экологических вопросов
- анализ и разработка предложений по возможной модернизации существующего производства
- технологическая и экономическая оценка проекта.

1. Технологический раздел

1.1 Общая характеристика проектируемого цеха

Спроектированный литейный цех рассчитывается на выпуск 50000 тонн годных отливок методом литья в сырые песчаные формы. Развес выпускаемого литья от 100 до 2500 кг. Марка выплавляемого чугуна СЧ 20.

Характер производства - крупносерийное.

Цех относится к группе чугунных цехов. В проектируемом цехе предусматривается трехсменный режим работы всех отделений. При поточном производстве отливок данный режим работы позволяет интенсивно использовать производственные площади, оборудование, совмещать по времени все технологические операции производства отливок: формовку, заливку форм, выбивку, плавку, приготовление смесей, изготовление стержней, очистку, обрубку и контроль.

Цех включает следующие участки:

1. Шихтовый двор
2. Плавильное отделение
3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение (АФЛ)
4. Стержневое отделение
5. Смесеприготовительное отделение
6. Термообрубное отделение

Административные бытовые помещения вынесены в отдельный корпус.

При проектировании цеха большое внимание уделялось оснащению высокопроизводительным оборудованием, рациональной организации рабочих мест, с целью снижение себестоимости и повышение производительности труда. [13]

1.2 Определение действительного фонда годового времени

Номинальный фонд времени:

$$F_н = (K_{кал.} - K_{п.и в.}) * S * d, \quad (1)\ [3]$$

$$F_н = (365 - 114) * 3 * 8 = 6024 \text{ ч.},$$

где $K_{кал.}$= 365 – количество календарных дней в году;

$K_{п.и в.}$= 114 – количество праздничных и выходных дней в году;

S = 3 – количество смен в сутки;

D = 8 – продолжительность смены, ч.

Эффективный фонд времени оборудования за 1 год:

$$P_{эф.} = F_н * (1 – b/100), \quad (2)\ [3]$$

$$P_{эф.} = 6024 * (1 – 8/100) = 5542\ ч.,$$

где b = 8% – планируемые потери времени оборудованием.

1.3 Производственная программа

Т.к. проектируемый цех является цехом крупносерийного производства, используем точную производственную программу.

Подетальная программа выпуска отливок сведена в таблицу 1.

Таблица 1 – Подетальная программа выпуска отливок

№	Наименование	Марка материала	Количество отливок на годовую программу, шт.	Вес отливки	
				единицы, кг	на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1	11.01-12-74 Корпус	СЧ20	33640	43	1446,52
2	25.01-25-120 Корпус	СЧ20	16820	36	605,52
3	25.01-25-126 Корпус	СЧ20	16820	103	1732,46
4	25.01-1-41 Корпус	СЧ20	50460	160	8073,6
5	25.01-1-42 Корпус	СЧ20	67280	29	1951,12
6	25.01-26-44 Крышка	СЧ20	16820	56	941,92
7	150-00-001 Корпус	СЧ20	33640	120	4036,8
8	150-00-005 Корпус	СЧ20	16820	63	1059,66
9	150-00-014 Корпус	СЧ20	100920	87	8780,04
10	46-56-112 Подставка	СЧ20	16820	210	3532,2
11	46-15-42А Картер	СЧ20	16820	248	4171,36
12	46-17-48 Корпус	СЧ20	33640	87	2926,68
13	845.1308102 Корпус	СЧ20	33640	12	403,68
14	845.1308250 Корпус	СЧ20	33640	145	4877,8
15	845.1308623 Корпус	СЧ20	16820	326	5483,32
-	-	-	504600	-	50022,68

1.4 Расчет плавильного отделения

Расчёт количество жидкого металла:

$$Q_{ж.м.} = B/K_{год} * (1 – K_{уг}/100) * 100, \quad (3)\ [3]$$

$$Q_{ж.м.} = 50000/65* (1 - 5/100) * 100 = 73076,92,$$

где B = 50000 т. – производственная мощность (см. табл.1);

$K_{год}$ = 65 % – процент выход годного литья;

$К_{уг}$ = 5% – коэффициент угара.

Расчёт количество металлозавалки:

$$Q_{м.з.} = В * 100/К_{год} \quad (4)\ [3]$$

$$Q_{м.з.} = 50000 * 100/65 = 76923,08\ т.$$

Определение типа печи:

Так как годовой выпуск отливок составляет 504600 шт., а $F_н$ = 6024 ч.,
то $N_о$ = 504600/6024 = 83,8 шт. за 1 час работы количество отливок.
Металлоемкость формы 144,8 кг.
Производительность печи должна быть:
q = 83,8 * 144,8 = 12134,24 = 12,1 т/ч.
Исходя из требуемой производительности печи, выбираем печь ДС-12[3]

Расчёт количества печей:

$$С_{рас.} = (Q_{ж.мл})/(V_{мет.завх} * Р_{эф}), \quad (5)\ [3]$$

$$С_{рас.} = (73076,92 * 3)/(12 * 5542) = 3,29,$$

где $Q_{ж.м.}$ – количество жидкого металла;
t = 3 ч. – время плавки;
$V_{мет.зав}$ = 12 т. – металлозавалка печи ДСП-12;
$Р_{эф}$ – эффективный фонд времени оборудования за 1 год.
Принимаем количество печей равной 4 шт. (с учетом резерва)

Расчёт коэффициента загрузки печи:

$$К_{загр.дсп.} = С_{рас}/С_{прин.}, \quad (6)\ [3]$$

$$К_{загр.дсп.} = 3,29/4 = 0,82,$$

где $С_{рас}$ – расчетное количество печей;
$С_{прин.}$ – принятое количество печей.

Расчет парка ковшей:

Для приема (ковшей) жидкой стали из печи, используют стопорный ковш емкостью 9 т. Число одновременно работающих ковшей определяем по формуле:

$$n = Q_{ж.м.} * К_н * t/(F_{эф} * Р), \quad (7)\ [3]$$

$$n = 73076,92 * 1,2 * 0,5/ (5542 * 9) = 0,88\ шт.,$$

где $Q_{ж.м.}$ – количество жидкого металла;
$К_н$ – коэффициент неравномерности;
t – оборот ковша;
$F_{эф}$ – эффективный фонд времени оборудования за 1 год;
Р – емкость ковша.
Примем число ковшей равной 1 шт.

$$\text{Парк ковшей: } N_1 = К_1 * К_2 * N, \quad (8)\ [3]$$

$$N_1 = 2 * 1,2 * 1,2 – 3\ шт.,$$

где $К_1$ – коэффициент учитывающий число ковшей в ремонте;
$К_2$ – коэффициент запаса;
N – расчетное число ковшей.

Ведомость оборудования плавильного отделения приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Ведомость оборудования плавильного отделения

Наименовани	Модел	Часовая	$С_{рас.}$	$С_{прин.}$	$К_{загр.}$	Стоимость	Общая

е оборудования	ь	производ., т/ч				единицы оборудования	стоимость оборудования
Печь	ДС-12	9	3,26	4	0,82	3000000	12000000
Весы вагонеточные			1,5	2	0,75	50000	100000
Тележка для подачи шихты			2,2	3	0,73	35000	105000
Сушило для ковшей			1,8	2	0,90	100000	200000
Сушило для стопоров	Н6730	6	1,6	2	0,80	50000	100000
Итого				13	0,8		12505000

Ведомость расходных материалов по чугуноплавильному отделению приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Ведомость расходных материалов по чугуноплавильному отделению.

Наименование материала, марка	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Норма расхода, кг на тн	Общее кол-во расходуемого материала	Сумма, руб.	
				За 1 т.	На годовую программу
1	2	3	4 гр.3 * Qм.з./1000	5	6 гр.4 * гр.5
Шихта металлическая					
Чугун литейный Л2, Л3	ГОСТ 4832-95	21,00	1615,38	17320	55956925,3
Чугун передельный ПЛ1, ПЛ2	ГОСТ 805-95	35,00	2692,31	13860	74630772,2
Лом чугунный 17А, 18А	ГОСТ 2787-75	3,47	266,92	6550	3194384,74
Лом стальной 2А	ГОСТ 2787-75	4,21	554,62	7170	7953184,93
Возврат лит. произ-ва (Сч20, Вч45, ст. углерод.)		40,32	3101,54	7400	45902792
Ферросилиций ФС45-1	ГОСТ 1415-78	2,3	176,92	52750	20288462,4
Ферросиликомарганец FeSiMn18LP	ГОСТ 4756-91	0,7	5385	80760	4348615,6
Итого		100	7692,31		217989291,2
Раскислители и модификаторы					
Ферросилиций ФС75-5	ГОСТ 1415-93	0,3	23,08	53870	2143319,6
Коксик графитированный		1,37	133,1	15300	2036430,0

Итого			156,2		3279749,6
Флюсы					
Известняк флюсовый 1с25-7м		45	3461,5	250	865375,0
Шпат плавиковый ФКС75	ГОСТ 7618-83	1,4	107,7	7830	843291,0
Итого			3569,23		1708666,0
Энергия					
Электроды		15	1153,8	32500	37498500
Вода		35	2692,3	550	1480765
Электроэнергия		515	39615,4	80	3169232
Итого			43461,5		42148497
Топливо					
Кокс		71	5461,54	15300	83561562
Природный газ					
Подогрев шихты		35,00	2692,3	1,6	4307,7
Сушка ковшей		8,0	615,4	1,6	984,6
Итого			3307,7		5292,31
Итого по отделению					214478739,4

Расчет огнеупорных материалов приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Расчет огнеупорных материалов

Наименование материала	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Марка	Цена без НДС, руб./тн	Норма расхода	На годовую программу, руб.
1	2	3	4	5	6
Алюмосиликатные изделия					
Кирпич прямой № 5	ГОСТ 390-96	ША-1	3650	9,46	34529
Кирпич прямой № 6	ГОСТ 390-96	ША-1	3920	0,14	548,8
Кирпич прямой № 5	ГОСТ 390-96	ШБ-1	3050	0,26	793
Кирпич прямой № 6	ГОСТ 390-96	ШБ-1	5040	0,24	1209,6
Кирпич прямой полут. № 12	ГОСТ 390-96	ШБ-1	3830	0,14	536,2
Клин торцевой № 22	ГОСТ 390-96	ШБ-1	4170	0,34	1417,8
Клин торцевой полут. № 23	ГОСТ 390-96	ШБ-1	3429	0,1	342,9
Клин торцевой полут. № 35	ГОСТ 390-96	ШБ-1	5190	0,24	1245,6
Клин ребровый № 44	ГОСТ 390-96	ШБ-1	4170	0,34	1417,8
Клин ребровый № 45	ГОСТ 390-96	ШБ-1	3350	0,22	737
Кирпич пятовый № 60	ГОСТ 390-96	ШБ-1	4890	0,1	489
Кирпич пятовый № 68	ГОСТ 390-96	ШБ-1	5140	0,2	1028
Ковшевые изделия: Клин торцевой № 4	ГОСТ 5341-98	ШКУ-32	5260	9,04	47550,4
Итого				20,82	91845,1
Сифонные изделия					
Трубка d50 с70-200	ГОСТ 11586-69	ШС	9890	165,32	1635014,8
Динасовые изделия					
Нормальный динасовый:		ДН	6700	37,78	253126

Кирпич прямой № 5		ДН	7000	23,6	165200
Кирпич ребровой № 45	ГОСТ 1566-96	ЭД	10820	39,56	428039,2
Электродинас (всего):	ГОСТ 1566-96	ЭД	12340	7,98	98473,2
Кирпич прямой №2	ГОСТ 1566-96	ЭД	12340	28,42	350702,8
Клин торцевой № 5	ГОСТ 1566-96	ЭД	13880	14,82	205701,6
Клин переходной № 7	ГОСТ 1566-96	ЭД	13880	6,72	93273,6
Итого				158,88	1594516,4
Магнезиальные изделия					
Кирпич прямой № 1	ГОСТ 5381-93	ХП1	21190	24,28	514493,2
Клин переходной № 10	ГОСТ 5381-93	ХП1	29190	6,66	194405,4
Клин торцовый № 4	ГОСТ 5381-93	ХП1	21190	4,04	85607,6
Кирпич прямой № 1	ГОСТ 4689-94	ПУ-91	18510	5,08	94030,8
Кирпич радиальный № 15	ГОСТ 4689-94	ПУ-91	17630	29,72	523963,6
Итого				69,78	1412500,6
Материалы, массы, порошки					
Картон асбестовый	ГОСТ 2850-80	КАОН-1-2;1-5	18650	0,299	5576,35
Порошок магнезитовый	ГОСТ 24862-81	ПМЭ-87	7070	131,8	931826
Стекло жидкое	ГОСТ 13078-81		3640	13,64	49649,6
Песок формовочный	ГОСТ 2138-91	К2О2О3	660	13,29	8771,4
Мертель шамотный	ГОСТ 13095	МШ-28	4500	2,91	13095
Итого				161,94	1008918,35
Итого огнеупор. материалов				738,68	5742795,25

Все поступающие шихтовые материалы подвергаются входному контролю со стороны ОТК и НИОИ. Результаты заносятся в журнале на шихтовом участке.

Шихтовые материалы, поступающие на шихтовый участок плавильного отделения, должны сопровождаться выпиской из сертификата. Кладовщик шихтового участка заносит данные выписки из сертификата в журнал учета. Тару с поступающим материалом маркируют: марка материала, масса, дата поступления.

1.4.1 Загрузка шихты в ДСП – 12

Технические характеристики электродуговой печи ДСП – 12

Номинальная емкость, т 12
Мощность трансформатора, кВт 4500
Максимальный ток электрода, кА 9,95
Вторичное напряжение, В 220
Частота тока, Гц 50
Время расплавления, ч 1,5
Диаметр графитизированного электрода, мм 400
Диаметр распада электрода, мм 1100
Удельный расход э/энергии на расплавление твердой завалки 510
Размер рабочего окна ширина /высота, мм 920/1100

Выплавку чугуна производят в дуговых печах типа ДПС-12 с основной и кислой футеровкой. Для приема жидкого чугуна из печи используют стопорные ковши емкостью 9 тонн; чайниковые ковши емкостью 8 тонн. Для разливки чугуна по формам на заливочном конвейере применяют чайниковые разливочные ковши емкостью 0,35 тонн и 1 тонн.

Загрузку шихты в печь производят с помощью челюстной бадьи грузоподъемностью 8 тонн. В нижнюю часть бадьи загружают мелкий лом чугунный, возврат чугуна, чушковый чугун. В середину бадьи засыпают мелкий лом с таким расчетом, чтобы крупная часть шихты находилась под электродами.

Сверху бадьи загружают мелкий лом. Перед загрузкой шихты поднимают свод и выкатывают ванну из-под свода. Опускают бадью в печь на высоту 200-400 мм. от подины. Открывают челюсти бадьи и медленно поднимают ее, освобождая от шихты.

Осаживают шихту в печи только специальным грузом с помощью мостового крана.

В период завалки и перед включением печи необходимо очистить песочный затвор от оставшихся кирпичей и закатить ванну. При необходимости перед включением печи следует нарастить электроды, длина которых должна быть достаточной для проведения всей плавки.

1.4.1.1 Плавление шихты ДСП-12

Расплавление шихты ведут согласно графика режима работы печи на 3-ей ступени примерно 5 минут. По мере расплавления шихты покрывают зеркало металлической шлаковой смесью в количестве 1,5-2% от массы металла. На печах с основной футеровкой – следующий состав смеси:

- известняк 85%;
- плавиковый шпат 15%;

На печах с низкой футеровкой шлак наводится:

- известняк 10-15%;
- сухой кварцевый песок 50%;
- горелая земля 30-40%.

Температуру замеряют радиационным пирометром ТЕРА-50 ГОСТ 28243-89. После полного расплавления шихты и нагрева металла (до 1430-1450˚С) металл тщательно перемешивают штангой залить пробу на экспресс-анализ для определения химического состава СЧ. Допускается использовать шлама ЭШЛ в количестве 10% от нормы расхода плавикового шпата на одну тонну годного литья. Допускается вместо ФС-75 давать в печь перед выпуском металла барий содержащие отходы - 0,3% от массы металла.

В состав металлозавалки вводится 10% брикетированной чугунной стружки для выплавки СЧ и 15% для выплавки СЧ для отливки радиаторов.

1.4.1.2 Доводка металла ДСП-12

После получения химического анализа и подогрева металла до температуры

1460-1480 °С производят при необходимости корректировку химического состава металла доводкой ферросплавов. Корректирующие добавки феррохрома производят не позднее, чем 20 минут до выпуска плавки. Корректирующие добавки ферромарганца добавляют за 5-7 минут до выпуска плавки. При плавке серого чугуна отливают клиновую пробу для контроля величины отбела. При необходимости уменьшение отбела по пробе на 5 мм. добавляют 1,5-2 кг ФС-75 из расчета на 1 тонну металла или барий содержащие отходы 1,5-2 кг. на тонну.

Перед выпуском металла из печи отлить пробу на окончательный химический анализ состава металла. Ложка для отбора проб металла на химический анализ должна быть хорошо отшлакованный, изложница для проб производится заливкой шлаком за 5-10 минут до заливки ее металлом.

1.4.1.3 Выпуск и разливка металла из печи ДСП-12

Температура металла в печи перед выпуском должна быть в пределах 1460-1480 °С. Замеряются радиационным пирометром ТЕРА-50 ГОСТ 28243-89. Фиксируется в плавильном журнале и в журнале БТК. Выпуск металла производят в хорошо просушенный и разогретый до темно-вишневого цвета ковш. Температура заливки форм, согласно технологического процесса составляет 1300 – 1330 °С. В середине разливки чугуна на конвейере отливают пробы на анализ химического состава и образцы для испытания механический свойств, а при заливке форм на плацу окончательная проба для определений химического состава заливается с ковша после выпуска из печи металла. Каждая проба клеймится работником цеха БТК, присутствующим при заливке проб. Остатки металла из разливочных ковшей сливать в изложницы или возвращать в печь ДСП-12.

1.4.1.4 Контроль качества металла

Контролеры БТК фиксируют в журнале контроля следующие технологические параметров выплавки СЧ:

- Химический состав СЧ согласно таблице 1.4., ГОСТ 1412-85 по ходу плавки, перед выпуском металла из печи и окончательный химический состав в середине разливки;
- Величину отбела;
- Механические свойства таблицы 1.5., ГОСТ 1412-85;
- Температуру металла перед выпуском из печи температура 1430-1480 °С и в большом ковше температура 1429-1440 °С;
- Температуру заливки форм согласно подетальной технологии.

1.4.1.5 Время на выплавку чугуна по операциям

Продолжительность операций фиксируется в журнале сталевара приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Операции фиксируемые в журнале сталевара

Наименование операции	Продолжительность операций, мин.

1. Очистка и заправка печи	10
2. Загрузка печи и разравнивание шихты	10
3. Расплавление шихты	70
4. Раскисление, доводка металла	45
5. Наращивание электродов	5
6. Прочие	10
7. Выпуск металла в ковш	5
8. Общая продолжительность	2 часа 35 минут

1.5 Формовочно – заливочно – выбивное отделение

В проектируемом литейном цеху применяем автоматическую формовочную линию. Технологический цикл изготовления форм на АФЛ включает следующие операции: сталкивание комплекта пустых опок с непрерывно движущегося конвейера; разъединение (распаковку) опок; последовательную заформовку верхней и нижней полуформ; вытяжку моделей, установку полуформ на транспортер для простановки стержней; сборку форм; передачу собранных форм на непрерывно движущийся конвейер; заливку; охлаждение, выдавливание кома, выбивку.[3]

1.6 Расчет формовочного отделения

Расчет количество линий:

$$C_{рас.} = N_{вып.} * 1000/(P_{час.} * C_{о} * P_{эф}), \quad (9)\ [3]$$

$$C_{рас.} = 529830 * 1000/(240 * 144,8 * 5542) = 1,83 \text{ шт.}$$

$$N_{вып.} = B * K_{бр.}, \quad (10)\ [3]$$

$$N_{вып.} = 504600 * 1,05 = 529830 \text{ форм.}$$

$$C_{о} = m * n, \quad (11)\ [3]$$

$$C_{о} = 144,8/1 = 144,8 \text{ кг.} = 0,145 \text{ т.},$$

где $N_{вып.}$ – программа выпуска форм за год;
B - производственная программа (см. табл.1);
$K_{бр.}$= 1,05 – коэффициент учитывающий брак;
$P_{час.}$ = 240 ф/ч. – часовая производительность формовочной линии;
$C_{о}$ – средняя металлоемкость отливки в форме;
M = 144,8 кг. – средняя масса отливки без литников;
n = 1 – среднее количество отливок в форме;
$P_{эф.}$ = 5542 ч. – эффективный фонд времени оборудования;
Принимаем количество автоматических формовочных линий 2 шт.

Расчёт коэффициента загрузки линии:

$$K_{загр.лин.} = C_{рас.}/C_{прин.}, \quad (12)\ [3]$$

$$K_{загр.лин.} = 1,83/2 = 0,92,$$

где $C_{рас.}$ – расчетное количество линий;
$C_{прин.}$ – принятое количество линий.

Программа запуска форм за год:

$$N_{вып.} = N_{вып.}/C, \quad (13)\ [3]$$

$$N_{вып.} = 529830/1,088 = 486976,1 \text{ форм,}$$

где $N_{вып.}$ – программа выпуска форм за год;

С – средняя металлоемкость отливки в форме.

Ритм поточной линии:

$$R = F_{эф.} * 60/N_{зап.}, \quad (14)\ [3]$$

$$R = 5542 * 60/486976,1 = 0,68 \text{ мин/форм},$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования;

$N_{зап.}$ – программа запуска форм за год.

Такт формовочной линии:

$$\tau = 1/R, \quad (15)\ [3]$$

$$\tau = 1/0,68 = 1,46 \text{ форм/мин.},$$

где R – ритм поточной линии.

Ведомость оборудования в формовочном отделении сведена в таблицу 6.

Таблица 6 - Ведомость оборудования в формовочном отделении

Наименование оборудования	Часовая производительность, форм/час	$С_{рас.}$	$С_{прин.}$	$К_{загр.}$	Стоимость единицы оборудования	Общая стоимость оборудования
АФЛ Л450А	240		2	0,92	33000000	66000000

Таблица 7 - Ведомость расходных материалов по формовочному отделению

Наименование материала	Норма расхода в кг на т	Общее количество расходуемого материала	Сумма, руб.	
			За 1 т.	На годовую программу
1	2	3 (гр.2 * В * 1,05/1000)	4	5 (гр.3 * гр.4)

Продолжение таблицы 7

Гвозди 2,5 х 50	3	157,57	16000	2521143,1
Краска техническая	1,2	63,03	3100	195393
Таль	0,5	26,26	1100	28888,10
Итого				2745419,76

Технологическая характеристика линии Л450А

Размеры опок в свету, мм ..... 1400 × 1000

Высота опок, мм …..... 300

Производительность цикловая, форм/ч 240

Средняя масса отливок, кг. 50

Число рабочих, обслуживающих линию в одну смену 6

Усилие прессования, кН 1250

Давление прессования, МПа (кг с/см^2):

на площадь опоки 1,5 (15)

на площадь колодок 1,97 (19,7)

Расход формовочной смеси, м^3/ч 200

Свойства формовочной смеси:

прочность на сжатие в сыром состоянии, МПа (кг с/см^2) 0,16-0,18 (1,6-1,8)

прочность на срез в сыром состоянии, МПа (кг с/см^2) 0,03-0,04 (0,3-0,4)
влажность, % 2,6-3,6
Число:
комплектов (верх + низ) опок на линию 175
Расход:
сжатого воздуха на одну форму, м^3 0,5
охлаждающей воды, м^3/ч 12
Установленная мощность, кВт 450
Шаг пульсирующего конвейера, мм ..... 1575[2]

Основным направлением повышения производительности труда и качества отливок, изготовляемых в разовых формах, является применение автоматических линий. Для окупаемости затрат на установку формовочных линий их необходимо интенсивно использовать, кроме того, они должны обладать необходимой технической и технологической надежностью и ремонтопригодностью.

