

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розрахунок виробничої програми , вибір режиму роботи цеху, визначення фондів часу роботи устаткування

1.1.1 Розрахунок виробничої програми

Відповідно до завдання на проектування ливарного цеху кольорового литва задана обмежена і стійка номенклатура виливків з 20 найменувань, є всі необхідні дані по цих виливках. Тому розрахунки виробничої програми виконуємо за точною програмою [1].

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 1.1. Розрахунок проводимо на ЕОМ, результати наведені у додатку А.

1.1.2 Аналіз виробничої програми

Максимальна маса одного виливка з латунного сплаву – 0,63 кг, мінімальна маса латунного виливка – 0,02 кг, середня маса латунного виливка – 0,232 кг. Максимальна маса одного виливка з алюмінієвого сплаву – 1,48 кг, мінімальна маса алюмінієвого виливка – 0,05 кг, середня маса алюмінієвого виливка – 0,422 кг.

Річна кількість латунних виливків одного найменування становить – 16 1379 шт., алюмінієвих – 59 147 шт. За даними [1] проектний цех відноситься до цехів середньосерійного виробництва.

Таблиця 1.1 – Вихідні данні для розрахунку виробничої програми цеху

Найменування деталі	Кількість на виріб, шт.	Кількість виливків у прес-формі, кокілі, шт.	Маса, кг		Марка сплаву	Вид лиття
			ЛПС на 1 виливок	одного виливка		
1.Втулка	1	1	0,20	0,29	ЛЦ40С	кокіль
2.Втулка	1	2	0,24	0,60	ЛЦ40С	кокіль
3.Втулка	1	6	0,17	0,18	ЛЦ40С	кокіль
4.Золотник	1	6	0,04	0,05	ЛЦ40С	кокіль
5.Корпус підшипника	1	5	0,14	0,33	ЛЦ40С	кокіль
6.Корпус світильника	1	2	0,15	0,32	ЛЦ40С	ЛПТ
7.Кришка ЗУ	1	8	0,05	0,08	ЛЦ40С	ЛПТ
8.Палець натискний	1	1	0,09	0,13	ЛЦ40С	ЛПТ
9.Пробка	1	10	0,02	0,02	ЛЦ40С	ЛПТ
10.Шайба пружинна	1	4	0,22	0,33	ЛЦ40С	ЛПТ
11.Стакан	1	4	0,05	0,19	АК12	ЛПТ
12.Планка	1	5	0,17	0,25	АК12	ЛПТ
13.Планка	1	4	0,21	0,25	АК12	ЛПТ
14.Втулка дистанційна	1	6	0,09	0,16	АК12	ЛПТ
15.Панель	1	1	0,41	0,98	АК12	ЛПТ
16.Планка РЩ	1	1	0,48	1,48	АК12	кокіль
17.Прокладка	1	15	0,02	0,05	АК12	кокіль
18.Вставка	1	2	0,17	0,20	АК12	кокіль
19.Запобіжна шайба	1	2	0,08	0,21	АК12	кокіль
20.Фланець перехідний	1	4	0,20	0,45	АК12	кокіль

Примітки:

1. Випуск виливків на покриття браку – 4% від основної продукції.
2. Випуск виливків на запасні частини не передбачається.
3. Латунний сплав ЛЦ40С – згідно ГОСТ 17711-80; алюмінієвий – ДСТУ 2839-94.

1.1.3 Режим роботи і фонди часу

Для цеху кольорового лиття, середньосерійного виробництва приймаємо двозмінний паралельний режим роботи [1]. При паралельному двозмінному режимі роботи скорочується виробничий цикл виготовлення виливків, більш

раціонально використовується обладнання і площа цеху, збільшується якість та знижується собівартість виливків, з'являється можливість ізолювати в окремі приміщення, або локалізувати дільниці з шкідливими виділеннями.

Відповідно до прийнятого режиму роботи проектуемого цеху за даними [1] визначаємо ефективні річні фонди роботи обладнання. Отримані данні заносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Ефективний річний фонд часу роботи обладнання

Відділення цеху	Найменування устаткування	Модель обладнання	Кількість змін роботи	Річний фонд часу роботи		
				робочого місця	обладнання	робочого
Плавильне	Плавильні печі	ІЛТ-0,4М2, ІАТ-0,4/0,16	2	2070	3975	1781
Заливальне	Машини лиття під тиском Кокільна машина	117А07 5912	2	2070	3890	1781
Фінішних операцій	Фрикційні преса	ДО2130	2	2070	4080	1781
	Стрічково пильний верстат	ЛС80-4			4080	
	Обдирочно-шліфувальний верстат	3Б636			4080	
	Вібраційна машина очисна	695			4080	
	Камерна термічна піч	СНО-3,4			3975	
Стрижньове	Піскодувні полуавтомати Змішуючі бігуни	23225А1А 15101	2	2070	3975	1781

1.2 Розрахунок основних відділень ливарного цеху

До основних відділень проектуемого цеху кольорового лиття відносяться чотири відділення: плавильне, заливальне, стрижньове та відділення фінішної обробки виливків.

1.2.1 Розрахунок плавильного відділення

Розрахунок основних відділень цеху проводиться в наступній послідовності:

- вибір технологічного процесу;
- розрахунок програми відділення;
- вибір устаткування;
- розрахунок кількості устаткування;
- розрахунок річної потреби в шихтових матеріалах.

У цеху, що проектується, використовуються дві марки сплаву: латунний – ЛЦ40С, та алюмінієвий – АК12. У таблицях 1.3 і 1.4 згідно ГОСТ 17711-80 – для латунного лиття, та ДСТУ 2839-94 – для алюмінієвого лиття наведено хімічний склад сплавів.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сплаву ЛЦ40С

Сплав	Хімічний склад, %							
	основні		домішки					
	Cu	Pb	Sn	Sb	Mn	Fe	Al	Ni
ЛЦ40С	57-61	0,8-2	0,5	0,05	0,5	0,8	0,5	1,0

Таблиця 1.4 – Хімічний склад сплаву АК12

Сплав	Хімічний склад, %						
	основні		домішки				
	Si	Al	Mn	Fe	Mg	Cu	Zn
АК12	10,0-13,0	ост	0,5	1,5	0,1	0,6	0,3

1.2.1.1 Вибір технологічного процесу плавки

Для плавки латунних сплавів найбільш економічним процесом, що забезпечує мінімальну витрату електроенергії і вигар компонентів сплаву, є плавка в індукційних тигельних печах промислової частоти, для плавки алюмінієвих сплавів найбільш економічним процесом, що також забезпечує мінімальну витрату електроенергії і вигар компонентів сплаву, є плавка у індукційних тигельних печах промислової частоти.

1.2.1.2 Вибір обладнання

Визначаємо годинну потребу в рідкому металі:

$$П_M = \frac{Q_P \cdot K_H}{\Phi_E}, \quad (1.1)$$

де $П_M$ - годинна потреба в рідкому металі, т/год.;

Q_P - маса рідкого металу на програму, т;

K_H - коефіцієнт нерівномірності споживання [1];

Φ_E - ефективний річний фонд часу, год.

Для латунних сплавів:

$$П_M = \frac{588,710 \cdot 1,2}{3975} = 0,2 \text{ т / год},$$

для алюмінієвих сплавів:

$$\Pi_M = \frac{360,796 \cdot 1,2}{3975} = 0,1 m / год ,$$

Визначаємо ємність роздавального ковша за формулою[2]:

$$E_K = \Pi_M \cdot K_C \cdot K_P , \quad (1.2)$$

де E_K - ємність роздавального ковша, т;

K_C - коефіцієнт, що враховує максимально припустимий час розбору ковша, $K_C = 0,5 \div 0,7$;

K_P - коефіцієнт резерву на непередбачені витрати, $K_P = 0,5 \div 0,7$.