В случае выхода линии из строя, формовку будем производить на плацу. На плацу формовка производиться пневмо – трамбовками.

1.7 Расчет стержневого отделения

В литейных цехах широкое применение находят стержневые автоматы. В данном проектируемом цехе используется пескострельный автомат Laempe служит для изготовления разовых литейных стержней в нагреваемой или ненагреваемой оснастке.

В случае производства стержней из ХТС методом газовой продувки, заполненный со стрежневой смесью ящик продувают подходящим газообразным отвердителем. Из-за быстрого нарастания прочности во время производственного цикла, стержни снимают сразу после размыкания модельной оснастки.

Пескострельный автомат разработан для работы с модельной оснастки из не более 6-ти частей (верхняя, нижняя, а также две боковые). Стабильный стальной корпус автомата, а также высокие усилия замыкания модельной оснастки гидравлическими цилиндрами гарантируют получение стержней высокого качества.

Технические данные пескострельного автомата L120

Объем пескострельной головки ..... 120 Л
Максимальный размер пескострельной плоскости ..... 1200 х 800
Стандартный размер пескострельной плоскости (диаметр) 970
Тактовое время (без продувки, выстрел, вентиляция) 32
Высота стержневого ящика ..... 635 - 1030
Ширина стержневого ящика с вертикального разъемом ..... 700 - 900
Ширина стержневого ящика с горизонтальным разъемом ..... 700 - 1790
Глубина стержневого ящика ..... 500 - 1300
Максимальный вес стержневого ящика 2700

Общие сведения:
Средний вес стержня – 7 кг.;
Среднее количество стержней в отливке - 2 шт.;
Габариты ящика 814 х 675 х 175 мм.;
Количество стержней в ящике – 1 шт.;
Способ изготовления – пескострельный;
Производительность -15 съемов/час;
Установочная мощность - 50 кВт.

Расчёт количества стержневых машин:

$$C_{рас.} = m_o/(F_{эф.} * P_{час.}), \quad (16)\ [3]$$

$$C_{рас.} = 105047,628/(5542 * 15) = 1,58 \text{ шт.}$$

$$m_o = K_{ст1}/L, \quad (17)\ [3]$$

$$m_o = 105047,628/1 = 105047,628 \text{ шт.}$$

$$K_{ст1} = K_{ст} * (1 + a/100) \text{ шт.}, \quad (18)\ [3]$$

$$K_{ст1} = 100045,36 * (1 + 5/100) = 105047,628 \text{ шт.}$$

$$K_{ст} = B * P_{ст.}, \quad (19)\ [3]$$

$$K_{ст} = 50022,68 * 2 = 100045,36 \text{ шт.}$$

$$P_{ст.} = 1000 * K_{ст2}/m, \quad (20)\ [3]$$

$$P_{ст.} = 1000 * 2/1088 = 2 \text{ шт.},$$

где m_o – число стержневых ящиков на годовую программу;
$K_{ст1}$ – количество стержней на годовую программу с учетом брака;
$K_{ст.}$ – количество стержней без учета брака;
B – производственная программа;
$P_{ст.}$ – количество стержней на 1 т. годных отливок;
m – средняя масса отливки;
$K_{ст2}$ – количество стержней на 1 отливку;
a = 5 % – брак стержней;
L= 1 – количество стержней в 1 ящике;
$F_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования;
$P_{час.}$ – часовая производительность.
Принимаем 2 стержневые линии – L – 120.

Расчет коэффициента загрузки стержневых машин:

$$K_{загр.маш.} = C_{рас.}/C_{прин.}, \quad (21)\ [3]$$

$$K_{загр.ст.маш.} = 1,57/2 = 0,79,$$

где $C_{рас.}$ – расчетное количество стержневой машины;
$C_{прин.}$ – принятое количество стержневых машин.

Расчет количества краскораспылительных установок:

$$C_{рас.} = N_{год.ст.}/(F_{эф} * P_{час.}), \quad (22)\ [3]$$

$$C_{рас.} = 735333,3/(5542 * 269) = 0,49.$$

$$N_{год.ст.} = K_{ст1} * b, \quad (23)\ [3]$$

$$N_{год.ст.} = 105047,628 * 7 = 735333,3 \text{ кг},$$

где $N_{год.ст.}$ – годовая программа стержней;
$K_{ст1}$ – количество стержней на годовую программу с учетом брака;

b – средний вес стержня;
$Р_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования за 1 год;
$Р_{час.}$ = 269 кг/ч. – часовая производительность.
Принимаем количество краскораспылительных установок равных 1 шт.

Расчет коэффициента загрузки краскораспылительных установок:

$$К_{загр.кр.уст.} = С_{рас}/С_{прин.}, \quad (24)\ [3]$$

$$К_{загр.кр.уст.} = 0,49/1 = 0,49,$$

где $С_{рас}$ – расчетное количество краскораспылительных установок;
$С_{прин.}$ – принятое количество краскораспылительных установок.

Расчет количества краскомешалок:

$$С_{рас.} = Q_{кр.} * 100/(Р_{эф.} * Р_{час.}), \quad (25)\ [3]$$

$$С_{рас.} = 2511/(5542 * 0,25) = 1,81 \text{ шт.}$$

$$Q_{кр.} = G/р\ м^3, \quad (26)\ [3]$$

$$Q = 3264/1,3 = 2511 м^3,$$

где $Q_{кр.}$ – объём краски;
G = 3264 кг. – масса краски;
р = 1,3 кг/$м^3$ – плотность краски;
$Р_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования за 1 год;
$Р_{час.}$ = 0,25 т/ч. – часовая производительность;
Принимаем количество краскомешалок 2 шт.

Расчет коэффициента загрузки краскомешалок:

$$К_{загр.кр.} = С_{рас.}/С_{прин.}, \quad (27)\ [3]$$

$$К_{загр.кр.} = 1,81/2 = 0,9,$$

где $С_{рас.}$ – расчетное количество краскомешалок;
$С_{прин.}$ – принятое количество краскомешалок.

Расчет количество весов:

$$С_{рас.} = N_{год.ст.}/(Р_{эф.} * М), \quad (28)\ [3]$$

$$С_{рас.} = 735333,3/(5542 * 200) = 0,66 \text{ шт.},$$

где $N_{год.ст.}$ – годовая программа стержней;
$F_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования за 1 год;
М = 0,2 т. – грузоподъёмность весов.
Принимаем количество весов равных 1 шт.

Расчет коэффициента загрузки весов:

$$К_{загр.вес.} = С_{рас.}/С_{прин.}, \quad (29)\ [3]$$

$$К_{загр.вес.} = 0,66/1 = 0,66,$$

где $С_{рас.}$ – расчетное количество весов;
$С_{прин.}$ – принятое количество весов.

Ведомость оборудования стержневого участка сведана в таблицу 8.

Таблица 8 - Ведомость оборудования стержневого отделения

Наименование оборудования	Модель	Часовая производ., т/ч	$С_{рас.}$	$С_{прин.}$	$К_{загр.}$	Стоимость единицы оборудования	Общая стоимость оборудования
Стержневой	Laempe	15 съемов	1,58	2	0,79	2500000	5000000

пескострельный автомат	L120	/час					
Краскомешалка		250 л/ч	1,81	2	0,9	30000	60000
Краско распылительная установка		20,9	0,49	1	0,49	15000	15000
Весы		0,2	0,66	1	0,66	4000	4000
Итого				6	0,71		5079000

Ведомость вспомогательных материалов по стержневому отделению приведена в таблице 9.

Таблица 9 - Ведомость вспомогательных материалов по стержневому отделению

Наименование материала	Норма расхода в кг. на т.	Общее кол-во расходуемого материала	Сумма в руб.	
			За 1 т.	На годовую программу
1	2	3 (гр2 * В * 1,05/1000)	4	5 (гр3 * гр4)
Краска техническая	35	1838,33	1700	3125166,93
Тальк молотый	0,15	7,88	1700	13393,57
Пылевидный кварц	0,8	42,02	1200	50422,86
Итого		1888,23		3188983,37

1.8 Состав стержневой смеси

Для изготовления стержней предлагается стержневая смесь на основе жидкого стекла (CO_2-процесс) с добавлением органических добавок, которые позволяют увеличить прочность смеси после отверждения, что позволяет снизить содержание связующего в смеси и тем самым сократить трудоемкость их выбивки. Так, предварительная обработка наполнителя водным раствором органического связующего Н-КМ и последующее дисперсное армирование ЖС органическими волокнами (ОВ) позволяет значительно повысить прочность смеси при содержании ЖС ≤ 2,0…3,0%. При плакировании (активации) песка раствором Н-КМ на поверхности зерна кварца образуется пленка, которая создает устойчивые химические связи с поверхностью кварца, а также блокирует глинистую составляющую.

Для дисперсно-упрочненной композиции (ЖС+ОВ, вводимое в смесь после плакирования) характерна такая микроструктура, когда в матрице связующего равномерно распределены мельчайшие частицы ОВ размером 0,01…0,1 мкм. в количестве 35…50% от массы связующего. Природа упрочняющего эффекта связана с тем, что в композиции использованы два материала с различной прочностью и модулем. В такой системе реализация наиболее высоких показателей достигалась при хорошем контакте (смачивании) на поверхности раздела. Так, для максимального упрочняющего эффекта более прочный компонент – ОВ – играл роль усиливающей, упрочняющей структуры. [17, 27]

Состав и свойства стержневой смеси приведены в таблицах 10 и 11.

Таблица 10 - Состав стержневой смеси

Ингредиент	Содержание, %, в смеси	
	Предлагаемая смесь(введение ЖС+ОВ (совместно))	Заводская смесь
Песок	95,0	100
ЖС	3,0	6,0…7,0
ОВ	5,0	-
30%-й раствор Н-КМ	5,0	-

Таблица 11 – Свойства стержневой смеси

Свойства	Предлагаемая смесь			Заводская смесь
	1	2	3	
$\sigma_{сж}$ влажная, МПа	0,18	0,12	0,15	0,1…0,15
Осыпаемость, %	0,12	0,09	0,06	0,5
$\sigma_р$ сухая, МПа	1,87	1,91	2,1	1,5…1,6
Газопроницаемость	284	265	253	200
Σ (после прокалки при 700°С в течении 2 мин.	0,07	0,09	0,11	0,15…0,2
Количество стержней, пораженных трещинами, %	нет	нет	3…5	25…35

Как видно из таблицы 11 остаточная прочность образцов после заливки металла в форму снизилась почти в 2,8 раза, в сравнении с заводской смесью, за счет снижения содержания ЖС в два раза. В предлагаемой смеси увеличивается до 1,2 раза прочность на сжатие во влажном состоянии, так как происходит армирование связующего, а затем и смеси ОВ. По этой же причине прочность стержня после продувки CO_2 также возрастает в 1,2 раза. Предлагаемая смесь имеет сниженную осыпаемость, так как наряду с общей прочностью усиливается и поверхностная прочность, причем осыпаемость снижается в 5-10 раз за счет образования поверхностного каркаса из волокон органики. Из таблицы видно, что эффект повышения физико-механических и технологических свойств непосредственно вытекает из того, что в предлагаемую смесь введено ЖС в сочетании с ОВ при указанном соотношении всех компонентов. При раздельном введении ЖС и ОВ отдельные свойства смеси хотя и повышаются, но незначительно.

Предлагаемая смесь может использоваться для стержней в условиях их ручного и механизированного изготовления и различной серийности производства. При использовании предлагаемой смеси снижается брак стержней по геометрии и трещинам, (положительное влияние оказывает армирование смеси волокнами органики) стержни имеют гладкую качественную поверхность (осыпаемость практически отсутствует), и все это при использовании отходов, каким является органическое волокно. [17, 27]

1.9 Расчет смесеприготовительного отделения

В технологическом процессе проектируемого цеха приняты сырые песчано – глинистые смеси (формовочные), применение которых обеспечивает наиболее высокую производительность и хорошую точность отпечатка.

Основные компоненты песчано – глинистых смесей: кварцевый песок, связующее бентонит или формовочная глина и добавки. Причем данный состав обеспечивает низкую стоимость смеси. В связи с тем, что все компоненты формовочных смесей, кроме оборотной смеси, в смесеприготовительное отделение подаются готовыми к употреблению, технологический процесс смесеприготовления начинается с подготовки оборотной смеси к использованию. [3]

Количество неуплотненной формовочной смеси на программу:

$$Q_{н.см.} = Q_{упл.} * K_{неуп.}, \quad (30)\ [3]$$

$$Q_{н.см.ф.с.} = 77550 * 0,831 = 434197,5\ т.;$$

$$Q_{н.см.ст.с.} = 27500 * 0,831 = 22852,2\ т.$$

$$Q_{упл.} = B * (1 + a/100) * m_{уд.}, \quad (31)\ [3]$$

$Q_{упл.ф.с.} = 50000 * (1 + 10/100) * 9,5 = 522500$ т. для формовочной смеси;

$Q_{упл.ст.с.} = 50000 * (1 + 10/100) * 0,5 = 27500$ т. для стержневой смеси,

где $Q_{упл.}$ – количество уплотненной смеси на программу;

B – годовая программа цеха;

$m_{уд} = 9,5$ т. – удельный расход формовочной смеси на 1 т. годных отливок;

$m_{уд} = 0,5$ т. – удельный расход стержневой смеси на 1 т. годных отливок;

a – 10 % – брак форм;

$K_{неуп.} = 0,831$ – коэффициент неуплотнения.

Расчет количества оборудования по смесеприготовительному отделению:

$$C_{рас.об.} = Q_{н.см.} * K_{пот.}/(F_{эф.} * P_{час.})\ шт. \quad (32)\ [3]$$

$$C_{рас.об.} = 434197,5 * 1,2/(5542 * 12) = 7,83\ шт.$$

$$C_{рас.об.} = 22852,2 * 1,2/(5542 * 6) = 0,82\ шт.$$

где $Q_{н.см.}$ – общее количество не уплотненной смеси на программу;

$K_{пот.}$ – коэффициент, учитывающий потери на просыпку смеси;

$P_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования;

$P_{час.}$ – часовая производительность оборудования.

Принимаем количество бегунов равное 8 шт. для формовочной смеси.

Принимаем количество бегунов ровное 1 шт. для стержневой смеси.

Расчет коэффициента загрузки бегунов:

$$K_{загр.бег.ф.с.} = C_{рас.}/C_{прин.}, \quad (33)\ [3]$$

$K_{загр.бег.ф.с.} = 7,83/8 = 0,87$ для формовочной смеси.

$K_{загр.бег.ст.с.} = 0,82/1 = 0,82$ для стержневой смеси,

где $C_{рас.}$ – расчетное количество бегунов;

$C_{прин.}$ – принятое количество бегунов.

Расчет количества оборудование для регенерации отработанной смеси:

$$C_{рас.об.} = Q_{н.см.} * K_{пот.}/(F_{эф.} * P_{час.})\ шт. \quad (34)\ [3]$$

$$K_{загр.обор.} = C_{рас.}/C_{прин.}, \quad (35)\ [3]$$

где $Q_{н.см.}$ – общее количество не уплотненной смеси на программу;

$К_{пот.}$ – коэффициент, учитывающий потери на просыпку смеси;
$Р_{эф.}$ – эффективный фонд времени оборудования;
$Р_{час.}$ – часовая производительность оборудования;
$С_{рас.}$ – расчетное количество оборудование;
$С_{прин.}$ – принятое количество беоборудование.

$$С_{рас.об.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 90) = 1,1 \text{ шт. мельниц для размалывания.}$$

$$К_{загр.мел.} = 1,1/2 = 0,55.$$

Принимаем количество мельниц ровное 2 шт.

$$С_{рас.об.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 65) = 1,52 \text{ шт. барабанные сушил.}$$

$$К_{загр.бар.} = 1,52/2=0,76.$$

Принимаем количество барабанных сушил 2 шт.

$$С_{рас.об.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 130) = 0,76 \text{ шт. количество аэраторов.}$$

$$К_{загр.аэр.} = 0,76/1 = 0,76.$$

Принимаем количество аэраторов 1 шт.

$$С_{рас.сит\ гр.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 100) = 0,99 \text{ шт. вибр. сит грубой очистки.}$$

$$К_{загр.сит\ гр.} = 0,99/2 = 0,5.$$

Принимаем количество сит 2 шт.

$$С_{рас.сит\ т.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 160) = 0,62 \text{ шт. вибр. сит тонкой очистки.}$$

$$К_{загр.сит\ т.} = 0,62/1= 0,62.$$

Принимаем количество сит 1 шт.

$$С_{рас.уст.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 70) = 1,41 \text{ шт. установок охлаждения.}$$

$$К_{загр.уст} = 1,41/2 = 0,7.$$

Принимаем количество установок 2 шт.

$$С_{рас.эл.сип.} = 457049,7 * 1,2/(5542 * 60) = 1,65 \text{ шт. электромагнитных сепараторов.}$$

$$К_{загр.эл.сип.} = 1,65/2 = 0,83.$$

Принимаем количество сепараторов 2 шт.

Ведомость оборудования для смесеприготовительного отделения сведена в таблицу 12.

Ведомость вспомогательных материалов по смесеприготовительному отделению сведена в таблицу 13.

Таблица 12 - Ведомость оборудования для смесеприготовительного отделения

Наименование оборудования	Модель	Часовая производ., т/ч	$С_{рас.}$	$С_{прин.}$	$К_{загр.}$	Стоимость единицы оборудования	Общая стоимость оборудования
Бегуны для формовочной смеси	19641	12	7,83	8	0,87	880000	7040000
Бегуны для стержневой смеси	15104	6	0,82	1	0,82	600000	600000
Мельница для размельчения	МШР	90	1,1	2	0,55	500000	1000000

отработанной смеси							
Барабанное сушило	ПБ-1	65	1,52	2	0,76	550000	1100000
Аэратор	16114	130	0,76	1	0,76	400000	400000
Сито грубой очистки	13323	100	0,99	2	0,50	250000	500000
Сито тонкой очистки	13515Б	160	0,62	1	0,62	250000	250000
Установка охлаждения отработанной смеси	11312	70	1,41	2	0,71	1200000	2400000
Электромагнитный сепаратор	ЭБМ-3	60	1,65	2	0,83	10000	20000
Итого				21	0,71		13310000

Таблица 13 - Ведомость вспомогательных материалов по смесеприготовительному отделению

Наименование материала	Норма расхода в кг. на т.	Общее количество расходуемого материала	Сумма в руб.	
			За 1 т.	На годовую программу
1	2	3 (гр.2 * В * 1,05/1000)	4	5 (гр.3 * гр.4)
Бентонит	45	2363,57	450	1063607,23
Песок формовочный (ГОСТ 2138-91) 1КОО2, 1КОО3	800	42019,05	660	27732573,8
Глина формовочная (ГОСТ 28177-89) П1Т2А, П2Т2А	35	1838,33	2730	5018650,43
ЛСТ	8,6	451,70	1800	813068,64
Крепитель УСК-1	4,6	241,61	5300	1280533
Сода кальцинированная	0,03	1,58	3200	5042,3
Мазут топочный	1,1	57,78	10000	577762
Уголь молотый	15	787,86	400	315142,88
Итого		47761,48		36806377,8

1.9.1 Формовочная смесь

Качество поверхности отливки на ~80% зависит от стабильности ~20% от проверяемых параметров формовочной смеси, не считая показателей исходных материалов.

Стабильность параметров формовочной смеси в первую очередь зависит от следующего:

- количества и стабильности показателей оборотной смеси, в том числе, остаточной влажности и температуры;
- температуры заливаемого металла и металлоемкости формы;

- степени освежения, в том числе, и за счет стержней;

- потерь формовочной смеси;

- правильного выбора параметров формовочной смеси и исходных материалов;

- умения управлять стабильностью параметров формовочной смеси, учитывая отклонения показателей оборотной смеси и исходных материалов.

Температура заливаемого металла и металлоемкость формы в разной степени влияют на содержание в оборотной смеси бентонита, потерявшего свою связующую способность.

Признаки последнего:

- изменение цвета формовочной смеси на отливках после выбивки их из формы;

- увеличение или уменьшение потерь формовочной смеси;

- изменение в формовочной смеси количества «гроздьев» и не покрытых зерен песка;

- изменение плотности упаковки зерен песка в пробе Орлова.

При этих отклонениях нужно корректировать подачу бентонита. При расчете освежения формовочной смеси необходимо учитывать и песок от стержней, для чего дозаторы должны иметь регулируемую производительность. Суммарное освежение не должно превышать 3…4%, так как его увеличение приводит к появлению зерен, не покрытых глинистой оболочкой.

Для поддержания нужных показателей прочности необходимо увеличить количество связующего выше оптимального, что в свою очередь, приведет к увеличению потерь формовочной смеси и как следствие – увеличению количества свежего песка.[18, 22]

1.9.1.1 Технология смесеприготовления

Для технологического процесса приготовления смесей высокой прочности необходимо дополнительное выравнивание в узких пределах - гомогенизация отработанной смеси. Просеянная и прошедшая магнитную сепарацию, но еще горячая отработанная смесь попадает в гомогенизатор, куда добавляется вода, количество которой регулируется в зависимости от температуры и влажности поступающей смеси. В гомогенизаторе смесь смешивается и ее параметры выравниваются. Увлажненная в гомогенизаторе смесь поступает в охладитель и распределяется равномерными слоями по рабочему потоку конвейера. В рабочем полотне предусмотрены отверстия. Под полотном находится камера высокого давления, в которую нагнетается воздух, проходящий затем через слой горячей и влажной смеси и охлаждающий ее благодаря интенсивному испарению излишней влажности. На выходе смесь имеет оптимальную влажность – 2% и температуру 30 – 40 ºС.[18, 22]

1.9.1.2 Приготовление формовочных смесей

Для изготовления форм предлагается единая песчано-бентонитовая смесь с использованием добавки реагента бурового экструзионного (РБЭ) по ТУ

15.6.30303651 №003. РБЭ – продукт переработки специальных сортов кукурузы, аналог ранее изготавливаемого в СССР крахмалосодержащего реагента (ЭКР), отвечает санитарно-гигиеническим и экологическим нормам. Добавка РБЭ в формовочную смесь (ФС) обеспечивает значительное улучшение технологических показателей смеси, и как следствие, повышение качества отливок и снижение их себестоимости.

Эффективность РБЭ в сочетании с активированным бентонитом объясняется его способностью к поглощению (иммобилизации) влаги смеси, образованию на поверхности зерен песка железообразных пленок, снижающих внутреннее трение при уплотнении смеси.

Лабораторные испытания и работа литейных цехов подтвердили эффективность использования РБЭ по следующим основным параметрам:

- Текучесть (по Орлову) и формуемость смеси повышается на 15…20% по сравнению с исходной смесью;
- Прочность при сжатии повышается на 10…15% и может достигать 0,11…0,13 Мпа;
- Стабилизируется влажность;
- Увеличивается прочность в зоне конденсации влаги;
- Резко снижается «комкуемость», смесь становится более «пушистой», рассыпчатой.

Улучшение качественных показателей смеси позволило повысить размерную точность отливок, резко сократить дефекты поверхности в виде ужимин, земляных зазоров, раковин. [21]

Состав и свойства единой формовочной смеси приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Состав и свойства единой формовочной смеси

Ингредиент	Дозировка		
	%	кг.	$м^3$
Отработанная смесь	92	720	-
Песок	6,2	50	-
Бентонит	0,8	6,4	24
РБЭ	0,03…0,1	0,24…0,7	0,5…1,0
Вода	3,0	24	24
Влажность ФС по указанной рецептуре – 3,0…4,0%, $\sigma_{сж}$ – 0,07…0,09 МПа.			

1.9.1.3 Режим приготовление смеси

Режим приготовления смеси состоит из следующих операций:

1. Смеси приготавливают в смесителях. Основной частью перемешивающего устройства смесителя являются бункеры. Представляющих собой три разных исполнения, каждое из которых выполняет свою собственную функцию. Вся система крепится на крестовине, которая связана с приводной частью смесителя.
2. Подача всех компонентов осуществляется вибропитателями, а подача бентонита – системой закачки через трубопроводы из весового дозатора. Все

добавки поступают в весовой бункер смесителя, которые контролируются большими весами.

3. Все управление осуществляется с панелей, находящихся с задней стороны смесителя. Работа смесителя в автоматическом режиме подразделяется на циклы, которые определяют время и последовательность производимых операций. Время, устанавливаемое на каждый цикл, зависит от вида применяемой смеси.

Цикл смешивания,сек:

подача воды для промывки 1-3
промывка смесителя 5-10
загрузка оборотной смеси с весового дозатора 7-10
загрузка отвердителя 10
загрузка песка или регенерированной смеси 10
смешивание и увлажнение 30-90
разгрузка смесителя 10
Общая длительность перемешивания ..... 3 мин. 38 сек.

1.10 Расчет термообрубного отделения

Участок предназначен для обработки и очистки среднего литья. Все отливки после выбивки и охлаждения подаются с помощью конвейера, в термообрубное отделение, где затем удаляют литниковую систему. Затем очищают, проводят термообработку, красят и грунтуют. [24, 26, 35]

Расчет количества оборудования по термообрубному отделению определяется по формуле:

$$C_{рас.об.} = B * K_{бр.}/(F_{эф.} * P_{час.}) \text{ шт.} \quad (36)\ [26]$$

$$K_{загр.\ об.} = C_{рас.}/C_{прин.}, \quad (37)\ [26]$$

где B = 50000 т. – годовая программа цеха;

$K_{бр.}$= 1,05 – коэффициент, учитывающий брак;

$P_{эф.}$ = 5542 ч. – эффективный фонд времени оборудования;

$P_{час.}$ – 8 ч. часовая производительность оборудования;

$C_{рас.}$ – расчетное количество оборудование;

$C_{прин.}$ – принятое количество беоборудование.

$C_{рас.др.бар.}$ = 50000 * 1,05/(5542 * 8) = 1,18 шт. дробометных барабанов.

$K_{загр.др.бар.}$ = 1,18/2 = 0,6.

Принимаем количество дробемётных барабанов 2 шт.

$C_{рас.\ др.кам.}$ = 50000 * 1,05/(5542 * 7) = 1,35 шт. дробемет. камер первичной очистки.

$K_{загр.др.кам.}$ = 1,35/3 = 0,45.

Принимаем количество дробеметных камер 3 шт.

$C_{рас.\ др.кам.}$ = 50000 * 1,05/(5542 * 7) = 1,35 шт. дробемет. камер вторичной очистки.

$K_{загр.др.кам.}$ = 1,35/2 = 0,68.

Принимаем количество дробеметных камер 2 шт.

$C_{рас.шл.ст.}$ = 50000 * 1,05/(5542 * 2,7) = 4,74 шт. шлифовальных станков.

$K_{загр.шл.ст.}$ = 4,74/5 = 0,94.

Принимаем количество шлифовальных станков 5 шт.

$C_{рас.тер.}$ = 50000 * 1,05/(5542 * 5) = 1,89 шт. термических печей.

$K_{загр.тер.}$ = 1,89/4 = 0,47.

Принимаем количество термических печей 4 шт. (с учетом резерва)

$C_{рас.\ рез.}$ = 50000 * 1,05/(5542 * 1,5) = 6,31 шт. резаков для резки литников.

$K_{загр.рез.}$ = 6,3/7 = 0,9.

Принимаем количество резаков для резки литников и прибылей 7 шт.

Ведомость оборудования для термообрубного отделения сведена в таблицу 15.

Таблица 15 - Ведомость оборудования для термообрубного отделения

Наименование оборудования	Модель	Часовая производ., т/ч	$C_{рас.}$	$C_{прин.}$	$K_{загр.}$	Стоимость единицы оборудования	Стоимость оборудования
Дробемётный барабан	314	8	1,18	2	0,60	500000	1000000
Дробеметная камера	372С	7	1,18	2	0,68	500000	1000000
Дробеметная камера	374С	7	1,35	3	0,45	550000	1650000
Шлифовальный станок	ИП-2013	2,7	4,74	5	0,94	200000	1000000
Термическая печь		9	1,89	4	0,47	600000	1200000
Резак для резки литников и прибылей		1,5	6,31	7	0,90	15000	105000
Итого				23	0,67		5955000

Ведомость вспомогательных материалов по термообрубному отделению сведена в таблицу 16.

Таблица 16 - Ведомость вспомогательных материалов по термообрубному отделению

Наименование материала	Норма расхода в кг. на т.	Общее количество расходуемого материала	Сумма в руб.	
			За 1 т.	Всего
1	2	3 (гр.2 * В * 1,05/1000)	4	5
Дробь стальная техническая ЛП-2 (ГОСТ 11964-81) ДСЛ №2,2-2,8	19,5	1024,21	20200	20689042
Круги наждачные	2,3	120,80	75000	9060000
Электроды	17	892,90	25000	22322500
Кислород	3	157,57	30	4727,1
Карбид кальция	2,5	131,31	7300	958563
Бензин	5	262,62	9100	2389842
Флюсы	34	1785,81	5500	9821955

Продолжение таблицы 16

Краски	10	525,24	4500	2363580

Звездочки	2	105,05	7500	787875
Итого		5005,52		68398084

1.11 Подъемно-транспортное оборудование

Литейное производство характеризуется многократными перемещениям больших количеств различных грузов. В зависимости о зоны действия транспортные средства подразделяются на межцеховые и внутрицеховые.

Межцеховые перевозки грузов выполняются автотранспортом, а также электротележками, авто- и электропогрузчиками с применением стандартной и специализированной тары, позволяющих свести к минимуму число загрузочных операций.

Для внутрицеховых грузопотоков используют следующие транспортные средства: мостовые краны, электрические кран-балки, подвесные толкающие конвейеры, ленточные конвейеры, количество которых регламентируется технологическими и производственными нуждами с учетом запаса прочности и работоспособности.

Стоимость технического и подъемно – транспортного оборудования внесена в таблицу 17.

Таблица 17 - Ведомость стоимости технического и подъемно – транспортного оборудования

Наименование	Кол-во шт.	Общая стоимость	Монтаж	Общая стоимость с монтажом
1	2	3	4	5 (гр.3+гр.4)
I Технологическое оборудование				
1.Плавильное отделение монтажно-плавильное оборудование; монтаж-15%	15	14505000	2175750	16680750
2. Формовочное отделение монтажное оборудование; монтаж-10%	2	66000000	6600000	72600000
3. Стержневое отделение; монтаж-5%	7	5079000	253950	5332950
4. Смесеприготот. отделение; монтаж-5%	25	14190000	709500	14899500
5. Термообрубное отделение; монтаж-10%	18	7155000	715500	7870500
Итого	91	97699000	9493200	189983700
II Подъемно-транспортное обор. по всем отделениям (стоимость брать 70% от стоимости технического обор.)				
1. Плавильное отделение; монтаж- 5%		8753500	437675	9191175
2. Формовочное отделение; монтаж- 60%		42000000	25200000	67200000
3. Стержневое отделение; монтаж- 5%		3198300	159915	3358215
4.Смесеприготот. отделение; монтаж- 80%		9429000	7543200	16972200
5.Термообрубное отделение; монтаж-80%		5008500	4006800	9015300
Итого		68389300	37347590	105736890

1	2	3	4	5
III Инструменты и техническая оснастка и производственный инвентарь (Rсп * 1600 на 1 т. годного литья)				
1. Плавильное отделение				54000
2. Формовочное отделение				111000
3. Стержневое отделение				196500
4. Смесеприготот. отделение				7050
5. Термообрубное отделение				306000
Итого				738000
IV Производственно-хозяйственный инвентарь				
1. Плавильное отделение, 40% от III.1				21600
2. Формовочное отделение, 8% от III.2				8880
3. Стержневое отделение, 16% от III.3				31440
4. Смесеприготот. отделение, 3% от III.4				2115
5. Термообрубное отделение, 50% от III.5				153000
Итого				217035
Итого по цеху				296675625

Продолжение таблицы 17

1.12 Склад шихтовых материалов

Литейный цех потребляет большое количество разнообразных материалов для изготовления песчаных форм и получения жидкого металла. Для производства 1 тонны отливок необходимо принять и переработать до 3,5 тонн различных материалов. Все формовочные и шихтовые материалы поступают на склады, где находятся минимальные, но достаточные для нормальной работы цеха запасы. Здесь осуществляются приемки, складирование и подготовка шихтовых материалов, формовочных, огнеупорных изделий, флюсов и т.д.

Материалы на склады поставляются железнодорожным и автомобильным транспортом. В связи с этим предусмотрена разгрузка песка. Глины и других сыпучих материалов из железнодорожных вагонов в бункеры самосыпом. Металлические магнитные материалы разгружаются мостовым краном с магнитной шайбой.

2. Проектный раздел

2.1 Характеристика литой детали

Наименование отливки - 11.01-12-74 «Корпус»
Вес отливки - 43 кг.
Количество на годовую программу – 33640 шт.
Габаритные размеры - Ø 417×100 мм.
Марка сплава - СЧ 20 ГОСТ 1412-85

Химический состав СЧ 20 приведен в таблице 18.

Таблица 18 - Химический состав и требования к материалам

Марка чугуна	Обозначение документа	Массовая доля элементов, %					
		C	Mn	Si	P	S	Cr
					не более		
СЧ-20	ГОСТ 1412-85	3,3-3,5	0,7-1,0	1,4-2,4	0,2	0,15	-

Литейная усадка -1%

2.2 Выбор способа производства отливки

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результат предварительного анализа заказа и технологичности детали. При этом, как правило, определяющим фактором является серийность производства, реже - технические требования, предъявляющие к изделию, что влияет на стоимость формы и модельной оснастки. В нашем случае серийность производства является массовым и составляет 33640 отливок в год.

При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют специальные способы литья, а также литье в сырые песчаные формы, изготовляемые на формовочных машинах или автоматических линиях. Наиболее экономичен способ изготовления отливок в сырых формах, т.к. в этом случае не требуется площадь для установки сушильных агрегатов и складирования форм перед сушкой, дополнительного расхода топлива. При изготовлении форм этим способом по сравнению с формовкой по - сухому значительно сокращается цикл изготовления отливки и снижается ее себестоимость, поэтому нужно отдавать предпочтение формовке по-сырому. Изготовление отливок в сырых формах целесообразно в следующих случаях:

- в целях крупносерийного производства, когда заливка форм осуществляется на конвейере;
- когда давление металла на стенке форм при заливке не превышает 25 КПа отливки массой до 150 кг., высотой до 600 мм.;
- при необходимости быстрой сборки форм, вызываемой производственными условиями.

Исходя из этого выбираем способ изготовления отливок в песчаные сырые формы на автоматической формовочной линии Л450А.

2.3 Выбор положения отливки в форме в период заливки и затвердевания

При определении положения отливки в форме нужно руководствоваться несколькими правилами.

1. Наиболее ответственные рабочие части, плоские поверхности большей протяженности, места, подлежащие механической обработке, нужно, по возможности располагать внизу; в крайнем случае - вертикально или наклонно. При вынужденном расположении обрабатываемых поверхностей вверху нужно обеспечить такие условия, при которых песчаные и газовые раковины могли бы образовываться только в удаляемых при обработке частях отливки.

2. Для отливок, имеющих внутренние полости, образуемые стержнями, выбранные положения должны обеспечить возможность проверки размеров полости формы при сборке, а также надежное крепление стержней.

3. Для предупреждения недоливов тонкие стенки отливки следует располагать в нижней части формы, желательно вертикально или наклонно, причем путь прохождения металла от литниковой системы до тонких стенок должен быть кратчайшим.

4. Отливки из сплавов с большой усадкой располагать в положении, удобным для питания их металла верхних или боковых отводных прибылей.

Важным является определения оптимального числа отливок в форме. При массовом изготовлении песчаных форм на машинах, а также при использовании специальных способов литья необходимо стремиться к максимальной металлоемкости формы. Отсюда делаем вывод, что в опоке с размерами в свету 1400 × 1000 мм следует разместить 2 отливки.

2.4 Определение поверхности разъема модели и формы

Выбор поверхности разъема формы подчинен выбору положения формы при заливке. При определении поверхности разъема формы необходимо руководствоваться следующими положениями:

- форма и модель, по возможности, должны иметь поверхность разъема, желательно плоскую горизонтальную, удобную для изготовления и сборки формы;
- модель должна свободно извлекаться из формы;
- всю отливку, если позволяет ее конструкция, нужно располагать в одной (преимущественно в нижней) полуформе в целях исключения перекосов;
- при формовке в парных опоках следует стремиться к тому, чтобы общая высота формы была минимальной.[1]

Исходя из этих положений выбираем поверхность разъема модели и формы горизонтальную как показано на чертеже.

2.5 Определение размеров опоки

При выборе размеров опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличение затрат труда на уплотнение формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси, а использование очень

маленьких опок может вызвать брак отливок вследствие продавливания металлом низа формы, ухода металла по разъему и т.д.

Для нашего случая, минимально допустимая толщина слоя, мм;

от верха модели до верха опоки 110
от низа модели до низа опоки 90
от модели до стенки опоки 140
между моделями 140
между моделью и шлакоуловителем 90

Окончательно размеры опок уточняем по ГОСТ 2133-75 при этом расчетные значения увеличиваем до ближайшего регламентированного размера. Тогда окончательные размеры опок в свету равны 1400 × 1000 мм., а высота верхней и нижней опок соответственно равна 400 мм. и 400 мм. Этот же ГОСТ 2133-75 устанавливает расстояние между осями центрирующих отверстий и средние размеры опок из различных материалов.[1]

2.6 Расчет литниковой системы

Литниковой системой называют совокупность элементов литейной формы в виде каналов и полостей, предназначенных для подвода расплава в форму, ее заполнения и питания отливки при затвердевании. Литниковая система состоит из следующих основных элементов:

- литниковой чаши, предназначенной для приема расплавленного металла (расплава) и подачи его в полость формы;
- стояка – вертикального или наклонного канала, служащего для расплава в другие элементы (кроме чаши) литниковой системы или непосредственно в рабочую полость формы;
- шлакоуловителя, предназначенного для задержания неметаллических включений (шлак, песчаные частицы и др.) расплава, поступающего затем в питатели; шлакоуловителем при литье цветных сплавов служит коллектор;
- питателя – канала, обеспечивающего подвод расплава в полость литейной формы;
- выпора – вертикального канала, служащего для вывода газов из формы, контроля заполнения рабочей полости расплавом и питания отливок при затвердевании;
- прибыли – полость в форме, которая заполняется расплавом для питания массивных частей отливки при затвердевании.

Линия разъема выбирается плоская горизонтальная, так как она обеспечивает свободное извлечение модели из формы, свободную простановку стержня, связана с минимальными экономическими затратами на изготовление модельного комплекта.

Конструкция модели такова, что расположить ее в двух полуформах меньше затрат на изготовление оснастки.

Масса отливки M_o = 45 кг. Площадь минимального сечения литниковой системы в этом случае определяется в расчете на 1 отливку по формуле:

$$F_{мин.} = \frac{3{,}23 * G\ \sqrt{1} + \Sigma_{ri}}{\tau \sqrt{H_{ср.}}}\ ,$$ (38) [25]

где G – масса одной отливки с частью относящихся к ней прибылей, расположенная ниже верхнего уровня полости формы, кг.;

τ – продолжительность заполнения литейной формы, с.;

$H_{ср.}$ – средний напор за период заливки, см;

∑ri – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

$$\sum ri = r_1 + r_2 n_2 + r_3 n_3 + \lambda \sum l/d,$$ (39) [25]

где $r_1 = 0{,}5$ – потери напора при переходе из литниковой чаши в стояк;

$r_2 = 1{,}1$ – то же при повороте канала на 90°;

$r_3 = 0{,}15$ – потери напора при изменении сечения канала;

$n_2 = 3$ – число поворотов канала;

$n_3 = 6$ – число изменений сечений канала;

$\lambda = 0{,}04$ – коэффициент потерь на трение;

l/d – отношение длины данного элемента литниковой системы к гидравлическому диаметру канала.

Зададимся соотношением площадей сечения элементов литниковой системы:

$f_{ст} : \sum f_{шл.} : \sum f_{пит.} = 1{,}0 : 1{,}1 : 1{,}2$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений составляет:

$\sqrt{1} + \sum ri = \sqrt{1} + 0{,}5 + 1{,}1 * 3 + 0{,}15 * 6 = 2{,}39.$

Значением потерь на трение пренебрегаем, так как оно сравнительно мало.

Находим $H_{ср}$ по формуле, приняв P = 100 мм., H_0 = 400 мм:

$$H_{ср.} = H_0 - P^2/(2 * C),$$ (40) [25]

$$H_{ср.} = 400 - 100^2/(2 * 100) = 350 \text{ мм.}$$

Далее находим:

$$\tau = S\ \sqrt[3]{\delta} * G,$$ (41) [25]

где S – коэффициент (для чугунного литья S = 1,7);

δ – толщина стенки отливки, мм;

G = 45 кг.

Примем S = 1,7; δ = 20 мм.

Тогда $\tau = 1{,}7 * \sqrt[3]{20} * 45 = 16{,}4$ с.

Тогда $F_{мин.} = \frac{3{,}23\ *\ 45\ *\ 2{,}39}{16{,}4\ \sqrt{35}} = 3{,}6\ см^3$.

Определение размеров питателя.

С учетом принятого соотношение площадей сечений элементов литниковой системы и поскольку площадь сечения является минимальной, получим в расчете на один питатель:

$$F_{пит.} = 1{,}2 * F_{мин.} = 1{,}2 * 3{,}6 = 4{,}3 \text{ см}^2.$$ (42) [25]

Средняя линия трапеции сечения питателя :

$$в_{пит.} = 1{,}2 * \sqrt{F_{пит.}} = 2{,}5 \text{ см.} = 25 \text{ мм.}$$ (43) [25]

Рассчитаем высоту питателя:

$$h_{пит.} = F_{пит.} / в_{пит.} = 17 \text{ мм.} \quad (44)\ [25]$$

Рассчитаем ширину питателя внизу и наверху:

$в_{пит.н.} = в_{пит} – 5 = 25 – 5 = 20$ мм.

$в_{пит.в.} = в_{пит} + 5 = 30$ мм.

Определение размеров шлакоуловителя.

Найдем площадь сечения шлакоуловителя с учетом принятого соотношения площадей сечения элементов литниковой системы:

$$F_{шл.} = 1,1 * 3 * F_{мин.} \quad (45)\ [25]$$

$$F_{шл.} = 1,1 * 4 * 3,6 = 15,8 \text{ см}^2.$$

Средняя линия трапеции сечения шлаковика:

$$в_{шл.} = 0,86 * \sqrt{F_{шл.}} = 3,4 \text{ см.} = 34 \text{ мм.} \quad (46)\ [25]$$

Рассчитаем высоту шлаковика:

$$H_{шл.} = F_{шл.} / в_{шл.} = 4,6 \text{ см.} = 46 \text{мм.} \quad (47)\ [25]$$

$$в_{шл.н.} = в_{шл.} – 3 = 34 – 3 = 31 \text{ мм.}$$

$$в_{шл.в.} = в_{шл.} + 3 = 34 + 3 = 37 \text{ мм.}$$

Определение диаметра стояка.

Найдем площадь сечения стояка с учетом принятого соотношения площадей сечения элементов литниковой системы:

$$F_{ст.} = 2 * F_{мин.} = 2 * 3,6 = 7,2 \text{ см}^2 \quad (48)\ [25]$$

Отсюда диаметр стояка:

$$d_{ст.} = 1,13 \sqrt{F_{ст.}} = 1,13 \sqrt{7,2} = 3,03 \text{ см.} = 30,3 \text{ мм.} \quad (49)\ [25]$$

На формовочной линии устанавливается стандартный стояк Ø 45 мм.

Определение размеров литниковой воронки.

$$d_{ст.в.} = h_{в.} = 3 * d_{ст.} \quad (50)\ [25]$$

$$d_{ст.в.} = 3 * 50 = 150 \text{ мм.}$$

Высота металлоприемника:

$$h_{м.пр.} = 1,2 * d_{ст.} = 1,2 * 50 = 60 \text{ мм.} \quad (51)\ [25]$$

Радиус зумфа:

$$r = 0,62 * d_{ст.} = 0,62 * 50 = 31 \text{ мм.} \quad (52)\ [25]$$

Определим размеры прибыли.

Размеры прибыли определяются конструктивно на основании результатов практики.

2.7 Технология сборки и заливки форм

Сборка формы является одной из важнейших операций в процессе получения качественной отливки.

Последовательность операций осуществляемых при сборке формы:

- простановки стержней в нижней полу форме;
- обдув нижней полу формы от пыли и грязи;
- просверливание выпоров в верхней полу форме;
- обдув верхней полу формы от пыли и грязи;

- сборка форм

Сборка формы осуществляется по направляющему и центрирующему штырям, которые препятствуют сдвигу полу форм относительно друг друга.

На формовочной линии сборка осуществляется автоматически при помощи специальных механизмов, а на плацу форма собирается при помощи мостового крана.

Заливка литейных форм является одной из наиболее ответственных операций технологического процесса производства отливок. На заливочном участке литейного цеха сходятся два технологических потока; один из них связан с подготовкой расплава, другой - с изготовлением и сборкой литейной формы. Неправильное осуществление операции заливки может привести к браку отливки и перечеркнуть тем самым труд, затраченный как на подготовку металла, так на изготовление и сборку литейной формы.