Визначаємо ємність роздавального ковша для латунного сплаву:

$$E_K = 0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,1 m ,$$

для алюмінієвого сплаву:

$$E_K = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,05 m ,$$

По ємності ковша обираємо найближчу більшу місткість плавильного агрегату. Так як $E_{II} = 3 \cdot E_K$ [2], то ємність ковша повинна дорівнювати для латунного сплаву - $E_{II} = 3 \cdot 0,1 = 0,3 m$, для алюмінієвого сплаву - $E_{II} = 3 \cdot 0,05 = 0,15 m$. Тому для латунного лиття обираємо індукційну тигельну піч промислової частоти моделі ІЛТ – 0,4М2. Технічна характеристика печі наведена у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика індукційної тигельної печі ІЛТ – 0,4М2

Найменування параметрів	Величина
Ємність печі, т	0,40
Споживча потужність, кВт	85,00
Потужність встановлена, кВт	100,00
Продуктивність по розплав і перегріву (розрахункова), т/год.	0,30

Ємність печі 0,4 т, для цехів середньосерійного виробництва з годинною потребою у рідкому металі 0,2 т/год, є оптимальною при наявності роздавальних печей у машин лиття під тиском, та на дільниці лиття у кокіль.

Для алюмінієвого лиття обираємо тигельну індукційну електропеч ІАТ – 0,4/0,18. Технічна характеристика тигельної електропечі опору ІАТ-0,4/16 наведена у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика індукційної тигельної електропечі ІАТ – 0,4/0,16

Найменування параметрів	Величина
Номінальна місткість тигля, т	0,40
Номінальна потужність трансформатора, кВт	180,00
Швидкість плавки при розплавленні й перегріві, т/год.	0,20
Розрахункова годинна продуктивність при повному циклі, т	0,13

Ємність печі 0,4 т, для цехів середньосерійного виробництва з годинною потребою у рідкому металі 0,1 т/год., є оптимальною при наявності роздавальних печей у машин лиття під тиском, та на дільниці лиття у кокіль. Печі забезпечують безперервне постачання рідким металом ливарне відділення.

1.2.1.3 Розрахунок програми плавильного відділення

Програмою плавильного відділення є баланс металу, що складається на основі відомості № 1 (Додаток А). Розрахунок балансу металу приведений у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Баланс металу по марках сплавів

Статті балансу	Марка сплаву				Всього по цеху, т/рік
	ЛЦ40С		АК12		
	т/рік	%	т/рік	%	
Придатне лиття	359,999	59,32	239,999	65,19	600
Литники і надливки	214,311	35,31	111,196	30,2	325,507
Брак виливків	14,400	2,37	9,600	2,61	24
Всього рідкого металу	588,711	97	360,796	98	949,507
Вигар і б / п втрати	18,208	3	7,363	2	25,573
Металозавалювання	606,918	100	368,159	100	975,08

Вигар і безповоротні втрати за даними [1], складає 3% для латунного литва, та 2% для алюмінієвого. Тоді згідно формулі (1.3)

$$y = \frac{Q_p \cdot \% \text{ вигара}}{100 - \% \text{ вигара}} \quad (1.3)$$

де Y – вигар, та безповоротні втрати, т;

Q_p - маса всього рідкого металу, т;

Вигар і безповоротні втрати для латунного литва складатимуть:

$$y = \frac{588,711 \cdot 3}{100 - 3} = 18,2 \text{ т},$$

для алюмінієвого литва:

$$Y = \frac{360,796 \cdot 2}{100 - 2} = 7,36 \text{ м.}$$

1.2.1.4 Розрахунок устаткування

Кількість печей визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{Q_p \cdot K_H}{\Phi_E \cdot q}, \quad (1.4)$$

де n_p - розрахункова кількість печей, шт.;

Q_p - маса рідкого металу на річну програму, т;

Φ_E - ефективний річний фонд часу роботи печей, год.;

q - годинна продуктивність печі, т;

K_H - коефіцієнт нерівномірності споживання металу, $K_H = 1,2$ [1].

Для латунного лиття:

$$n_p = \frac{588,710 \cdot 1,2}{3975 \cdot 0,3} = 0,6$$

для алюмінієвого лиття:

$$n_p = \frac{360,796 \cdot 1,2}{3975 \cdot 0,13} = 0,84$$

Прийнята кількість печей:

- для латунного лиття – 1 шт. Піч моделі ІЛТ – 0,4М2;

- для алюмінієвого лиття - 1шт. Піч ІАТ – 0,4/0,16.