Говоря о влиянии заливки на качество полученных отливок, следует иметь в виду, что качество отливки зависит, прежде всего, от температуры заливаемого расплава. Так, недостаточно нагретый расплав из-за сниженной жидкотекучести плохо заполняет полость формы, при этом в отливке образуются недоливы. [12]

Получение качественных отливок зависит также от скорости заливки. Большая скорость заливки может быть причиной разлива литейной формы. Кроме того, поступающий в форму с большой скоростью расплав может сдвинуть установленные в ней стержни и разрушить стенки формы, что приводит к исключению конфигурации отливки и увеличению ее массы. Основным способом подачи расплава является механизированный на специальной приводной тележке по монорельсу или краном. Ковш для подачи и заливки расплава изготавливают из листовой стали. Внутреннюю поверхность стального кожуха выкладываются огнеупорным материалом (футеровкой), которая должна быть прокалена при температуре 300-700°С.

2.8 Выбивка, обрубка и очистка отливок

С процесса выбивки начинается один из самых трудных этапов технологического процесса литья - этап финишной обработки отливок.

На этот этап, включающий выбивку, очистку, обрубку и зачистку, приходится в некоторых литейных цехах до 40-45% общей трудоемкости изготовления отливок.

Выбивку относят к числу не только наиболее трудоемких, но и тяжелых операций в связи с тем, что при выбивке форму разрушают, при этом выделяется большое количество теплоты, газов и пыли. Механизация и автоматизация этой операции является одной из важных проблем литейного производства. В механизированных цехах выбивку производят на специальных пневматических или механических выбивных решетках, оснащенных мощной вытяжной вентиляцией. В автоматизированных литейных цехах выбивку осуществляют на автоматических выбивных (решетках) установках. Однако основным средством механизации выбивки являются электромеханические эксцентриковые и

инерционные выбивные решетки. Процесс выбивки отливок из форм на этих решетках осуществляется в результате соударений между опокой и решеткой.

Обрубку элементов литниковых систем и прибылей у мелких отливок производят вручную или в галтовочных барабанах. Однако в процессе галтовки может происходить забой и закатывание острых кромок и острых ребер отливок и даже нарушение геометрии. Поэтому тонкостенные отливки, а также отливки с повышенными требованиями к геометрии обрабатывать в галтовочных барабанах не рекомендуется.[4]

Для отделения оставшихся элементов литниковых систем применяют и другое оборудование. Так широко распространена механическая обрезка, например, на станках, оснащенных ножовочным полотном или бесконечной лентой. Они применяются для отрезки прибылей части небольших слитков и болванок. Станки с дисковым инструментом применяют для обрезки прибылей мелких и средних отливок из стали и чугуна. Производят отрезку литниковых систем и абразивными кругами как с помощью ручного механизированного инструмента, так и на специальных отрезных станках.

Для очистки отливок наиболее широко применяют дробеметный способ как наиболее эффективный и универсальный. Сущность дробеметной очистки состоит в том, что металлическая дробь разгоняется в дробеметном аппарате до скорости 40-100 м/с и направляется на очищаемую поверхность. Летящая дробилка, сталкиваясь с отливкой. Оказывает скалывающее и частично абразивное действие на поверхностный слой отливки, покрытый корочкой пригара и окалины.

2.9 Контроль качества отливок

Подетальный технологический контроль осуществляется, как правило, методами НК (ультразвуковой, рентгеновский, магнитный и т.д.) и проводится в специальных лабораториях. Виды и методы контроля устанавливаются конкретно для каждой отливки в зависимости от требований, предъявляемых к ней, и ее особенностей (марка сплава, группа сложности, класс точности и т.п.). Результаты контроля заносятся в журнал регистрации и сопроводительные документы. На отливке ставится клеймо контролера, а дефектные места отмечаются мелом или краской. Место расположения дефекта и его размеры отмечаются также в технологической карте контроля на данную отливку.

Параллельно с дефектоскопией на специальных образцах проводят механические испытания, контроль микро- и макроструктуры, химического состава в целях оценки качества металла. Результаты этих испытаний оформляются протоколами в соответствии со стандартами предприятия.

Окончательный контроль осуществляется после прохождения всех контрольных операций. Все отливки, поступающие на окончательный контроль, сопровождаются необходимой документацией. В процессе окончательного контроля необходимо проверить наличие на отливке клейм о предыдущих

контрольных операциях, провести анализ на соответствующих результатов контроля допустимым нормам.

Крупные и средние отливки, прошедшие все этапы контроля и признанные годными, клеймятся клеймом окончательного контроля, а бракованные – клеймом «БРАК». Как правило, место клеймения указывается на чертежах и инструкциях, причем в дальнейшем оно не должно подвергаться обработке резанием и окраске.

Мелкие отливки в массовом производстве не подвергаются клеймению. Их укладывают в тару, отдельную для каждой плавки, и подтверждают годность клеймом, проставленным контролером в сопроводительном сертификате или на ярлыке, навешиваемом на тару.

Забракованные за смену или сутки отливки выкладываются на специальную площадку для разбраковки. Ежедневно технические руководители цеха и контрольной службы проводят анализ забракованной продукции в целях установления причин и вида брака, назначения конкретных мероприятий, направленных на его оперативное устранение. Забракованные отливки помещают в изолятор брака, где они должны храниться до тех пор, пока не будут оформлены документы бухгалтерского и оперативно-технического учета.

Для повышения качества отливок и совершенствования производственных процессов в цехе создается постоянно действующая комиссия по качеству продукции, которая не реже одного раза в месяц анализирует все случаи брака и причины повышенной дефектности определенных отливок, вносит свои предложения, направленные на устранение дефектов.

В данной отливке наиболее часто встречаются такие дефекты как неметаллические включения, трещины и пригар. [7]

3. Специальный раздел

Введение

Литейное производство является основным источником образования многотонных отходов производства, наибольший удельный вес среди промышленных отходов литейного производства занимают шлаки, горелая земля и пыль газоотчиски.

Металлургический шлак образуется при выплавки стали и чугуна. Выход металлического шлака составляет 10% от жидкого металла. Сталеплавильный шлак перерабатывается в щебенку и используется в дорожном строительстве.

Горелая земля – отработанный продукт формовочных смесей, в литейном производстве используется в строительных материалах и в собственном производстве.

Отработанные формовочные и стержневые смеси образуются в литейном производстве и представляют собой песчано–глинистые композиции с остатками сгоревших стержней.

Актуальность проблемы регенерации отработанных формовочных и стержневых смесей возрастает в связи с резким повышением цен на формовочные пески, ужесточением экологических требований, увеличении расходов на содержание отвалов и транспортные услуги.

На Чебоксарском литейном заводе внедрена технология пневматической регенерации отработанных смесей на разгонно-ударном аппарате фирмы «БЕРДСЛЕЙ и ПАЙПЕР». Производительность установки – 100 тонн в час.

Отработанны режимы регенерации форм смесей, откорректированы составы единых и облицовочных смесей для стального и чугунного литья, что позволяет от 60-70% восстановленного песка – регенерата возвращать в производство использование регенерата в качестве освежения взамен дорогостоящего обогащенного кварцевого песка Балашейского карьера позволяет снизить затраты на его приобретение и транспортировку, а также решить проблему утилизации отработанных смесей.

3.1 Использование отходов формовочных смесей как сырьевого материала для строительной индустрии

Серьезной проблемой литейного производства остается экология, в частности, утилизация твердых отходов, из которых 90% составляют отработанные формовочные и стержневые смеси, относящиеся к IV категории опасности. Эти материалы составляют основную долю отходов литейного производства. Большую часть их регенерируют, не подлежащие регенерации отработанные смеси также можно использовать. Наиболее перспективные направления развития литейного производства, снижающие экологическую опасность:

- разработка и освоение экологически безопасных техпроцессов и оборудования;
- применение регенерации отработанных смесей на местах их образования с возвратом (до 95%) в производство;
- утилизация твердых отходов и использование их в дорожном строительстве и для засыпки отработанных карьеров и шахт.

Отработанные формовочные смеси представляют крупнотоннажный отход литейного производства, основные компоненты которого SiO_2 (80…85%), CaO(5...7%), Al_2O_3 (4…6%). [20] Формовочные смеси в литейном производстве подвергают тщательному химическому и гранулометрическому контролю, за счет этого отработанные смеси также характеризуются стабильностью состава. Исследованы отходы формовочных смесей для определения возможности их применения в качестве сырья для строительной индустрии.[39]

Отработанные формовочные смеси – мелкодисперсный сыпучий материал, зерна которого покрыты оболочкой связующих композиций, оставшихся после высокотемпературной обработки. Исследовали два вида отходов:

- композиционную смесь (смесь из отвала, состоящую из быстросохнущей смеси на жидком стекле, наполнительной смеси, стержневой смеси с лигносульфатом, ЖСС);
- возвратную смесь после полигонального сита (состоящую их отходов быстросохнущей смеси на жидком стекле, наполнительной смеси, стержневой смеси с липносульфатом).

Первостепенное требование, определяющие пригодность отходов для применения в строительстве, - их радиоционно - гигиеническая характеристика. С целью установленрия суммарной идеальной активности радионуклидов отходов в соответствии с требованиями ДБН В.1,4-1,01-97 «Рекомендованные радиоционные параметры. Допустимые уровни» изучен радиационный паспорт сырья и установлено, что диапазон суммарной активности исследованных проб сырья составляет. $А_{фф}$=29,7..34,6Бк/кг.[14]

Эти результаты не превышают нормируемого значения для 1-го класса по применению сырьевых материалов $А_{фф}$<370Бк/кг, что означает возможность использования отходов во всех видах использования отходов во всех видах строительства без ограничений.

По данным химического анализа отходы содержат в основном, оксиды кремния, химический состав отходов приведен в таблице 20.

Содержание сульфитов и сульфатов в пересчете на SO_3 снижающих долговечность строительных материалов и изделий, не превышают нормируемых значений $SO_{3>}$3%., а п.п.п.<5%. Основные физико-механические характеристики отходов приведены в таблице 19 (I - композиционная, II- возвратная смесь).

Таблица 19 - Основные физико-механические характеристики отходов

Физико-механические характеристики	I	II
Насыпная плотность в состоянии естественной влажности, кг/г	1260	1200
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м^3	1300	1245
Наличие зерен размером >10мкм., %	6,5	0,6
Наличие зерен размером >5мкм., %	3,5	3,3
Модуль крупности	1,35	1,13

Зерновой (гранулометрический) состав мелкого заполнителя отражает содержание в нем зерен разной крупности и характеризуется условной величиной – модулем крупности, значение которого для заполнителей, применяемых для производства бетонов, регламентируется требованиям и ДСТУ БВ27—32—92 «Песок плотный природный для строительных материалов, изделий, конструкций и работ. [15] Технические условия», должен находится в диапазоне 1…4 и входить в область оптимальных значений. Зерновой состав отходов по результатам рассева на стандартных ситах приведен в таблице 21. Зерновой состав мелкого наполнителя – важнейший показатель качества, определяющий показатель качества, определяющий степень его пригодности в бетонах и растворах.

Таблица 20 - Химический состав отходов

Смесь	Окислы,%										
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3	Прочие
Композиционная	83,6	4,01	3,92	0,13	1,43	0,67	0,02	0,45	0,96	0,05	4,81
Возвратная	83,31	6,04	4,01	0,10	2,22	0,36	0,04	0,84	1,03	0,03	0,98

Таблица 21 - Зерновой состав отходов

Смесь	Остатки на ситах с ячейкой сита, мм.					Содержание частиц <0,16 мм.
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Композиционная	2,5/2,5	2,5/5,0	16,0/21,0	25,0/73,5	49,5/93,0	7,0
Возвратная	1,5/1,5	1,0/2,5	6,5/9,0	15,5/24,5	57,0/80,5	19,5
Примечание. В числителе – частные остатки, знаменателе – полные.						

Как видно из таблицы 21 исследуемые отходы, особенно, возвратная смесь, не входят в область оптимальных значений. Кроме того, возвратная смесь характеризуется повышенным содержанием частиц < 0,16 мм., по сути, пылевидных составляющих, что может отрицательно повлиять на технические характеристики бетонов и растворов. Пылевидные и особенно, глинистые частицы создают на поверхности зерен пленку, которая препятствует сцеплению с цементным камнем, в результате чего прочность бетона значительно снижается, содержание таких частиц не должно превышать 5...7%. Однако в практике строительной индустрии допускается применять наполнители с отклонениями показателей от нормируемых значений при соответствующем технико – экономическим обосновании. Таким обоснованием служат испытания технических характеристик бетонов и растворов с применением исследуемых отходов.

При проектировании состав бетонов и растворов на основе отходов необходимо установить рациональное количественное соотношение сырьевых материалов. Обеспечивающее получение как требуемый формуемости смесей, так и бетонов, обладающих заданным комплексом физико-механических свойств (прочности при сжатии и изгибе, средней плотности, морозостойкости и т.д.) при минимальном расходе цемента. Специфика подбора составов тяжелого бетона – в правильном учете абсолютного объема, занимаемого цементом, крупным заполнителем и отходами, а также обеспечении непрерывной гранулометрии смеси наполнителей, так при этом уменьшается межзерновая пустотность, что используется при оптимизации составов.

Важная характеристика заполнителей – удельная поверхность зерен. С уменьшением размеров их поверхность возрастает и требует большего количества теста для пленки, обволакивающий отдельное зерно и активно участвующей формировании свойств бетонной смеси. Поскольку нельзя получить смесь с минимальным объемом пустот и наименьшей поверхность зерен, в практике бетонной технологии после предварительных расчетов подбирают вариантные составы тяжелых бетонных смесей, устанавливая такое количественное соотношение наполнителей, чтобы плотность бетона, с учетом технологических особенностей формирования, по возможности приближалось к максимальным значениям.

В исследовании использованы следующие материалы:

- отходы формировочных смесей после помола до значений удельной поверхности 230, 270 $м^2/кг$.;
- шлакопортлондцемент марки 400;
- щебень фракции 5,20 мм., с модулем крупности $М_{кр} = 1,0$;
- природный кварцевый песок;
- суперпластификатор С-3.

Выводы. В результате исследований по использованию отходов формовочных смесей как мелкодисперсного заполнителя для бетонов и растворов установлено следующее:

- по радиационно–гигиеническим характеристикам исследованные пробы отходов соответствуют требованиям ПНС 356 – 91, относятся к 1-у классу стройматериалов и могут быть использованы во всех видах строительства без ограничений;
- по зерновому составу отходы, прежде всего, возвратная смесь не входит в область оптимальных значений зернового состава мелкого заполнителя для бетонов. Возвратная смесь характеризуется повышенной пустотностью и содержанием пылевидных и глинистых частиц, что ведет за собой дополнительную потребность в воде бетонов и растворов смесей и снижение свойств;
- применение композиционных смесей в тяжелых бетонах и растворах для частичной или полной замены природного кварцевого песка позволяет достичь их проектных марок по прочности на сжатие и изгиб без увеличения расхода цемента.

Результаты исследований позволяют утилизировать промышленные отходы литейного производства, способствуя решению экологических проблем и снижению затрат при изготовлении строительных материалов и изделий. [16]

3.2 Регенерация формовочных песков

Использование прогрессивных технологий для производства высококачественных отливок – основа литейного производства. Для таких технологий необходимы, в основном, высококачественные формовочные пески, особенно среднезернистые, нехватка которых остро ощущается в настоящее время.

Другая проблема, требующая быстрого решения, - в необходимости сокращения выбрасываемых литейными цехами отходов, содержащих вредные вещества и соединения, так как плата за захоронение отходов нередко в несколько раз выше стоимости свежих материалов.

Основной способ сокращения расхода свежих песков и снижения вредных выбросов – регенерация формовочных песков с последующим многократным их использованием. Наиболее распространены в настоящее время сухие способы регенерации – механический, термический и комбинированные. В последнее время в литейных производствах зарубежных стран отдают предпочтение более дорогим способам регенерации – термическому и термомеханическому, так как они позволяют получить пески, не уступающие по качеству свежим. Работы Челябинского КТИАМ также подтверждают, что пески после терморегенерации можно использовать вместо свежих в любых формовочных и стержневых смесях. Кроме того, регенерация позволяет использовать дорогостоящие пески, например цирконовые, для производства высококачественных отливок. Данные, полученные в результате многолетней работы установок регенерации

конструкции КТИАМ на участках производства отливок в стопочных формах, показали, что потери песка <1%.

Однако терморегенерация имеет свои ограничения, обусловленные как особенностями технологического процесса производства отливок (то есть должны применяться однотипные органические связующие для формы и стержня), так и свойствами связующего при температурах регенерации. Например, ХТС, отверждаемые ортофосфорной или борной кислотой, не регенерируются термоспособом из-за спекаемости при высоких температурах, и при этом невозможно выжечь органические компоненты непосредственно на каждом из зерен песка. Аналогичные проблемы возникают при регенерации смесей с щелочными фенольными связующими, используемыми в процессах: α–set с жидким и β–set с газообразным отвердителями. Хорошо подвергаются терморегенерации смеси, отверждаемые бензосульфокислотой. Такие смеси регенерируют на установках нашей конструкции на Вологодском литейном заводе, Новочеркасском заводе постоянных магнитов.

В настоящее время широко распространены процессы изготовления стержней с продувкой газообразным отвердителем (Amin – процесс). Смеси, применяемые в этом процессе, прекрасно регенерируются термоспособом, что очень выгодно, когда стержень и форму изготавливают по одной и той же технологии.

Если форму изготавливают из песчано-глинистых смесей (ПГС), то необходимо исключить попадание большого количества отработанной формовочной смеси в стержневую, подвергаемую терморегенерации. Для таких отливок, как блоки и головки блоков цилиндров и многих других стержни необходимо выбивать в отдельном месте. В тех случаях, когда в стержневую смесь попадает до 3% глины (или 15…20% ПГС), необходимо применять механотермическую регенерацию с одной ступенью механической регенерации. При большем количестве глинистой составляющей рекомендуется после терморегенерации дополнительно устанавливать еще одну ступень механической регенерации.

В лаборатории КТИАМ на экспериментальной линии термомеханической регенерации производительностью 0,25 т/ч. исследовали различные режимы регенерации отработанных литейных смесей, полученных с Уральского и Волжского автозаводов, Саранского и Купянского центролитов, Ровенского завода автогрегатов. Полученный регенерат возвращали на соответствующие заводы для проведения промышленных испытаний при производстве стержней в нагреваемой оснастке.

По результатам испытаний на Волжском автозаводе и Саранском центролитете сделан вывод, что регенерат может быть использован взамен свежего обогащенного песка. Испытания, проведенные на Уральском автозаводе, показали возможность использования регенерированного песка вместо свежего обогащенного, но по некоторым параметрам регенерат уступал, вероятно, потому, что в формовочных смесях использовали местные необогащенные пески,

уступающие обогащенным, используемым на заводе для изготовления стержней. Поэтому при освоении комплексной термомеханической регенерации следует переходить на высококачественные обогащенные пески, что экономически окупается повышением качества отливок и потерям песка при регенерации < 10%.

На основе промышленных испытаний и исследований в институте были разработаны проекты линий механотермической регенерации для Ровенского автоагрегатного завода и Минского автозавода. К сожалению, эти проекты не были реализованы. Вместе с тем, актуальность проблемы в настоящее время существенно обострилась в связи с принятием ряда законодательных актов природоохранного характера. К тому же, выполненные экономические расчеты для Чебоксарского агрегатного завода показывают окупаемость аналогичных линий в течение 1…1,5 лет.

Отработанные смеси, которые сложно регенерировать термоспособом, можно регенерировать механическими методами. Такую же регенерацию следует применять и для ПГС, если полученный регенерат используют для освежения этих же смесей.

В КТИАМе разработана установка механорегенерации, работающая на принципе оттирания и отбивания пленки связующего с зерен песка, находящегося в состоянии «кипящего слоя». Установка прошла, длительные промышленные испытания и показала хорошие результаты при регенерации ХТС, жидкостекольных (ЖСС) и ПГС. При производстве форм из ПГС свежий песок можно полностью заменить регенерированным. В составе ХТС и ЖСС доля регенерата, полученного из аналогичных смесей, составляет 50…70%. Для ответственных стержней, находящихся в контакте с расплавом со всех сторон, доля регенерата в смеси снижается до 30%.

Следует отметить, что освоение участков и линий регенерации требует существенных затрат. Поэтому работу можно вести поэтапно. На этапе I необходимо определить те отходы отработанных смесей, которые требуют наибольших затрат по оплате ущерба окружающей среде. Обычно к таким отходам относят не перегоревшие или частично перегоревшие куски стержней и, особенно, брак стержней, то есть отходы 3 класса опасности. Данная проблема особенно актуальна для крупных городов, имеющих экологические службы. Следует упомянуть опыт Волжского автозавода, который для переработки брака стержней применяет установку терморегенерации конструкции КТИАМ и длительное время успешно ее эксплуатирует. Такая же установка работает и на Ульяновском автозаводе.

В последнее время широкое развитие и распространение получил процесс производства отливок по газифицируемым моделям. Несмотря на отсутствие связующего, для получения качественных отливок и стабильной технологии песок при многократном использовании также необходимо регенерировать. Сотрудниками института разработана и освоена на одном из предприятий Болгарии установка для регенерации песка после заливки форм с газифицируемыми моделями. На установке происходит охлаждение и

обеспыливание песка и обеспечивается зерновой состав песка на уровне исходного.

Известны и другие способы использования отработанных литейных песков, например, в дорожном строительстве, при изготовлении бетонных изделий и т.д. Однако во всех случаях необходимо проводить предварительную подготовку, которая включает дробление, удаление металлических и шлаковых примесей. [6]

3.3 Технология и оборудование для регенерации формовочных песков

В литейном производстве ОАО «Амурлитмаш» запущен в производство участок регенерации песков из отработанных ХТС на базе аппарата механической регенерации РМ-5М конструкции КТИАМа, г. Челябинск (патент на изобретение 2204459). Схема участка регенерации показана на рис. 1 Отработанная смесь подается в вибрационную дробилку 1 Измельченная смесь просеивается через сито с ячейкой 5 мм, установленное в нижней части дробилки, шнеком 2 и элеватором 3 подается в бункер-накопитель 4, из него элеватором — в расходный бункер 5. Ленточным питателем с магнитным сепаратором 10 для улавливания мелкого скрапа отработанная смесь направляется в аппарат регенерации РМ-5М 9. Готовый регенерат элеватором 7 подается в расходный бункер 8, а из него — на смесеприготовление. Пылевидные отходы улавливаются в пылеочистной установке 6 — комбинированном агрегате, включающем циклон и рукавный фильтр. Установка компактна и обеспечивает высокую степень очистки запыленного воздуха, выпускается Амурлитмашем. Крупные металлоотходы, остающиеся в дробилке, периодически выгружаются в тару.

Очистка песка, дробление конгломератов зерен до размера исходного зерна, сепарация (удаление пылевидных фракций) происходит в аппарате механической очистки РМ-5М изображенный на рисунке 2, а — аппарат регенерации, б — схема аппарата. Принцип действия аппарата показан на рисунке 2, б. Отработанная размолотая смесь, прошедшая просев и магнитную сепарацию, непрерывно загружается через течку 5 в аппарат и попадает в рабочую камеру (РК) 4 на воздухораспределительную решетку 1 с установленными на ней колпачками 12. Поток воздуха приводит материал в кипящее состояние. Вращающийся ротор с рабочими лопатками 11 взаимодействует с материалом, приведенным в кипящее состояние, в процессе которого крупные конгломераты дробятся до размера исходного зерна, зерна очищаются от остатков связующего, что происходит не только при взаимодействии с рабочими лопатками, но и за счет взаимодействия струй песка, разогнанных рабочими лопатками, и ударе их об отбойные экраны 8, 10, установленные над роторами. Экраны для повышения эффективности снабжены специальными отбойными щитками 9 и максимально приближены к роторам.

Для осмотра РК, роторов и лопаток и их ремонта экраны, расположенные непосредственно над рабочими органами и перекрывающие доступ к ним, закреплены на ремонтных дверках 3 РК и при открывании их выдвигаются из РК. Экраны в средней части РК установлены стационарно. Осадительная камера 6

служит для снижения скоростей зерен песка, выбрасываемых из РК 4 и уменьшения уноса песка. Пылевидные отходы через патрубок 7 уносятся в систему очистки запыленного воздуха. Очищенный песок непрерывно выгружается через течку 2.

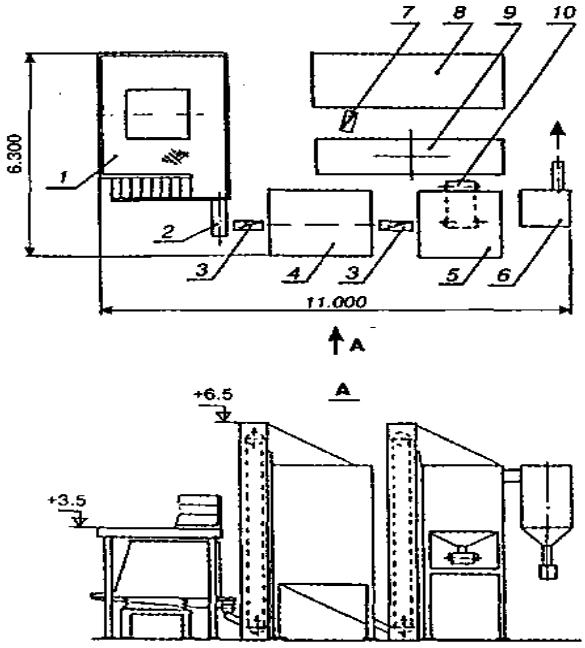

Рисунок 1 — Участок регенерации формовочных песков из отработанных ХТС: 1 — вибродробилка, 2 — шнек, 3 — элеватор, 4 — бункер-накопитель отработанной смеси, 5 — расходный бункер, 6 — циклон с рукавным фильтром, 7 — элеватор, 8 — бункер регенерированного песка, 9 — аппарат механической регенерации, 10 — ленточный питатель с магнитным сепаратором

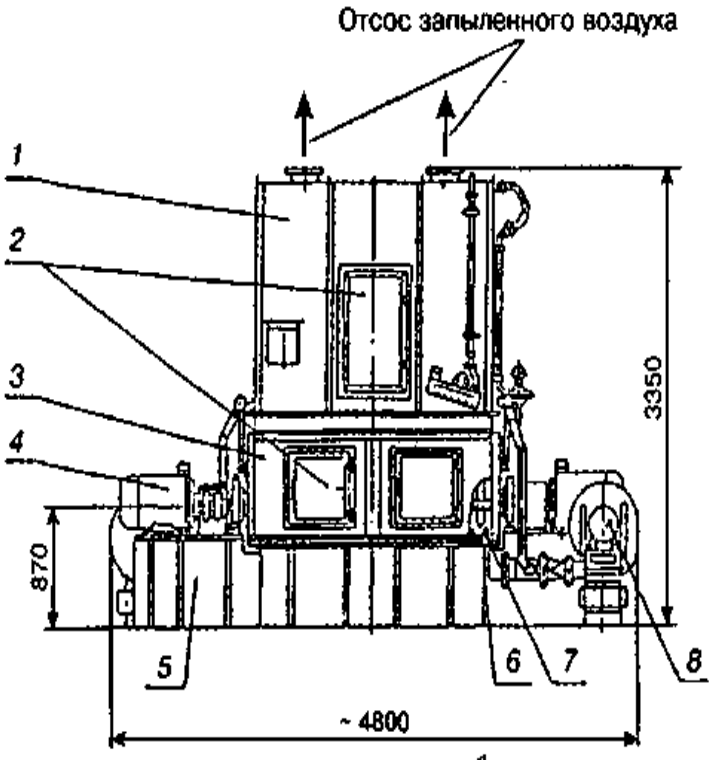

Рисунок 2,а — аппарат РМ-5М: 1 — осадительная камера, 2 — ремонтные дверки, 3 — рабочая камера, 4 — привод, 5 — основание, 6 — ротор с рабочими лопатками, 7— воздухораспределительная решетка, 8— вентилятор для подачи воздуха на формирование кипящего слоя

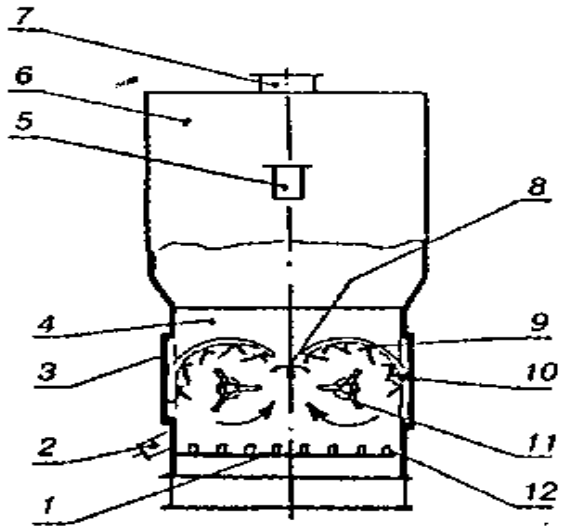

Рисунок 2,б — схема аппарата РМ-5М: 1— воздухораспределительная решетка, 2 — выгрузочная течка, 3 — ремонтная дверка, 4 — рабочая камера, 5 — загрузочная течка, 6 — осадитёльная камера, 7 — патрубок для отсоса запыленного воздуха, 8 — неподвижный отбойный экран, 9 — отбойные щитки на выдвигающемся экране, 10 — выдвигающийся отбойный экран, 11 — ротор с рабочими лопатками, 12 — колпачки воздухораспределительной решетки

Участок регенерации в настоящее время в основном используется для регенерации песков из отработанных жидкостекольных (ЖС) смесей и периодически из ХТС с органическими связующими (a-ser-процесс). Производительность участка при регенерации ЖС-смесями — 3,0 т/ч., ХТС — 5 т/ч. Меньшая производительность при обработке ЖС-смесей объясняется значительно более прочным сцеплением ЖС с поверхностью зерен песка, чем органических связующих. Повторно в производстве использовалось в обоих случаях 80% регенерированного песка. Смешивание регенерированных песков из ЖС-смесей и ХТС недопустимо. Как исключение в процессе перехода с одной смеси на другую можно временно допустить при некотором снижении прочности смесей попадание в ЖС-смесь 10... 15% регенерата из ХТС и 3...5% регенерата из ЖС-смеси в ХТС.

При многократных циклах регенерации зерновой состав песка остается в пределах марки исходного. Более того, в процессе обработки в аппарате механической очистки РМ-5М зерна песка приобретают более окатанную форму, что благоприятно сказывается на качестве смесей и их уплотняемости. Пылевидные фракции полностью удаляются в процессе обработки песка в аппарате регенерации РМ-5М. Габариты участка в плане 6,3 х 11,0 м., высота 6,5 м., установленная мощность оборудования 95 кВт. [36]

4. Организационно - экономическая часть

4.1 Организационная часть

Форма организации производства по выпуску средних и крупных отливок выбирается цех чугуного литья с технологической специализацией. В него входят следующие участки: плавильный, формовочный, смесеприготовительный, стержневой и термообрубной.

Выбор типа производства на основе трудоемкости, объема, номенклатуры производственной программы определяется тип производства, дается краткая характеристика.

Проектируемый цех предлагается построить на основе ООО «Промтрактор-Промлит», но со значительными изменениями. Цех будет производить отливки различного назначения, в том числе и для железнодорожных вагонов. Для серийного производства рекомендуется применять непрерывно-поточное производство. Режим работы в цехе - трехсменный, продолжительность смены 8 часов. Норматив простоя оборудования планово - предупредительный, ремонт - 8%, потери рабочего времени у рабочих целодневные; внутрисменные 11 % от номинального.

В проектируемом цехе планируется снизить трудоемкость выпускаемой продукции, рост производительности труда, сокращение численности работающих, экономия материальных затрат. При реализации предложений данного проекта может быть получен реальный экономический эффект. [40]

4.2 Расчет производственной программы

Программа запуска определяется исходя из программы выпуска с учетом корректировки последней на величину планируемого процента технологического брака.

Программа запуска используется при определении потребности в оборудовании. [30]

Программа запуска определяется по формуле:

$$N_{зап.} = N_{вып.} * (1 + a/100) \quad (53)\ [40]$$

$$N_{вып.} = 50000 * (1 + 2{,}63/100) = 51315\ т.$$

$$N_{вып.} = 504600 * (1 + 2{,}63/100) = 517871\ шт.,$$

где $N_{зап.}$ – годовая программа годного литья, т (шт.);

а) по литью $N_{вып.} = 50000$ т.;

б) по отливкам $N_{вып.} = 504600$ шт.;

а = 2,63% - технологические потери.

4.3 Расчет численности работающих по каждому отделению цеха

Расчет численности рабочих ведется по каждой категории: рабочие (основные и вспомогательные), руководители и специалисты, служащие. Определение потребного количества основных рабочих ведется по формуле:

$$R_{осн.} = N_{год.} * t_{шт.}/F_{эф.} * K_{в.н.} * K_{н.о.} \quad (54)\ [40]$$

$$K_{в.н.} = K_{в.ф.} * (P + 100)/100 \quad (55)\ [40]$$

$$K_{в.н.} = 1{,}05 * (13{,}5 + 100)/100 = 1{,}2,$$

где $N_{год.}$ – годовая программа запуска;

$t_{шт.}$ – трудоемкость, ч;

$K_{в.н.}$ – средний коэффициент выполнения норм производственными рабочими;
$K_{в.ф.}$ = 1,05 – фактический коэффициент выполнения норм времени;
Р = 13,5% – планируемый процент роста производительности труда;
$F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочего за год, ч.

Для эффективного фонда времени рабочего за год составляем баланс времени 1 рабочего за год. Данные сводим в таблицу 22.

Таблица 22 – Баланс времени 1 рабочего за год

№	Состав фонда рабочего времени	Дни	Часы
1	Календарные дни	365	2920
2	Нерабочие дни	111	888
3	Рабочее время (номинальный фонд времени Fэф.)	254	2032
4	Целодневные невыходы на работу		
	а) отпуски (основные и дополнительные)	33	264
	б) отпуск по беременности и родам	2,51	20,08
	в) не выходы по болезни	5,04	40,32
	г) выполнение государст. И общественных обязанностей	1,004	8,032
5	Итого не выходов	41,554	332,432
6	Явочное рабочее время	212,446	1699,568
7	Потери внутри рабочего дня		
	а) сокращенный рабочий день подростков	0,753	6,024
	б) перерывы для кормящих матерей	1,757	14,056
	в) сокращенный рабочий день с вредными условиями труда	1,506	12,048
8	Итого внутрисменных потерь	4,016	32,128
9	Эффективный фонд времени (Рэф.)	208,43	1667,44
10	Средняя продолжительность рабочего дня	0,82	6,57

$$R_{осн.} = 51315 * 13,37/1667,44 * 1,2 = 343,78 \text{ человек}$$

Следовательно, общая численность основных рабочих по цеху составляет 344 человек. Численность вспомогательных рабочих принимается 33,8 – 41% к основным рабочим. $R_{всп.}$ = 142 человек.

4.3.1 Ведомость численности основных рабочих

Расчет рабочих по профессиям, руководителей, специалистов и служащих производят аналогично расчетам основных рабочих, и сводятся в таблицы 23-26.

Таблица 23 - Расчет рабочих по профессиям

Профессия	Разряд	Часовая тарифная ставка	Количество рабочих в 3 смены, чел.	
			явочное	списочное
Плавильное отделение				
Сталевар	6	50,17	11	12
Подручный сталевара	4	43,98	11	12
Заливщики	5	50,17	6	7
Шлаковщики	3	39,09	2	2
Шихтовщики	3	39,09	2	3

Продолжение таблицы 23

Газорезчики	5	50,17	1	1
Итого			33	37
Формовочное отделение				
Сборщики форм	4	41,14	18	20
Выбивальщики отливок	4	43,98	4	4
Формовщики машиной формовки	5	46,93	38	39
Оператор	4	41,14	3	3
Земледелы	3	36,57	2	2
Итого			65	68
Стержневое отделение				
Стерженщики машиной формовки	4	41,14	78	81
Стерженщики в нагреваемой оснастке	4	41,14	4	4
Изготовитель каркасов	2	32,91	1	2
Земледелы	3	36,57	4	4
Итого			87	91
Смесеприготовительное отделение				
Земледелы	4	41,14	39	42
Итого			39	42
Термообрубное отделение				
Термисты	5	46,93	17	19
Газорезчики	5	46,93	10	12
Электрогазосварщики	5	46,93	6	8
Обрубщики	4	41,14	56	58
Маляры	3	36,57	3	4
Итого			92	101
Участок изготовления и ремонта модельной оснастки				
Модельщик по металлическим моделям	5	46,93	4	4
Модельщик по деревянным моделям	4	41,14	1	1
Итого			5	5
Итого по цеху			321	344

4.3.2 Ведомость численности вспомогательных рабочих

Ведомость вспомогательных рабочих внесена в таблицу 24.

Таблица 24 - Ведомость вспомогательных рабочих

Профессия	Разряд	Часовая тарифная ставка	Количество рабочих в 3 смены, чел.	
			явочные	списочные
Вспомогательные рабочие сдельщики				
Электромонтёры	4	39,72	43	45
Монтажники	4	39,72	3	3
Слесаря-ремонтники	5	45,31	38	40
Смазчики	3	35,31	4	4
Токари	5	45,31	2	2
Фрезеровщики	5	45,31	1	1

Продолжение таблицы 24

Оператор с ЧПУ	4	39,72	1	1
Машинист крана	3	35,31	15	16
Слесаря МСР	5	45,31	2	3
Транспортировщики	2	31,78	12	14
Итого			121	129
Вспомогательные рабочие повременщики				
Пультовщик эл. плав, печей	5	45,31	2	2
Кочегары	3	35,31	3	3
Кладовщики	3	35,31	3	3
Распреды	3	35,31	3	3
Оператор ЭВМ	3	35,31	2	2
Итого			13	13
Итого по цеху			134	142

4.3.3 Ведомость всех руководителей

Ведомость всех руководителей внесена в таблицу 25.

Таблица 25 - Ведомость всех руководителей

Профессия	Оклад месячный, руб.	Количество руководителей за 3 смены	
		явочное	списочное
1	2	3	4
Начальник цеха	50000	1	1
Зам. начальника цеха	40000	1	1
Зам. начальника цеха	40000	1	1
Помощник начальника цеха по охране труда и технике безопасности	25000	1	1
Механик цеха	30000	1	1
Энергетик цеха	30000	1	1
Начальник смены	25000	3	3
Сменный механик	25000	3	3
Плавильный участок			
Начальник плавильного участка	25000	1	1
Ст. мастер плавильного участка	20000	1	1
Ст. мастер на шихтовом дворе	20000	1	1
См. мастер плавильного участка	15000	3	3
См. мастер на шихтовом дворе	15000	3	3
Участок ремонта и обслуживания оборудования			
Начальник участка по ремонту и эксплуатации грузоподъемного оборудования	25000	1	1
Механик участка по ремонту грузоподъемного оборудования	20000	1	1
Механик участка по ремонту и обслуживанию плавильного оборудования	20000	1	1
Механик участка по АФЛ	20000	1	1

Продолжение таблицы 25

Механик участка по ремонту и обслуживанию смесепригот. оборудования	20000	1	1
Механик участка по ремонту и обслуживанию стержневого оборудования	20000	1	1
Механик участка по ремонту термообрубного оборудования	20000	1	1
Формовочный участок			
Начальник формовочного участка	25000	1	1
Ст. мастер формовочного участка	20000	1	1
См. мастер формовочного участка	15000	3	3
Стержневой участок			
Начальник стержневого участка	25000	1	1
Ст. мастер стержневого участка	20000	1	1
См. мастер стержневого участка	15000	3	3
Термообрубной участок			
Начальник термообрубного участка	25000	1	1
Ст. мастер термообрубного участка	20000	1	1
См. мастер термообрубного участка	15000	3	3
Смесеприготовительный участок			
Начальник смесепригот. участка	25000	1	1
Ст.мастер смесепригот. участка	20000	1	1
См. мастер смесепригот. участка	15000	3	3
Участок окраски и отгрузки литья			
Начальник участка отгрузки	25000	1	1
См. мастер участка отгрузки	15000	3	3
Участка по ремонту оснастки и приспособлении			
Мастер участка	17500	1	1
Итого по цеху		53	53

4.3.4 Ведомость служащих и специалистов

Ведомость служащих и специалистов приведена в таблице 26.

Таблица 26 - Ведомость служащих и специалистов

Профессия	Оклад месячный, руб.	Количество рабочих в 3 смены	
		Явочные	Списочные
Ведущий инженер по подготовке кадров	25000	1	1
Диспетчер	10000	3	3
Секретарь-машинистка	10000	1	1
Начальник бюро (БОТиЗ)	17500	1	1
Инженер по организации и нормированию труда II категории	12000	2	2
Начальник технологического бюро	17500	1	1
Инженер-технолог	10000	3	3

Начальник конструкторского бюро	20000	1	1
Инженер – конструктор	10000	3	3
Начальник ОТ и ТБ	20000	1	1
Инженер ОТ и ТБ	10000	2	2

Продолжение таблицы 26

Начальник БТК	20000	1	1
Контролёры ОТК	9000	17	17
Итого		36	36

4.3.5 Ведомость численности людей в литейном цехе

Ведомость численности людей в литейном чехе приведена в таблице 27.

Таблица 27 - Ведомость численности людей в литейном цехе

Категории	Количество	
	явочные	списочные
Рабочие основные	321	344
Рабочие вспомогательные	134	142
Руководители	53	53
Служащие и специалисты	36	36
Итого	496	542

4.4 Расчет фонда зарплаты по основным рабочим

Эффективный фонд времени рабочих за год:

$$F_{эф.} = F_н * (1\text{-}b/100) \text{ ч.} \quad (56)\ [30]$$

$$F_н = (K_{к.д.} - K_{пр.вых.д.}) * d * S \text{ ч.} \quad (57)\ [30]$$

$$F_{н.} = (365 - 111) * 8 * 1 = 2032 \text{ ч.}$$

$$F_{эф.} = 2032 * (1 - 11{,}4/100) = 1793{,}3 \text{ ч.},$$

$F_н$. - номинальный фонд времени;
$K_{к.д.}$ – число календарных дней;
$K_{пр.вых.д.}$ – число праздничных и выходных дней;
d - продолжительность смены в часах;
S - режим работы одной смены;
B = 11,4% - планируемые потери времени рабочими, по уважительной причине, все виды отпусков.

Стержневое отделение

Трудоемкость 1 т. стержней чел/час:

$$t_{шт.} = F_{эф.} * R_{сп.} * K_{вып.}/N_{год.ст.} \text{ чел/час} \quad (58)\ [30]$$

$$t_{шт.} = 1793{,}3 * 91 * 1{,}05/96643{,}8 = 1{,}77 \text{ чел/час},$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;
$R_{сп.}$ – число рабочих в стержневом отделении (см. табл. 23);
$K_{вып.}$ – коэффициент выполнения нормы времени;
$N_{год.ст.}$ – годовой выпуск стержней.

Расценка за 1 т. стержней:

$$P = t_{шт.} * C_{час.} \text{ руб./т.} \quad (59)\ [30]$$

$$С_{час.ср.} = (R_4 * С_{час.} + R_3 * С_{час.} + R_2 * С_{час.} + R_1 * С_{час.})/R_{спис.} \quad (60)\ [30]$$

$$С_{час.ср.} = (81 * 41{,}14 + 4 * 41{,}14 + 2 * 32{,}91 + 4 * 36{,}57)/91 = 40{,}76.$$

$$Р = 1{,}77 * 40{,}76 = 72{,}15 \text{ руб./т},$$

где $t_{шт.}$ – трудоемкость 1 т. стержней;
$С_{час.}$ – среднечасовая ставка стержневого отделения;
$R_{п.}$ - число рабочих по n-ому разряду (см. табл. 23);
$R_{спис.}$ – число рабочих в стержневом отделении по списку (см. табл. 23).

Фонд зарплаты по стержневому отделению:

$$Ф_{зар.} = N_{год.} * Р * К_{доб.} \quad (61)\ [30]$$

$$Ф_{зр.} = 96643{,}8 * 72{,}15 * 1{,}8 = 12551130 \text{ руб. (см. табл. 23)},$$

где $N_{год.}$ – годовой выпуск стержней;
Р – расценка за 1 т. стержней;
$К_{доб.} = 1{,}8$ – добавочный коэффициент.

Термообрубное отделение

Трудоемкость 1 т. годного литья чел/час:

$$t_{шт.} = F_{эф.} * R_{сп.} * К_{вып.}/B_1 \quad (62)\ [30]$$

$$t_{шт.} = 1793{,}3 * 101 * 1{,}05/529830 = 0{,}46 \text{ чел/час},$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;
$R_{сп.}$ – число рабочих в термообрубном отделении (см. табл. 23);
$К_{вып.}$ – коэффициент выполнения нормы времени;
$B_1 = 529830$ (504600 * 1,05 - с учётом угара) - производственная мощность.

Расценка за 1 т. годного литья:

$$Р = t_{шт.} * С_{час.} \text{ руб./т} \quad (63)\ [30]$$

$$С_{час.ср.} = (19 * 46{,}93 + 12 * 46{,}93 + 8 * 46{,}93 + 58 * 41{,}14 + 4 * 36{,}57)/101 = 43{,}2.$$

$$Р = 0{,}46 * 43{,}2 = 19{,}87 \text{ руб./т},$$

где $t_{шт.}$ – трудоемкость 1 т. годного литья;
$С_{час.}$ – среднечасовая ставка термообрубного отделения.

Фонд зарплаты по термообрубному отделению:

$$Ф_{зар.} = N_{зап.} * Р * К_{доб.} \quad (64)\ [30]$$

$$Ф_{зар.} = 529830 * 19{,}87 * 1{,}8 = 18949899 \text{ руб. (см. табл. 23)},$$

где $N_{зап.}$ – годовая программа запуска;
Р – расценка за 1 т. годного литья;
$К_{доб.}$ – добавочный коэффициент.

Плавильное отделение

Трудоемкость изготовления 1 т. годного литья чел/час:

$$t_{шт.} = F_{эф.} * Р_{сп.} * К_{вып.}/B_1 \quad (65)\ [30]$$

$$t_{шт.} = 1793{,}3 * 37 * 1{,}05/73076{,}92 = 0{,}95 \text{ чел/час},$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;
$R_{сп.}$ – число рабочих в плавильном отделении (см. табл. 23);
$К_{вып.}$ – коэффициент выполнения нормы времени;

$Q_{ж.м.}$ = 73076,92 т. – количество жидкого металла.

Расценка за изготовление 1 т. годного литья:

$$P = t_{шт.} * C_{час.} \text{ руб./т} \quad (66)\ [30]$$

$$P = 0,95* 45,445 = 43,17 \text{ руб./т},$$

где $t_{шт.}$ – трудоемкость 1 т. годного литья;

$C_{час.}$ = 45,445 – среднечасовая ставка плавильного отделения.

Фонд зарплаты по плавильному отделению:

$$Ф_{зар.} = Q_{ж.м.} * P * K_{доб.} \quad (67)\ [30]$$

$$Ф_{зр.} = 73076,92 * 43,17 * 1,8 = 5678515 \text{ руб.(см. табл. 23)}$$

$Q_{ж.м.}$= 73076,92 т. – количество жидкого металла;

P – расценка за 1 т. годных отливок;

$K_{доб.}$ – добавочный коэффициент.

Формовочное отделение

Трудоемкость изготовления форм из 1 т. смеси чел/час:

$$t_{шт.} = F_{эф.} * K_{сп.} * K_{вып./}B_1 \quad (68)\ [30]$$

$$t_{шт.} = 1793,3 * 68 * 1,05/529830 = 0,24 \text{ чел/час},$$

где $F_{эф.}$ - эффективный фонд времени рабочих за год;

$R_{сп.}$ - число рабочих в формовочном отделении (см. табл. 23);

$K_{вып.}$ - коэффициент выполнения нормы времени;

$N_{зап.}$= 529830 форм - программа запуска форм в год.

Расценка за изготовление форм из 1 т. смеси:

$$P = t_{шт.}* C_{час.} \text{ руб./т} \quad (69)\ [30]$$

$$P = 0,24 * 41,95 = 10,07 \text{ руб./т},$$

где $t_{шт.}$ – трудоемкость изготовления форм из 1 т. смеси;

$C_{час.}$ = 41,95 – среднечасовая ставка формовочного отделения.

Фонд зарплаты по формовочному отделению:

$$Ф_{зар.} = N_{зап.} * P * K_{доб.} \quad (70)\ [30]$$

$$Ф_{зар.} = 529830 * 6,34 * 1,8 = 6046419,96 \text{ руб. (см. табл. 23)},$$

где $N_{зап.}$= 529830 форм – программа запуска форм в год;

P – расценка за изготовление форм из 1 т. смеси;

$K_{доб.}$ – добавочный коэффициент.

Смесеприготовительное отделение

Трудоемкость изготовления 1 т. смеси чел/час:

$$t_{шт.}= F_{эф.} * R_{сп.} * K_{вып.}/B_1 \quad (71)\ [30]$$

$$t_{шт.} = 1793,3 * 42 * 1,05/457049,7 = 0,17 \text{ чел/час},$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;

$R_{сп.}$ – число рабочих в смесеприготовительном отделении (см. табл. 23);

$K_{вып.}$ – коэффициент выполнения нормы времени;

$Q_{н.см.}$= 457049,7 т. – общее количество не уплотненной смеси на программу.

Расценка за изготовление 1 т. смеси:

$$P = t_{шт.}* C_{час.} \text{ руб./т} \quad (72)\ [30]$$

$$Р = 0,17 * 41,14 = 6,99 \text{ руб./т},$$

где $t_{шт.}$ – трудоемкость изготовления 1 т. смеси;

$С_{час.}$= 41,14 – среднечасовая ставка смесеприготовительного отделения.

Фонд зарплаты по смесеприготовительному отделению:

$$Ф_{зар.} = N_{зап.} * Р * К_{доб.} \quad (73)\ [30]$$

$$Ф_{зар.} = 457049,7 * 6,99 * 1,8 = 5750590,5 \text{ руб.(см. табл. 23)},$$

где $Q_{н.см.}$ = 457049,7 т. – общее количество не уплотненной смеси на программу;

Р – расценка за изготовление 1 т. смеси;

$К_{доб.}$ – добавочный коэффициент.

Участок изготовления и ремонта модельной оснастки

$$Ф_{зар.} = F_{эф.} * С_{час.} * R_{сп.} * К_{пр.} \text{ руб.} \quad (74)\ [30]$$

$$С_{час.ср.} = (R_4 * С_{час.} + R_3 * С_{час.} + R_2 * С_{час.} + R_1 * С_{час.})/R_{спис.} \quad (75)\ [30]$$

$$Ф_{зар.пов.} = 1793,3 * 45,77 * 224 * 1,8 = 738714,06 \text{ руб.}$$

$$С_{час.ср.} = (4 * 46,93 + 1 * 41,14)/5 = 45,77,$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;

$С_{час.}$ – среднечасовая ставка рабочих на участке изготовления и ремонта модельной оснастки;

$R_{сп.}$ – число вспомогательных рабочих;

$К_{доб.}$ –добавочный коэффициент.

Ведомость расчета фонда зарплаты по основным рабочим приведена в таблице 28.

Таблица 28 - Ведомость расчета фонда зарплаты по основным рабочим

Категория рабочих	Фонд заработной платы				Средняя зарплата
	Основная зарплата	Премия	Доп. зарплата	Общая зарплата	
1	2	3 (40% от гр.2)	4 (9% от гр.2)	5 ∑гр.2, гр.3 и гр.4	6 Гр.5/($R_{сп}$*12)
Стержневое отделение	12551130	5020452	1129601,7	18701183,7	17125,6
Термообрубное отделение	18949899	7579959,6	1705490,9	28235349,5	23296,5
Плавильное отделение	5678515	2271406	511066,4	8460987,4	19056,3
Формовочное отделение	9603698,5	3841479,4	864332,86	14309510,7	17536,2
Смесеприготот. отделение	5750590,5	2300236,2	517553,14	8568379,8	17000,8
Участок изготовления и ремонта модельной оснастки	739714,06	295485,62	66484,3	1100683,9	18344,73
Итого	53272547,06	21309018,8	4794535,2	79376101	18726,67

4.4.1 Расчет фонда зарплаты по вспомогательным рабочим

Фонд зарплаты для сдельщиков:

$$Ф_{зар.} = F_{эф.} * C_{час.} * R_{сп.} * K_{пр.} \text{ руб.} \quad (76)\ [30]$$

$$C_{час.ср.} = (R_4 * C_{час.} + R_3 * C_{час.} + R_2 * C_{час.} + R_1 * C_{час.})/R_{спис.} \quad (77)\ [30]$$

$$Ф_{зар.пов.} = 1793,3 * 40,17 * 129 * 1,8 = 16726959 \text{ руб.}$$

$$C_{час.ср.} = (45 * 39,72 + 3 * 39,72 + 40 * 45,31 + 4 * 35,31 + 2 * 45,31 + 1 * 45,31 + 1 * 39,72 + 16 * 35,31 + 3 * 45,31 + 14 * 31,78)/129 = 40,17,$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;

$C_{час.}$ – среднечасовая ставка в вспомогательных рабочих;

$R_{сп.}$ – число вспомогательных рабочих;

$K_{доб.}$ – добавочный коэффициент.

Фонд зарплаты для повременщиков:

$$Ф_{зар.} = F_{эф.} * C_{час.} * R_{сп.} * K_{пр.} \text{ руб.} \quad (78)\ [30]$$

$$C_{час.ср.} = (R_4 * C_{час.} + R_3 * C_{час.} + R_2 * C_{час.} + R_1 * C_{час.})/R_{спис.} \quad (79)\ [30]$$

$$Ф_{зар.пов.} = 1793,3 * 38,38 * 13 * 1,8 = 1610548,3 \text{ руб.}$$

$$C_{час.ср.} = (2 * 45,31 + 3 * 35,31 + 3 * 35,31 + 3 * 35,31 + 2 * 35,31)/13 = 38,38,$$

где $F_{эф.}$ – эффективный фонд времени рабочих за год;

$C_{час.}$ – среднечасовая ставка в вспомогательных рабочих;

$R_{сп.}$ – число вспомогательных рабочих;

$K_{доб.}$ – добавочный коэффициент.

Ведомость расчета фонда зарплаты по вспомогательным рабочим внесена в таблицу 29.

Таблица 29 - Ведомость расчета фонда заработной платы по вспомогательным рабочим

Категория рабочих	Фонд заработной платы				Средняя зарплата
	Основная зарплата	Премия	Доп. зарплата	Общая зарплата	
1	2	3 (40% от гр.2)	4 (9% от гр.2)	5 ∑гр.2, гр.3 и гр.4	6 Гр.5/($R_{сп.}$*12)
Сдельщики	16726959	6690783,6	1505426,3	24923168,9	16100,24
Повременщики	1610548,3	644219,32	144949,34	2399716,9	15382,8
Итого	18337507,3	7335002,9	1650375,6	27322885,8	15741,52

4.4.2 Расчет фонда заработной платы по руководителям

Ведомость расчета фонда зарплаты по руководителям внесена в таблицу 30.

Таблица 30 - Ведомость расчета фонда зарплаты по руководителям

Категория рабочих	Фонд заработной платы				Средняя зарплата
	Основная зарплата	Премия	Доп. зарплата	Общая зарплата	
1	2 (11 мес. * окл. * 1,4)	3 (1 мес. * окл. * 1,4)	4 (9% от гр.2)	5 ∑гр.2, гр.3 и гр.4	6 Гр.5/ ($R_{сп.}$*12)

Начальник цеха	770000	70000	69300	909300	75775
Зам. начальника цеха	616000	56000	55440	727440	60620
Зам. начальника цеха	616000	56000	55440	727440	60620
Помощник начальника цеха по ОТ и ТБ	385000	35000	34650	454650	37887,5
Механик цеха	462000	42000	41580	545580	45465
Энергетик цеха	462000	42000	41580	545580	45465
Начальник смены	1155000	105000	103950	136950	37887,5
См. механик	1155000	105000	103950	136950	37887,5

Продолжение таблицы 30

Начальник плавил. участка	385000	35000	34650	454650	37887,5
Ст. мастер плавил. участка	308000	28000	27720	363720	30310
Ст. мастер на шихт. дворе	308000	28000	27720	363720	30310
См. мастер плавил. участка	693000	63000	62370	818370	22732,5
См. мастер на шихт. дворе	693000	63000	62370	818370	22732,5
Начальник участка по ремонту и эксплуатации грузоподъемного оборудования	385000	35000	34650	454650	37887,5
Механик участка по ремонту грузоподъемного оборудования	308000	28000	27720	363720	30310
Механик участка по ремонту и обслуживанию плавил. оборудования	308000	28000	27720	363720	30310
Механик участка по АФЛ	308000	28000	27720	363720	30310
Механик участка по ремонту и обслуживанию смесеприг. оборудования	308000	28000	27720	363720	30310
Механик участка по ремонту и обслуживанию стержн. оборудования	308000	28000	27720	363720	30310
Механик участка по ремонту термообр. оборудования	308000	28000	27720	363720	30310
Начальник формов. участка	385000	35000	34650	454650	37887,5
Ст. мастер формов. участка	308000	28000	27720	363720	30310
См. мастер формов. участка	693000	63000	62370	818370	22732,5
Начальник стержн. участка	385000	35000	34650	454650	37887,5
Ст. мастер стержн. участка	308000	28000	27720	363720	30310
См. мастер стержн. участка	693000	63000	62370	818370	22732,5
Начальник термообр. участка	385000	35000	34650	454650	37887,5
Ст. мастер термообр. участка	308000	28000	27720	363720	30310
См. мастер термообр. участка	693000	63000	62370	818370	22732,5
Начальник смесеприг. участка	385000	35000	34650	454650	37887,5
Ст. мастер смесеприг. участка	308000	28000	27720	363720	30310
См. мастер смесеприг. участка	693000	63000	62370	818370	22732,5

Начальник участка окраски и отгрузки	385000	35000	34650	454650	37887,5
См. мастер участка окраски и отгрузки	693000	63000	62370	818370	22732,5
Мастер участка по ремонту оснастки и приспособлений	693000	63000	62370	818370	22732,5
Итого	17556000	1596000	1580040	20732040	30113,2

4.4.3 Расчет фонда заработной платы по служащим

Основная заработная плата служащих определяется по формуле:

$$Ф_{осн.рук.исп.} = Д * 11 * К_{пр.}, \quad (80)\ [30]$$

где Д – месячный должностной оклад, р. (табл.26);

11 – число месяцев работы;

$К_{пр.}$ – коэффициент премирования (1,4);

Дополнительная заработная плата составляет месячный оклад.

Данные расчета сводятся в таблицу 31.

Таблица 31 - Ведомость расчета фонда заработной платы по руководителям

Категория рабочих	Фонд заработной платы				Средняя зарплата
	Основная зарплата	Премия	Доп. зарплата	Общая зарплата	
1	2 (11 мес. * окл.* 1,4)	3 (1 мес. * окл. *1,4)	4 (9% от гр.2)	5 ∑гр.2, гр.3 и гр.4	6 Гр.5/($R_{сп.}$*12)
Ведущий инженер по подготовке кадров	308000	28000	27720	363720	30310
Диспетчер	462000	42000	41580	545580	15155
Секретарь-машинистка	154000	14000	13860	181860	15155
Начальник бюро (БОТиЗ)	269500	24500	24255	318255	26521,25
Инженер по организации и нормированию труда II категории	369600	33600	33264	436464	18186
Начальник тех. бюро	269500	24500	24255	318255	26521,25
Инженер-технолог	462000	42000	41580	545580	15155
Начальник конструкторского бюро	308000	28000	27720	363720	30310
Инженер-конструктор	462000	42000	41580	545580	15155
Начальник ОТ и ТБ	308000	28000	27720	363720	30310
Инженер ОТ и ТБ	308000	28000	27720	363720	15155
Начальник БТК	308000	28000	27720	363720	30310
Контролеры ОТК	2356200	214200	212058	2782458	1363,96
Итого	6344800	600600	571038	7516438	17399,16

4.4.4 Ведомость определения общего фонда зарплаты по всем категориям работающих

Определяем общий фонд зарплаты по литейному цеху, по всем категориям работающих. Данные по фондам зарплаты берутся из таблиц 28-31 и заносятся в таблицу 32.

Таблица 32 - Ведомость определения общего фонда зарплаты по литейному цеху, по всем категориям работающих

Категория рабочих	Фонд заработной платы				Средняя зарплата
	Основная зарплата	Премия	Доп. зарплата	Общая зарплата	
Рабочие основные	53272547	21309018,8	4794535,2	79376101	18726,67
Рабочие вспомогательные	18337507,3	7335002,9	1650375,6	27322885,8	15741,5
Руководители	17556000	1596000	1580040	20732040	30113,2
Служащие и специалисты	6344800	600600	571038	7516438	17399,2
Итого	95510854,3	30840621,7	7110638,8	133437315	21650,3

4.5 Стоимость основных фондов (капиталовложений) и амортизационные отчисления

В состав основных фондов литейного цеха входят:

1. стоимость зданий и сооружений;
2. стоимость технологического и подъемно-транспортного оборудования;
3. стоимость дорогостоящего инструмента;
4. стоимость производственного хозяйственного инвентаря сроком службы до 1 года.

Стоимость зданий и сооружений:

$$C_{зд.с.} = F * h * S \text{ (руб.)} \quad (81)\ [40]$$

$$V_{пр.} = (BTh) * 1,1, \quad (82)\ [40]$$

где F – площадь зданий $м^2$;
h – высота, м.;
S – стоимость, 1 $м^3$;
B – производственная программа;
F – удельная площадь на 1 т. годного литья;
h – высота.

Стоимость основных фондов по зданиям и сооружениям внесена в таблицу 33.

Таблица 33 - Ведомость стоимости основных фондов по зданиям и сооружениям

Наименование объекта	Площадь	Высота	Объем, $м^3$	Цена за 1 $м^3$ руб.	Стоимость
Здания					
Производственная площадь	19440	16	311040	8000	2488320000
Вспомогательная площадь (10% от производственной площади)	1944	16	31104	8000	248832000
Складские помещения (20% от производственной площади)	3888	8,4	32659,2	7500	244944000
Бытовые помещения ($R_{сп}$ *3,5 $м^2$ на 1 раб.)	2562	3,20	8198,4	15000	122976000
Административные помещения	240	3	720	18000	12960000

(3 м² на 1 специалиста, руководителя и служащего).					
Итого	28074		383722		3118032000
Сооружения					
5% от стоимости зданий					155901600
Итог по цеху					3273933600

Стоимость технического и подъемно – транспортного оборудования внесена в таблицу 34.

Таблица 34 - Ведомость стоимости технического и подъемно – транспортного оборудования

Наименование	Кол-во шт.	Общая стоимость	Монтаж	Общая стоимость с монтажом
1	2	3	4	5 (гр.3+гр.4)
I Технологическое оборудование				
1. Плавильное отделение монтажно-плавильное оборудование; монтаж-15%	15	14505000	2175750	16680750
2. Формовочное отделение монтажное обор-ние; монтаж-10%	2	66000000	6600000	72600000
3. Стержневое отделение; монтаж-5%	7	5079000	253950	5332950
4. Смесепригот. отделение; монтаж-5%	25	14190000	709500	14899500
5. Термообрубное отделение; монтаж-10%	18	7155000	715500	7870500
Итого	91	97699000	9493200	189983700
II Подъемно-транспортное обор по всем отделениям (стоимость брать 70% от стоимости технического обор.)				
1. Плавильное отделение; монтаж- 5%		8753500	437675	9191175
2. Формовочное отделение; монтаж- 60%		42000000	25200000	67200000
3. Стержневое отделение; монтаж- 5%		3198300	159915	3358215
4. Смесеприготот.отделение; монтаж- 80%		9429000	7543200	16972200
5. Термообрубное отделение; монтаж- 80%		5008500	4006800	9015300
Итого		68389300	37347590	105736890
III Инструменты и техническая оснастка и производственный инвентарь (Rсп * 1600 на 1 т. годного литья)				
1. Плавильное отделение				54000
2. Формовочное отделение				111000
3. Стержневое отделение				196500
4. Смесеприготовительное отделение				7050
5. Термообрубное отделение				306000
Итого				738000
IV Производственно-хозяйственный				

инвентарь				
1. Плавильное отделение, 40% от III.1				21600
2. Формовочное отделение, 8% от III.2				8880
3. Стержневое отделение, 16% от III.3				31440
4. Смесеприготот. отделение, 3% от III.4				2115
5. Термообрубное отделение, 50% от III.5				153000
Итого				217035
Итого по цеху				296675625

4.6 Сводная ведомость основных фондов и амортизационных отчислений

В состав основных фондов входит стоимость технологического и транспортного оборудования, включая доставку и монтаж; стоимость зданий и сооружений; стоимость инвентаря и оснастки. Данные по капитальным вложениям базового варианта берем по нормативным данным завода, сводим все в таблицу 35.

Таблица 35 - Сводная ведомость основных фондов и амортизационных отчислений

Наименование	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Z амортизационных отчислений за год
Здания	3118032000	3%	93540960
Сооружения	155901600		4677048
Технологическое оборудование	189983700	23%	43696251
Подъемно-транспортное оборудование	105736890	16%	16917902,4
Инструменты и техоснастка	738000	14%	103320
Производственно-хозяйственный инвентарь	217035		30384,9
Итого	3570609225		158965866,3

4.7 Расчет себестоимости 1 т. годного литья

Себестоимость одной жидкого металла рассчитывается по калькуляционным статьям затрат. В зависимости от количества статей затрат калькуляция себестоимости подразделяется на цеховую, производственную (общезаводскую) и полную себестоимость. Полная себестоимость плюс планируемая прибыль определяет оптовую цену единицы продукции.

В условиях литейного производства себестоимость одной тонны жидкого металла определяется в таблица 36.

Таблица 36 - Ведомость калькуляции себестоимости 1 т. жидкого металла

Статьи затрат	Затраты за год руб.	Затраты на 1 т. жидкого металла
1. Чугун (итого металлозавалки)	217989291,2	25762,37
2. Угар (5% от металлозавалки)	10899464,56	1288,12
Итого жидкого металла	228888755,76	27050,48

3. Флюсы, огнеупоры, топливо, энергия	140525070,91	2810,5
4. Основная зарплата производственных рабочих	53272547,06	1065,45
5. Дополнительная зарплата производственных рабочих	26103554,02	522,07
6. Отчисления на социальные нужды производственных рабочих 26% от ст.4+ст.5	20637786,28	412,76
7. Расход на содержание экспл. оборудования 350% от ст.4	186453914,71	3729,08
8. Цеховые расходы 150% от ст.4	79908820,59	1598,18
9. Транспорт. заготовительные расходы 5 % от итого ж. м.	11444437,79	1352,52
10. Потери от брака 5% от ст.1+ст.2+ст.3	18470691,33	1493,05
11. Общехозяйственные расходы 40% от ст.4+ст.5	31750440,43	158,75
12. Внепроизводственные расходы 10% от ст.8	8789970,26	159,82
Итого цеховая себестоимость 1 т. жидкого металла	806245989,15	40352,66
13. Накопление (прибыль) 12% от ст.13	96749518,7	4842,32
14. НДС (Σст13, ст14 - Σст1 , ст2) * 0,2	134821350,42	1752,68
15. Оптовая цена (Σст13, ст14, ст15)	1037816858,26	46947,66

4.8 Расчет нормативно-чистой продукции за год по цеху

$$НЧП = N_{год.} * Sнчп_{ц.} \quad (83)\ [30]$$

$$Sнчп_{ц.} = З_{о.р.} + З_{в.р.} + З_{и.с.} + П_{н.} \quad (84)\ [30]$$

$$П_{н.} = S_{ед.} * Р \quad (85)\ [30]$$

$$Р = (Ц_{оп.} - S^{1}_{ед.}/S_{ед.})*100\% \quad (86)\ [30]$$

$$Р = (46947,66 - 40352,66)/34299,76 * 100\% = 19,23\%$$

$$П_{н.} = 34299,76 * 19,23 = 659500 \text{ руб.}$$

$$Sнчп_{ц.} = 1065,45 + 522,07 + 412,76 + 659500 = 661500,3 \text{ руб.}$$

$$НЧП = 76923,08 * 661500,3 = 50884640438 \text{ руб.},$$

где $Sнчп_{ц.}$ - норматив чистой продукции по цеху, руб.;

$З_{о.р.}$, $З_{в.р.}$, $З_{и.с.}$ – зарплата основная и дополнительная с начислениями на соцстрахование на 1 т. годного литья по основным, вспомогательным рабочим, ИТР, СКП, МОП, руб.;

$П_{н.}$ - нормативная прибыль на 1 т. годного литья, руб.;

$S_{ед.}$ = 34299,76 руб. – себестоимость единицы продукции (85% от ст.13 из табл. 36)

Р – норматив рентабельности, %;

$Ц_{оп.}$ - оптовая цена единицы продукции, руб.;

$S^{1}_{ед.}$ - себестоимость 1 т. годного литья за вычетом прямых материальных затрат, руб.

4.9 Расчет товарной продукции по цеху

Определяем товарную продукцию цеха по формуле:

$$N_{тц.} = N_{год.} * Ц_{оп.} \quad (87)\ [30]$$

$$N_{тц.} = 76923,08 * 14992,75 = 3611358606 \text{ руб.},$$

где $N_{год.}$ – годовая программа жидкого металла, т.;

$Ц_{оп.}$ – оптовая цена жидкого металла, руб.

4.10 Расчет выработки продукции за год на 1 работающего

1. По нормативно-чистой продукции:

$$П_{нчп.} = НЧП/R_р \quad (88)\ [30]$$

$$П_{нчп.} = 50884640438/542 = 93883100,44 \text{ руб.}$$

2. По товарной продукции:

$$П_{тов.} = N_{тц.} /R_{р.} \quad (89)\ [30]$$

$$П_{тов.} = 3611358606/542 = 6663023,3 \text{ руб.}$$

где $R_{р.}$ – численность работающих по цеху, чел.

4.11 Расчет фондоотдачи

Определяем фондоотдачу по формуле:

$$Ф_{о.} = N_{тц.} /Ф_{осн.}, \quad (90)\ [30]$$

$$Ф_{о.} = 3611358606/3570609225 = 1,1 \text{ руб.},$$

где $Ф_{осн.}$ – стоимость основных фондов по цеху, руб.;
$N_{тц.}$ – товарная продукция по цеху, руб.

4.12 Расчет фондовооруженности

Определяем фондовооружённость по формуле:

$$Ф_{в.} = Ф_{осн.}/R_{р.} \quad (91)\ [30]$$

$$Ф_{в.} = 350609225/542 = 6587839,9 \text{ руб./чел.},$$

где $Ф_{осн.}$ – стоимость основных фондов по цеху, руб.;
$R_{р.}$ – списочная численность работающих в цехе, чел.

4.13 Расчет энерговооруженности труда

Определяем энерговооруженность труда по формуле:

$$Э_{в.} = Э_{дс.}/R_{осн.}, \quad (92)\ [30]$$

$$Э_{в.} = 110630754,34/344 = 321601,03 \text{ кВт*ч/чел}$$

где $Э_{дс.}$ - расход электроэнергии по цеху за год, кВт*ч;
$R_{осн.}$ – списочная численность основных рабочих цеха, чел.

4.14 Определение % снижения проектной себестоимости 1 т. годного литья по сравнению с базовым вариантом

Определим % снижения проектной себестоимости 1 т. годного литья по формуле:

$$С = (C_1 - C_2) / C_1 * 100\% \quad (93)\ [30]$$

$$С = (41000 – 40352,66) / 41000 * 100\% = 1,6\ \%,$$

где C_1 = 41000 руб. - себестоимость 1 т. литья по базовому заводу;
C_2 = 40352,66 руб. - себестоимость 1 т. литья по проекту.

4.15 Определение экономический эффект от внедрения проектного варианта технологического процесса

Определим экономический эффект от внедрения проектного варианта технологического процесса по формуле:

$$Э_{год.} = (C_1 - (C_2 + \Delta К / В * Е_{н.})) * В, \text{ руб.} \quad (94)\ [30]$$

$$Э_{год.} = (41000 - (40352,66 + 158965866,3/50000*0,15)) * 50000 = 8522120,1 \text{ руб.},$$

где ΔК - дополнительные капиталовложения по новому варианту, руб.;
ΔК = 158965866,3 руб. (см. табл. 35);
$Е_{н.}$ - нормативные коэффициент эффективности;
$Е_{н.}$ - 0,15 - для машиностроения;
В = 50000 т/год - годовой выпуск годного литья.

4.16 Определение годовую сумму экономии от снижения себестоимости

Определяем годовую сумму экономии средств от снижения себестоимости по формуле:

$$Э_{с/с.} = (С_1 - С_2) * В \quad (95)\ [30]$$

$$Э_{с/с.} = (41000 – 40352,66) * 50000 = 32367000 \text{ руб.},$$

где $С_1$ = 41000 руб. – себестоимость 1.т. литья по базовому заводу;
$С_2$ = 40352,66 руб. – себестоимость 1 т. литья по проекту;
В = 50000 т/год – годовой выпуск годного литья.

4.17 Срок окупаемости дополнительных капиталовложений

Срок окупаемости капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$Т_{ок.} = ΔК / Э_{с/с.};\ Т_{ок.\ норм.} \leq 5 \text{ лет} \quad (96)\ [30]$$

$$Т_{ок.} = 158965866,3/32367000 = 4,91 \sim 5 \text{ лет},$$

где ΔК – дополнительные капиталовложения по новому варианту, руб.;
$Э_{с/с.}$ – годовая сумма экономии средств от снижения себестоимости, руб.

4.18 Определяем коэффициент экономической эффективности капитальных вложений

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$Е_{эф.} = Э_{с/с.} /ΔК = 32367000/158965866,3 = 0,20, \quad (97)\ [30]$$

где ΔК – дополнительные капиталовложения по новому варианту, руб.;
$Э_{с/с.}$ – годовая сумма экономии средств от снижения себестоимости, руб.

Вариант проектируемого технологического процесса считается эффективным, если выполняется условие:

$Т_{ок.} < Т_{ок.\ норм.}$, при $Е_{эф.} > Е_{н.}$

В нашем случае имеем: $5,0 = Т_{ок.} \leq Т_{ок.норм.} = 5$лет

$0,2 = Е_{эф.} > Е_{н.} = 0,15$, т.е. условие выполняется.

Снижение себестоимости продукции по проектному варианту по сравнению с базовым вариантом производства чугунного литья на ООО "Промтрактор-Промлит" обеспечивается за счет внедрения высокопроизводительных АФЛ, АКЛ и АСЛ, производительность которых значительно выше по сравнению с применяемыми на заводе формовочными встряхивающими машинами моделей 703М, 232М, которые являются в принципе морально устаревшими моделями для серийных производств литейных заводов. Применение АФЛ, АКЛ и АСЛ в цехе

производства чугунного литья по проектному варианту по сравнению с базовым вариантом позволяет значительно повысить культуру производства.

4.19 Ведомость калькуляции себестоимости 1 т. годного литья по новому варианту

Себестоимость одной годного литья рассчитывается по калькуляционным статьям затрат. В зависимости от количества статей затрат калькуляция себестоимости подразделяется на цеховую, производственную (общезаводскую) и полную себестоимость. Полная себестоимость плюс, планируемая прибыль определяет оптовую цену единицы продукции. Оптовая цена плюс налог на добавленную стоимость (НДС) определяет оптовую цену с НДС на единицу выпускаемой продукции.

В условиях литейного производства себестоимость 1 т. годного литья определяется в таблице 37.

Таблица 37 - Ведомость калькуляции себестоимости 1 т. годного литья по новому варианту

Статьи затрат	Затраты за год руб.	Затраты на 1 т. годного литья, руб.
1. Цеховая себестоимость 1 т. жидкого металла	1037816858,26	46947,66
2. Возврат собственного производства (15% от 1 статьи)	155672528,7	7042,2
Итого основных материалов годной отливки	1193489386,99	53989,8
3. Вспомогательные материалы за исключением плавил. отделения	111139392,93	2222,79
4. Энергия и топливо	125710059	2514,2
5. Основная зарплата производственных рабочих (за исключением плавил. отделения)	47594032,06	951,88
6. Дополнительная зарплата производственных рабочих (за исключением плавил. отделения)	23321081,62	466,42
7. Отчисления на социальное страхование 26% от ст.5 + ст.6	18437929,56	368,76
8. Потери от брака 5% от (ст.1 + ст.2 + ст.3)	65231439	1304,63
9. Общепроизводственные расходы		
а) Расход на содержание эксплуатируемого оборудования 350% от ст.5 + ст.6	248202897,88	4964,1
б) Цеховые расходы 150% от 5ст.	71391048,09	1427,82
в) Износ 150% от 9а	372304346,82	7446,09
10. Цеховая себестоимость 1 т. годного литья	2276821613,95	75656,45
11. Общехозяйственные расходы 40% от ст.5	19037612,82	380,75
12. Производственная себестоимость 110% ст.11	20941374,1	418,83
13. Внепроизводственные расходы 20% от ст.12	4188274,82	83,77
Итого затрат	44167261,75	76539,80

4.20 Расчет капиталовложений, принимаемых к расчету, по сравниваемым вариантам

За базу для сравнения эффективного капиталовложений принимаем заводской вариант выпуска чугунного литья. За новый вариант принимаем сделанные расчеты по заданным условиям выпускной квалификационной работы.

В данном случае взят литейный цех «Промтрактор-Промлит» - тракторного завода. Для получения правильных результатов сравниваем варианты. Сравнения приводятся к сопоставляемому виду. Условие сопоставляемости является:

- один и тот же химический состав выпускаемого металла (соответственно исходные данные для изготовления жидкого металла).
- одно и тоже качества выпускаемой продукции.

Сравнение значений принимаем за один и тот же годовой обмен выпускаемой продукции, то есть сравниваются годовые программы цехов.

Таблица 38 - Сравнение годовых программ цехов

Элементы капитальных вложений	Сумма капитальных вложений		Экономия (+), перерасход (-)	
	базовый	новый	руб.	%
1. Здания	4818918456,00	3118032000,00	1700886456,00	54,55
2. Сооружения	161877308,33	155901600,00	5975708,33	3,83
3. Техническое оборудование включающее монтаж	2101219,72	189983700	201382,72	10,61
4. Подъемно-транспортное оборудование включающее монтаж	115147473,2	105736890,00	9410583,21	8,89
5. Технологическая оснастка, дорогостоящий инструмент	737616,24	738000,00	-383,76	-0,052
6. Производственно-хозяйственный инвентарь	21711096	217035,00	75,96	0,035
7. Себестоимость 1 т. жидкого металла	41000	40352,66	647,34	1,6
8 Затраты на 1 т. годного литья	56586,01	46947,66	9638,35	20,53
Всего капиталовложений принимаемых к расчету	5099096770,48	3382612662,32	1716484108,16	100,00

4.21 Технико-экономические показатели

Технико-экономические показатели сведены в таблицу 39.

Таблица 39 - Технико-экономические показатели

№	Наименование показателей	По проекту (новый)	По заводу (базовый)
1	Выпуск годного литья (В), т/год	50000	50000
2	Выход годного литья, %	65	61
3	Выработка на 1 рабочего в натуральном выражении, т.	102,88	82,29
4	Выработка на 1 работающего, т.	92,25	76,92
5	Средняя зарплата:		
	основных рабочих	18726,67	15000
	вспомогательных рабочих	15741,52	10000
	руководителей	30113,2	28000
	служащих и специалистов	173992	14000
6	Основные фонды, руб.		
	Общая стоимость основных фондов в том числе:	3382525362,0	5098999184,5
	здания	3118032000	4818918456,0
	сооружения	155901600	161877308,33
	технологическое оборудование	1899837	2101219,72
	подъемно-транспортное оборудование	105736890	115147473,2
	инструменты и техоснастка	738000	737616,24
	производственно-хозяйственный инвентарь	217035	21711096
7	Площадь, $м^2$	28074	33832
8	Численность рабочих, чел.:	486	560
	основных	344	362

	вспомогательных	142	198
9	Количество цехового персонала:		
	руководители	53	56
	служащие и специалисты	36	34
10	Общая численность в цеху, чел.	542	650
11	Режим работы:		
	рабочих дней в году	254	254
	рабочих смен в сутки	3	3
	продолжительность смены, ч.	8	8
12	Себестоимость 1 т. жидкого металла, руб.	40352,66	41000
13	Себестоимость 1 т. годного литья, руб.	46947,66	56586,01
14	Фондоотдача, руб.	1,1	1,03
15	Фондовооруженность, руб./чел.	6587839,9	6407588,56
16	Энерговооруженность, кВт*ч/чел	321601,03	295090,62

5. Охрана труда и экология

5.1 Общие требование безопасности при работе в цехе

1 Общие требования

1.1 Разработку, организацию и проведение технологических процессов изготовления отливок из черных и цветных металлов и их сплавов необходимо производить с соблюдением требований безопасности, устанавливаемых ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.027, ГОСТ 18169, Санитарными правилами организации технологических процессов и гигиенических требований к производственному оборудованию (N 1042-73) и др.

1.2 Безопасность технологических процессов в литейном производстве должна обеспечиваться:

1.2.1 Исключением средствами коллективной или индивидуальной защиты непосредственного воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов;

1.2.2 Выполнением требований:

ГОСТ 12.1.010 - при процессах, протекающих с применением веществ, способных к образованию взрывоопасной среды;

ГОСТ 12.3.024 - при изготовлении форм и стержней из песчано-смоляных смесей;

ГОСТ 12.3.028 - при работах абразивным и эльборовым инструментом;

ГОСТ 12.3.009 - при погрузочно-разгрузочных работах;

ГОСТ 12.3.020 - при транспортировке грузов;

ГОСТ 12.1.004, Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ-01-93) при пожароопасных работах;

1.2.3 Выполнением работ, связанных с применением легковоспламеняющихся жидкостей и вредных веществ, со значительными выделениями тепла и пыли, на специально оборудованных и изолированных (от других производств) участках.

1.3 Требования безопасности к технологическим процессам должны быть изложены в технологической документации. Контроль за включением этих требований и полнотой их отражения в технологической документации осуществляет служба главного металлурга (технолога) предприятия.

1.4 Технологические документы подлежат утверждению при наличии в них требований безопасности.

1.5 Технологические процессы, при которых применяются или образуются вещества 1-го или 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007,должны проводиться непрерывным замкнутым циклом, исключающим контакт работника с этими веществами, а также выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации. Применение специальных систем улавливания и утилизации этих веществ и контроль за содержанием их в воздухе рабочей зоны обязательны.

1.6 Технологический процесс должен выполняться только на том оборудовании, которое указано в технологической документации, и по технологическим режимам в пределах допустимых параметров оборудования без его перегрузки.

1.7 Организацией рабочего места необходимо обеспечить нахождение работника за ограждением опасных зон оборудования.

1.8 Остановка оборудования на ремонт, смазку, чистку, осмотр и т.п. должна производиться дежурным электромонтером отключением главного рубильника и запиранием его на замок в положении "выключено" или снятием плавких предохранителей. Пуск оборудования необходимо осуществлять с обеспечением мер при работах с повышенной опасностью.

2.2Смесеприготовление.

2.2.1 Материалы, используемые для приготовления формовочных и стержневых смесей, должны иметь паспорта-характеристики (сертификаты). применение новых материалов допускается только после их санитарно-гигиенической проверки и согласования в установленном порядке с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России.

2.2.2 Основные процессы приготовления формовочных и стержневых смесей, транспортировка исходных материалов и смесей должны быть механизированы.

2.2.3 Подача легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и вредных веществ в смеситель должна быть автоматизирована.

2.2.4 Подогрев застывших жидкостей в сливных и других устройствах должен производиться без применения открытого огня.

2.2.5 Сливно-наливные операции с ЛВЖ нельзя производить во время грозовых (атмосферных) разрядов и вблизи искрообразующих механических машин и электрических цепей. В помещениях, где производятся эти операции, должны быть устройства для защиты от статического электричества.

2.2.6 В местах работы с ЛВЖ должны быть установлены знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026.

2.2.7 Варка жидкого стекла из твердого силикатного материала, используемого для приготовления жидкостекольных формовочных смесей, должна осуществляться в специальных автоклавах в изолированных помещениях. Щелочные стоки от участка варки должны быть нейтрализованы, при этом должны применяться меры по исключению взрывоопасных ситуаций такие, как:

поддержание активным вентилированием в смесителе атмосферы ниже 25% нижнего порога взрываемости;

исключение искрообразований, открытого пламени, коротких замыканий с образованием дуги и пр.;

электростатическое заземление всех металлических деталей установки и др.

2.2.8 Отработанные стержневые и формовочные смеси непосредственно перед повторным использованием должны очищаться от металлических включений электромагнитным сепарированием.

2.2.9 В зоне действия электромагнитного сепаратора не должны находиться детали из намагничивающихся материалов и в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.006 должны быть приняты меры ограничения доступа работников к установке во время ее работы и меры защиты работников от воздействия электромагнитного поля.

2.2.10 Работы, связанные со спуском работников в бункера и другие закрытые и полузакрытые емкости с сыпучими материалами, должны осуществляться по нарядам-допускам в соответствии с утвержденными проектами производства работ с разрешения и в присутствии руководителя работ и при условии применения предохранительного пояса с надежно закрепленным страховочным тросом.

2.2.11 Для спуска работников в бункера должны применяться устойчиво закрепляемые переносные лестницы с поручнями и площадками.

2.2.12 Следует избегать применения мазута взамен угля для формовочных составов. Такая замена может быть допущена только по согласованию с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России и с обеспечением требований по вентиляции участков производства работ и организацией раздельных зон литья и охлаждения.

2.2.13 Литейный цех должен снабжаться сульфидным щелоком в жидком состоянии. В случае варки сульфидного щелока в цехе варочные баки должны помещаться в вытяжных шкафах, скорость движения воздуха в которых должна быть не менее 0,7 м/с.

2.2.14 Управление системой механизированного смесеприготовительного отделения должно быть, как правило, централизованным. При этом пуск и

остановка машин и механизмов должны осуществляться в определенной последовательности, устанавливаемой производственной инструкцией.

2.2.15 Все агрегаты смесеприготовительного отделения должны быть связаны с пультом управления сигнализацией.

2.3 Изготовление литейных форм и стержней.

2.3.1 Рабочие места для изготовления опочных форм и стержней должны быть оборудованы провальными решетками либо другими устройствами, обеспечивающими удаление просыпи формовочной смеси.

2.3.2 Бескессонная почвенная формовка разрешается при глубине заливаемой металлом полости формы от нулевой отметки пола не более 1,0 м. при уровне грунтовых вод в максимальном их подъеме не менее 1,0 м. от дна формы и при обязательном контроле отсутствия влаги. Уровень грунтовых вод должен регулярно проверяться по контрольному колодцу. При невозможности обеспечения этих требований формовка должна производиться только в гидроизолированных кессонах, в которых также должна осуществляться проверка отсутствия влаги.

2.3.3 Опоки должны иметь прочные, надежно закрепленные цапфы, шкивы, ручки, скобы, обеспечивающие уравновешенное и безопасное зацепление и транспортировку их грузоподъемными устройствами. На концах цапф должны быть кольцевые буртики, исключающие возможность срыва (выскальзывания) опоки из чалочных приспособлений при ее кантовании и перемещении. Крепление верхней и нижней опок должно быть надежным, исключающим уход металла по разъему при заливке формы.

2.3.4 Кантовка заформованных тяжелых опок, поднятых краном, должна осуществляться на балансирах с роликами или с помощью других специальных приспособлений. Допускается кантовка на разрыхленном слое формовочной смеси. Любой способ кантовки должен исключать ударный рывок подвески крана от неуправляемого падения опоки при повороте.

2.3.5 Опоки, транспортируемые по рольгангам, должны быть снабжены приливами, исключающими защемления рук работника между опоками, а также должны быть приняты конструктивные меры, исключающие попадание рук работника между нижним кантом опоки и роликом рольганга или другими его конструктивными деталями.

2.3.6 Опоки должны складироваться в штабеля горизонтально с обеспечением устойчивости. Пол под штабелем должен быть горизонтальный, ровный. Земляной пол должен быть плотно утрамбован или иметь подкладки с развитой площадью опоры. Запрещается устанавливать в штабель большую опоку на меньшую.

Высота штабеля опок, ширина проходов между штабелями должны соответствовать требованиям.

2.3.7 Зона действия кантующего механизма должна быть ограждена или в случае невозможности ее ограждения наружные поверхности кантующего

механизма должны быть окрашены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026.

2.3.8 Исправление и отделка форм в подвешенном состоянии с нахождением людей под формой не допускается. Для этого форма должна быть опущена на специальные подставки.

2.3.9 В машинах с перекидным столом зазор между опущенными рычагами поворота стола и полом должен быть не менее 150 мм. или должно быть предусмотрено специальное ограждение рычагов. У машин с поворотным столом и тележкой для приема заформованных опок должно применяться управление двуручным включением, должна быть механизирована выкатка тележки из-под машины. Зона поворота должна быть ограждена. Управление машиной должно производиться обязательно с места оператора. Холостой ход и самозапуск прерванного поворотного движения должны быть исключены. [33]

2.3.10 Для очистки и удаления песка, пыли с поверхностей модельной оснастки, оборудования, стержней и форм должны применяться пылеотсасывающие устройства и приспособления. Обдувка сжатым воздухом не допускается. Допускается использование щеток-сметок.

2.3.11 Покрытие поверхностей форм и стержней противопригарными красками и веществами (порошком графита, тальком и др.) должно производиться способами, исключающими распространение их аэрозолей в воздухе рабочего помещения. Применение индивидуальных защитных средств работниками обязательно.

2.3.12 В зоне ближе 5 м. от мест нанесения на формы и стержни покрытий из воспламеняющихся материалов не должны находиться источники возгорания и не должна осуществляться транспортировка воспламеняющихся жидких масс.

Емкости для воспламеняющихся материалов покрытия должны быть устойчивыми и с плотно закрывающимися крышками.

2.3.13 Нанесение покрытия методом разбрызгивания должно производиться на стенде разбрызгивания с отсосом рабочей среды. Участок нанесения покрытий из воспламеняющихся материалов должен быть оборудован в противопожарном отношении в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004, Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ-01-93).

2.3.14 Сушка форм и стержней должна производиться способами, исключающими выделение в рабочее помещение газов, пыли и значительного количества тепла.

2.3.15 При сушке в печах форм и стержней с нанесенными на них покрытиями из воспламеняющихся материалов необходимо обеспечивать условия, при которых в этих печах концентрация паровоздушной смеси в любой их зоне не превышала бы 25 % нижнего предела ее взрываемости.

В зоне загрузки печи должны быть вывешены таблицы с указанием допустимого количества загрузки форм и стержней при камерной сушке и допустимой плотности загрузки форм и стержней при непрерывном варианте сушки.

2.3.16 Этажерки для сушки стержней должны иметь прочные крюки для зацепления чалочными цепями и решетками с упорами, исключающими выпадение стержневых плит. Этажерки должны быть испытаны на грузоподъемность.

2.3.17 Растопка сушил, работающих на твердом топливе, должна осуществляться способом и средствами, исключающими применение ЛВЖ.

2.3.18 При составлении просушиваемых полуформ в штабеля между ними должны укладываться одинаковые по форме и размерам металлические прокладки.

Размещение опок на тележках, вкатываемых в сушильную камеру, зависит от объема камеры и размеров загружаемых изделий и должно определяться разрабатываемыми в организации технологическими картами.

2.3.19 Вкатывание тележек с опоками и стержнями в камеры сушильных печей и их выкатывание должно быть, как правило, механизировано. Ручная загрузка допускается для тележек малых размеров.

2.3.20 При механизации загрузки сушил и сушильных камер следует ограждать опасные зоны возможного травмирования работников. Зоны передвижения тележек относительно конструкций сушильных печей следует ограждать защитными сооружениями.

Тележки механизированного передвижения должны быть оборудованы тормозами и автоматически действующим ограждением.

2.3.21 Приямки сушильных печей должны быть ограждены металлическими перилами высотой не менее 1,0 м. и иметь удобный спуск в них. Приямки, расположенные в зонах, где перемещение грузов осуществляется кранами, должны перекрываться прочными решетками. Приямки сушильных печей, расположенные вне помещений, должны иметь навесы.

2.3.22 Для предварительной сушки в почве полуформ и стержней без воспламеняющихся связующих материалов должны применяться электрические воздухонагреватели, газовые сушилки, а также химическое затвердение форм и стержней на жидком стекле с применением углекислого газа, поверхностная подсушка инфракрасными лучами и др.

2.3.23 Топки строящихся и реконструируемых сушильных камер, работающих на твердом топливе и предназначенных для сушки опок и стержней, изготовленных из смесей невоспламеняющихся связующих материалов или материалов для покрытия, должны размещаться в изолированных помещениях.

2.4 Подготовка металлической шихты

2.4.1 Поступающие в литейные цехи шихтовые материалы должны иметь токсикологическую характеристику.

2.4.2 Разделка металлического лома, бракованных отливок и т.п. должна производиться на копровых или скрапоразделочных дворах, скрапоразделочных цехах или на скрапоразделочных участках.

2.4.3 Территория копровых дворов должна располагаться не ближе 100 м. от рабочих помещений, иметь ограждения, знаки безопасности, плакаты и предупредительную сигнализацию, сообщающую о работе копра.

2.4.4 Шатер копра должен быть огражден прочными стенами на высоту не менее 0,75 высоты максимального подъема копровой бабы. Ограждение должно быть стальным или деревянным из брусьев (шпал) толщиной не менее 150 мм. Нижняя часть ограждения копра высотой до 4 м. должна иметь двойные стенки из брусьев толщиной 300 мм. или из бетона, защищенного стальной броней.

2.4.5 Входы-проемы в ограждаемое пространство копра должны быть оборудованы оградительными стенками, исключающими вылет осколков. Оградительные стенки должны быть выполнены из стальных листов толщиной не менее 10 мм. или из бревен достаточной прочности.

2.4.6 Наверху пирамиды копра должна быть устроена крыша и площадка для обслуживания тросового блока. Блоки подъемного механизма копровой установки должны иметь прочные борта и устройства, препятствующие выпадению ослабленной ветви троса из ручья блока.

2.4.7 Рабочее место мотористa (крановщика) и подъемная лебедка должны располагаться вне рабочей зоны копра в специально оборудованном помещении с прочными стенами и потолком, предохраняющими мотористa от отлетающих осколков.

2.4.8 Рабочее место мотористa и копровая площадка должны быть оборудованы двухсторонней сигнализацией, установленной в безопасных местах.

2.4.9 Сбрасывание поднятой копровой бабы с заданной высоты должно производиться автоматически. Механизм подъема копровой бабы должен иметь автоматические ограничители остановки ее в верхнем положении.

2.4.10 Тормозное устройство подъемной лебедки должно обеспечивать остановку копровой бабы при подъеме на любой высоте.

2.4.11 Загрузка металлического лома на шабот копра должна производиться краном или лебедкой с применением катков. Транспортировка металлического лома основной лебедкой подъема запрещается.

2.4.12 Краны копровых дворов должны быть связаны с копровым устройством блокировкой, исключающей заход крана в зону копра во время его работы.

2.4.13 Во время подъема и сбрасывания копровой бабы при разбивании металлического лома в радиусе до 100 м. от копра работники должны находиться в укрытии.

2.4.14 Кабина крановщика и механизмы крана, обслуживающего копровую установку, должны быть защищены от повреждений разлетающимися осколками прочной металлической обшивкой или сеткой.

2.4.15 Разделка металлического лома на механических чушколомах или прессах должна производиться с применением специальной оснастки, обеспечивающей безопасность работников.

2.4.16 Разделка металлического лома взрывом разрешается только на предприятии, располагающем специально оборудованной площадкой с бронированными ямами-котлованами. Подача лома в подрывные ямы должна быть механизирована. Взрывные работы по разделке металлического лома необходимо выполнять в строгом соответствии с правилами безопасности при взрывных работах.

2.4.17 Площадки с бронированными ямами-котлованами должны быть расположены от зданий и сооружений на расстоянии не менее 200 м. и ограждены в радиусе 25 м. прочными ограждениями. Стены ям-котлованов должны быть облицованы стальными плитами и иметь стальное перекрытие (крышу) толщиной не менее 15 мм. Крыша подготовленной к работе ямы-котлована должна перехватываться с четырех сторон цепями.

2.4.18 При проведении взрывных работ должен применяться аммонал или другие взрывчатые вещества типа аммонитов. Применение динамита не допускается.

2.4.19 Взрывные работы должны выполняться обученными рабочими, имеющими специальные удостоверения на право производства взрывных работ, и работы должны производиться под руководством опытного пиротехника.

2.4.20 Приемка, сортировка и проверка металлического лома на отсутствие взрывчатых веществ и пустотелых закрытых объемов, на отсутствие легковоспламеняющихся веществ должны производиться в соответствии с ГОСТ 2787.2 и ГОСТ 1639.

Контроль на радиоактивность должен производиться при приемке скрапа при поступлении его в организацию. При обнаружении радиоактивности такой металлолом или другие материалы в обязательном порядке должны пройти дезактивацию.

2.4.21 Для удаления шлама и остатков ЛВЖ металлическая стружка должна подвергаться подогреву и сушке.

2.4.22 Разделка материалов (лигатуры, флюсов и т.п.), содержащих вредные компоненты, должна быть автоматизирована или механизирована с принятием мер по защите работающих от их вредного воздействия.

2.4.23 Уборку отходов из-под магнитного сепаратора необходимо производить при выключенном оборудовании с применением приспособлений из немагнитных материалов.

2.4.24 Для уборки просыпей из-под оборудования должны быть предусмотрены средства механизации, обеспечивающие безопасность работников при выполнении этих операций.

2.4.25 Огневая резка металлического лома должна производиться с обеспечением требований безопасности при производстве газо - и электросварочных работ.

2.4.26 Замкнутые сосуды (резервуары, баллоны, бочки и т.п.) должны быть освобождены от содержимого и влаги. Внутренние полости их должны быть

доступны для осмотра, для чего горловины этих сосудов должны быть открыты, днища вскрыты или иметь второе отверстие.

2.4.27 Пол шихтового двора, где производится разгрузка и разделка металлического лома, должен быть ровным, выполненным из прочного материала и не иметь выбоин и ям.

Если транспортировка шихты осуществляется магнитной шайбой, то пол должен быть из немагнитных материалов.

2.4.28 Шихтовые дворы литейных цехов должны быть крытыми и оборудованы грузоподъемными устройствами.

2.4.29 Нахождение на территории шихтового двора работников, непосредственно не связанных с работой шихтового двора, не допускается. [33]

5.2 Условия труда

Условия труда на рабочих местах литейного цеха определяются комплексом факторов производственной среды, к которой относится: содержание пыли и вредных веществ в воздухе рабочей зоны, интенсивности теплового излучения, освещенность, шум, вибрация.

Условия труда в литейном цехе являются неблагоприятными для здоровья работающих и могут служить причиной целого ряда профессиональных заболеваний, вероятность которых возрастает с учетом соответствующего действия других факторов, таких как тяжелая физическаянагрузка, микроклимат, раздражающие газы, а также наличие тепловых излучений в сочетании с потоками холодного воздуха приводит к частым простудным заболеваниям.

Неблагоприятные условия труда снижают работоспособность, повышают утомляемость, притупляют внимание и способствуют возникновению травмоопасных ситуаций. Тяжелые и неудовлетворительные условия труда являются причиной роста текучести кадров.

Уровень заболеваемости в количественном отношении на 1000 работающих в среднем составляют:

- неврит слухового органа — 1,15;
- виброболезнь — 0,65;
- силикоз—0,71;
- хронический бронхит — 0,42.

Неврит слухового органа чаще всего выявляется у обрубщиков; силикоз — у обрубщиков и чистильщиков литья, стерженщиков, земледелов и слесарей-ремонтников. Профессиональные заболевания у литейщиков выявляются в основном при стаже работы 13-19 лет и в возрасте 35-40 лет. [5, 23]

5.3 Характеристика проектируемого цеха с точки зрения опасных и вредных производственных факторов, а также мероприятия по охране труда

При проведении технологического процесса в проектируемом цехе стального литья на всех стадиях получения отливок возможные следующие опасные и вредные производственные факторы. [5, 23]

Таблица 40 - Опасные и вредные производственные факторы

Вредные факторы	Источники выделения	Мероприятия по охране труда
Вредные вещества	Все стадии тех.процесса	Общая и местная вентиляция, индивидуальные средства защиты
Избыточная теплота	Плавка металла, заливка, охлаждение форм, очистка стержней, подсушка ковшей	Общая вентиляция, применение защитной одежды, теплоизолирующих материалов
Вибрация	Ударное воздействие при формовке, выбивке и очистке	Установка оборудования на виброамартизирующем фундаменте, применение средств от вибрации
Шум	Формовка, выбивка, обрубка, зачистка	Применение средств от шумоизоляции и звукоизоляции, применение средств защиты от шума (СИЗ)
Электрический ток	Электропечи, машины и механизмы с электроприводом, подъемно-транспортное	Защитное заземление, защитное отключение изоляция токопроводящих частей оборудования
Электромагнитные поля	Сушка	Экранирование, защитные кожухи
Пыль	Смесеприготовительное, формовочное, стержневое, плавильное отделение, транспортировка форм, выбивка,	Вентиляция, применение индивидуальных средств защиты

5.4 Содержание вредных веществ на рабочих местах

При приготовлении стержневых смесей в СПЦ выделяются загрязняющиеся вещества, пыль, пары бензина (керосина), кислот, смол, которые удаляются в атмосферу вытяжной вентиляцией. Выбросы загрязняющих веществ не должны превышать нормативов ПДВ. При превышении нормативов ПДВ ОГМет совместно с НИО, ОГЭ, СЛЗ разрабатывает технические решения по сокращению выбросов.

При приготовлении формовочной смеси в бегунах: на сите выделяется пыль, которая отсасывается вентиляцией и улавливается в скрубберах. Сточных вод от данного техпроцесса нет. Все проливные воды после промывки и чистки бака для отработанного щелочного раствора используются для приготовления глинистой суспензии.

Смесь щелочных растворов в канализацию сливать запрещается.

Отработанная формовочная смесь вместе с остатками стержней собирается в бункер. Техническое решение по использованию отработанной горелой земли разрабатывает ОГМет. совместно с НИО.

При выплавке стали выделяются загрязняющие вещества: пыль - металла с содержанием окислов железа, марганца, окись углерода, сернистый ангидрид, двуокись азота, которые отсасываются и выбрасываются в атмосферу вытяжной вентиляцией. Пыль улавливается в рукавных фильтрах.

При заливке литейных форм выделяются: пыль металла с содержанием окислов железа, окиси углерода, которые отсасываются и выбрасываются в атмосферу вытяжной вентиляцией. Сточных вод от данных процессов нет. Охлаждение печи обеспечиваются оборотной системой водоснабжения. Образующийся шлак подвергается грануляции. [5, 23]

При приготовлении противопригарных красок в СПЦ выбросов, стоков не образуется. Забракованные материалы, используемые при приготовлении красок, возвращаются на склад ЦПХМ материалов разрабатывается НИО совместно с ОГМет. Концентрация в воздухе рабочей зоны не должна превышать значение ПДК, приведенной в таблице 41.

Таблица 41 - ПДК вредных веществ

Вещество	Источники выделения	Класс опасности	Агрегатное состояние	ПДК, мг/м^3	
				На производстве	В жилом районе
Двуокись кремния кристаллическая	Приготовление форм и стержневой смеси, выбивка ленточные транспортеры	3	Твердое	1	0,09
MnO_2	Плавка	2	Твердое	0,3	0,002
Ацетон	В воздухе рабочей зоны при приготовлении красок	4	Газообразное	200	0,3
Уайт-спирит*	В воздухе рабочей зоны на участке грунтовки	4	Газообразное	300	1,5
Спирт этиловый*	В воздухе рабочей зоны при приготовлении красок и смесей	4	Газообразное	6	0,5
Фенол (пары)	Приготовление стержневых смесей	2	Газообразное	0,3	0,015

Продолжение таблицы 41

Формальдегид	При приготовлении стержней в нагреваемой оснастке	2	Газообразное	0,5	0,035
Окись углерода CO*,CO_2	Плавильные агрегаты, залитые формы в процессе остывания, сушильные печи	4	Газообразное	20	0,6
Двуокись серы	Плавка металла	2	Газообразное	5	0,07
Окись хрома	Плавка металла	1	Газообразное	0,01	0,00005
NO_2	Плавка металла	1	Газообразное	0,085	0,000011
Окислы железа $Fe_2Oз$, FeO	Плавка металла	4	Твердое	2	0,3

Бензапирен	Плавка металла	1	Твердое	0,0005	0,000005

*- Пожароопасные (категория В)

5.5 Мероприятия по охране труда в плавильном отделении

Технологические операции, выполняемые в плавильном отделении, характеризуются значительным выделением выбросов в виде пыли, газов, избыточной теплоты и шума.

Большое количество пыли выделяется при плавке и разгрузки шихты, выбивке и ремонте футеровки печей и ковшей. Угарные и сернистые газы выделяются при остывании шлака.

При производстве 1 т. литья выделяется 200 - 300 тыс. ккал теплоты. Работа печей, загрузка шихты и ремонт набивной футеровки плавильных печей сопровождается шумом.

Для борьбы с перечисленными факторами предусмотрены следующие мероприятия:

- Механизация и автоматизация процессов плавки и загрузки шихты.
- Устройство местной и общей вентиляции в местах интенсивного теплового излучения (вытяжка и приточка).
- Грануляция шлака и водяное охлаждение плавильных агрегатов.
- Для восстановления водно - солевого баланса организма рабочих плавильных отделений предусмотрены агрегаты газированной подсоленной воды из расчета 4 – 5 л. на человека в смену.
- Использование сталеварами и другими рабочими плавильного отделения средств индивидуальной защиты (СИЗ). [5, 23]

Таблица 42 - Предназначение СИЗ

№	Наименование СИЗ	Предназначение СИЗ
1	Каска «Труд»	Защита головы
2	Костюм брезентовый	Защита тела от теплового воздействия, от брызг расплава
3	Очки защитные затемненные	Защита глаз от излучения
4	Ботинки с металлическим носком	Защита от металлолома
5	Рукавицы брезентовые	Защита рук от теплового воздействия, от ожогов

5.6 Мероприятия по охране труда в формовочно – заливочно - выбивном отделениях

Для борьбы с вредными факторами формовочном, заливочном, выбивном отделениях предусмотрены следующие мероприятия:

- Устройство отсосов газов от мест заливки и охлаждения форм.
- Общая вытяжная система вентиляции над всеми отделениями.
- Устройство экранов.
- Использование рабочими средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Установка на опасных участках запрещающих, предупреждающих, информирующих знаков и табличек. [5, 23]

Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работы представлен проект цеха чугунного литья мощностью 50000 т/год на основе ООО «Промтрактор – Промлит», но со значительными изменениями.

В проектном цехе достигнут экономический эффект от внедрение проектного варианта технологического процесса в размере 8522120,1руб. в годовом выражение экономия средств составила 32367000 руб. В следствии чего закомерное снижение себестоимости 1 тонны годного литья с 41000 руб. до 40352,66 руб. (1,6%).

Снижение общепроизводственных расходов произошло за счет внедрения высокопроизводительного оборудования, а также за счет введение регенерации отработанной смеси вместо свежего песка.

В целом увеличилась производительность труда на участках, снизились затраты на электроэнергию и основные материалы, повысилось качество смеси, уменьшилось запыленность на участке.

Кроме того в сравнении с существующим технологическим процессом предусмотрены варианты безотходных технологий, а именно:

1) улавливание пыли с помощью пылеулавливающих установок позволило улучшить экологическую обстановку в цеху:
2) использование пыли из пылесборников для приготовления смеси;
3) введение комплекса регенерации отработанной смеси;
4) использование регенерата вместо свежих песков;
5) использование отвалов смеси в строительстве дорог.

Также в цехе снизилось количество вспомогательных рабочих, за счет четкой организации труда, своевременного ремонта и наладки оборудования в выходные дни, что способствовала снижению общепроизводственных расходов.

Список использованной литературы

1. Абрамов Г. Г. Справочник молодого литейщика: учеб. пособие / Г. Г. Абрамов, Б. С. Панченко. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 319с.
2. Автоматические, комплексно-механизированные, поточные линии и автоматизированные комплекты оборудования для литейного производства, выпускаемые заводами ВПО "Союзлитмаш": Каталог / М-во станкостроит. и инструм. пром-сти, Гос. проект. -технол. и эксперим. ин-т литейного машиностроения "Орглитмаш". - Москва: НИИмаш, 1979. - 120 с.

3. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов: учебник для машиностроительных вызов / П. Н. Аксенов. 2-е изд., перераб и доп. -М.: Машиностроение, 1977. – 510с.
4. Баланин И. Я. Технология очистки отливок: производственное издание / И. Я. Балакин, Ю. Н. Зинин. - СПб.: Машиностроение, 1986. – 182с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) / учеб. пособие для студентов средних проф. учеб. заведений / П. П. Кукин, В.Л. Лапин [и др.] – 4-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2007. – 335с.
6. Водеников Ю. А. Регенерация формовочных песков / Ю. А. Водеников, А. М. Московенко, М. Я. Руцкий // Литейное производство. - 2001. - №1. – С. 15-16.
7. Воздвиженский В. М. Контроль качества отливок / учебное пособие для втузов / В. М. Воздвиженский, А. А. Жуков, В. К. Бастраков. - М.: Машиностроение, 1990. – 237 с.
8. ГОСТ 3.1125-88 (СТ СЭВ 4406-83). Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – Введ. 1989-01-01. Переиздание – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 13с.
9. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные. - Введ. 1993-07-01. Переиздание – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2011. – 24с.
10. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 1987-07-01. Для отливок, выпускаемых и освоенных производством 1990-01-01. Переиздание – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2016. – 36с.
11. ГОСТ 3606-80. Комплекты модельные. Стержневые знаки. - Введ. 1993-07-01. Переиздание – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2016. – 15с.
12. Гуляев Б. Б. Теория литейных процессов: учеб. пособие для студ. вузов по спец. / Б. Б. Гуляев. - Л.: Машиностроение, 1976. – 214с.
13. Данные по преддипломной практике с ООО «Промтрактор –Промлит».
14. ДБН В.1.4-1.01-97. Регламентированные радиационные параметры. Допустимые уровни. – Введ. 1998-01-01 - К.: НПФ Роса, 1998. – 3с.
15. ДСТУ Б В.2.7-32-92. Песок плотный природный для строительных материалов, изделий конструкций и работ. Технические условия. – Введ. 1996-01-01 - К.: КНУСА, 1996. – 16с.
16. ДСТУ Б В.2.6-2-95. Изделия бетонные и железобетонные. Общие технические условия. – Введ. 1996-01-01 - К.: КНУСА, 1996. – 23с.
17. Евстигнеев А.И. Дисперсное армирование жидкостекольного связующего /А. И. Евстигнеев, В. В. Петров, Е. А. Тютина // Литейное производство. - 2006. - №2. – С. 9 -10.
18. Жуковский С. С. Прочность литейной формы / С. С. Жуковский. - М.: Машиностроение, 1989. – 285с.

19. Илларионов И.Е. Методические указания к курсовому проекту. Чебоксары ЧИ (ф) МГОУ, 2005. – 35с.
20. Калыгин В. Г. Промышленная экология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. Г. Калыгин. – М.: изд-во Academia, 2004. – 432с.
21. Касьянов И. М. Единая формовочная смесь / И. М. Касьянов // Литейное производство. - 2003. - №3. – С. 18.
22. Кукуй Д. М. Теория и технология литейного производства: учебник для вузов: в 2 – х ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Андрианов. – М.: ИНФРА-М; Минск: Новое знание, 2013. – 390с.
23. Лапин В.Л. Охрана труда в литейном производстве: учеб. пособие для проф.-тех. училищ / В. Л. Лапин, Н. И. Сердюк. - М.: Машиностроение, - 1990. – 128с.
24. Литейные машины, выпускаемые предприятиями Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности: номенклатур. справочник / НИИМАШ. – М.: [б. и.], 1970. – 49с.
25. Литниково-питающие системы: рук. по выполнению расчетов / А. А. Евлампиев [и др.]; отв. ред. А. А. Евлампиев. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1997. – 43 с.
26. Матвеенко И. В. Оборудование литейных цехов / учебник для учащихся средних специальных учебных заведений. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1985. — 400 с.
27. Металлофосфатные связующие и смеси: монография / И. Е. Илларионов [и др.]; под ред. И. Е. Илларионова. – Чебоксары: изд-во при Чувашском университете, 1995. – 524с.
28. Могилев В. Л. Справочник литейщика / В. Л. Могилев, О. И. Лев. - М.: Машиностроение, 1988. – 272с.
29. Новицкий Н. И. Организация производства на предприятиях: учебно-методическое пособие / Н. И. Новицкий. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 383 с.
30. Организация машиностроительного производства. Методические указания к выполнению курсового проекта. – Чебоксары, 2004. – 31с.
31. Основы проектирования литейных цехов и заводов: учебник для студентов вузов / Б. В. Кнорре [и др.]; под ред. Б. В. Кнорре. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1979. – 376с.
32. Петров А. Ю. Состояние и перспективы развития литейного производства России / А. Ю. Петров // Литейное производство. - 2015. - №2. – С. 2-3.
33. Правила по охране труда в литейном производстве. ПОТ Р М – 002 – 97
34. Пути создания рентабельного литейного производства на машиностроительных заводах // Литейное производство. - 2014. - №5. – С. 24-30.

35. Рустем С. П. Оборудование и проектирование термических цехов: учебник / С. П. Рустем. - М.: Машизд., 1982. - 288с.
36. Технология и оборудование для регенерации формовочных песков / А. К. Савченко [и др.] // Литейное производство. - 2006. - №4. – С. 33-34.
37. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – М.: Машиностроение, 1985. – 320с.
38. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Трухов [и др.] – М.: Издательский цент «Академия», 2005. – 528с.
39. Шалевская И. А. Исследование использования отходов формовочных смесей как сырьевого материала для строительной индустрии / И. А. Шалевская, Ю. И. Гутько // Литейное производство. – 2008. – №8. – С. 18-20.
40. Экономика и управление в машиностроении: учебное пособие для студ. сред. проф. учеб. заведений / Под ред. Н. Н. Кожевникова. - М.: Академия,2004.-208с.