Тоді коефіцієнт використання, згідно формулі (1.5):

$$K_B = \frac{n_p}{n_{пп}}, \quad (1.5)$$

де K_B - коефіцієнт використання;

$n_{пп}$ - прийнята кількість печей, шт.;

n_p - розрахункова кількість обладнання, шт.

Для печей ІЛТ – 0,4М2:

$$K_B = \frac{0,6}{1} = 0,6 ,$$

для печей ІАТ – 0,4/0,16:

$$K_B = \frac{0,84}{1} = 0,84 .$$

Розрахункова кількість мостових кранів. У плавильному відділенні мостові крани призначені для завантаження шихти в піч, заливання металу в ківш, транспортування ковшів, збиральних робіт, транспортування індукторів.

Приймаємо мостові крани вантажопідйомністю $Q = 5$ т. Відповідно до норм обслуговування 1 кран обслуговує 30-50 м довжини прольоту [1]. При наявності в прольоті 2-х печей приймаємо до установки 1 кран. Технічна характеристика мостового крана, приведена у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Технічна характеристика мостового крана

Найменування параметрів	Величина
Вантажопідйомність, т	5,00
Висота підйому вантажу, м	7,00
Швидкість підйому вантажу, м/с	0,13
Швидкість пересування, м/с	0,33

1.2.1.5 Розрахунок річної потреби в шихтових матеріалах

Для виготовлення сплаву ЛЦ40С використовуються чушкові матеріали відповідного заданого хімічного складу і вороття власного виробництва. Використовуються чушки марки ЛС ГОСТ 1020-77. Хімічний склад чушок надано у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Хімічний склад чушок ЛС, ГОСТ 1020-77

Марка матеріалу	Основні елементи (ост. Zn), %		Σ домішок, %
	Cu	Pb	
ЛС	56-61	0,8-1,9	2,0

Проводимо розрахунок шихти на 1 тону придатного литва (табл. 1.10).

Таблиця 1.10 – Норми витрат шихтових матеріалів сплаву ЛЦ40С на 1т придатного литва

Найменування матеріалів	Марка	ДСТУ, ГОСТ, ТУ	Норма витрат ЛЦ40С	
			%	кг
1	2	3	4	5
Металева шихта				
Латунь свинцева чушкова	ЛС	ДСТУ 1020-77Е	62,32	1050,65
Вороття власного виробництва	-	-	37,68	635,31
Усього	-	-	100,00	1685,96
Флюси, модифікатори, розкислювачі (зверх 100%)				
Флюс(покривно-рафініруючий) – 2,5% маси металу				
Фтористий калій	CaF ₂ (50%)		1,25	21,00
Фтористий магній	MgF ₂ (50%)		1,25	21,00
Усього	-	-	2,5	42,00

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5
Розкислювачі				
Фосфориста мідь			0,15	2,53
Відходи власного виробництва				
Вороття виробництва	-	-	37,68	635,31
Вигар і безповоротні втрати	-	-	3	19,05
Усього	-	-	40,68	654,36
Вихід придатного				
Придатне лиття	-	-	59,32	1000,06

Річну потребу в шихтових матеріалах визначаємо на підставі норми витрат на 1 т придатного. Результати розрахунків зводимо до таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Річна потреба в шихтових матеріалах для лиття зі сплаву ЛЦ40С

Найменування матеріалів	Марка	ДСТУ, ГОСТ, ТУ	Усього на річний випуск, т
Металева шихта			
Латунь свинцева	ЛС	1020-77Е	378,231
Вороття власного виробництва	-	-	228,687
Всього			606,918
Флюси, модифікатори, розкислювачі			
Флюс(покривно-рафініруючий) – 2,5% маси метала			
Фтористий калій	CaF_2		7,586
Фтористий магній	MgF_2		7,586
Всього			15,173
Розкислювачі			
Фосфориста мідь			0,910

Для алюмінієвого сплаву АК12 шихтові матеріали поступають у вигляді чушок і вороття власного виробництва. Використовуються чушки АК12, ДСТУ 2839-94. Хімічний склад чушок надано у таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Хімічний склад чушок АК12, ДСТУ 2839-94

Сплав	Хімічний склад, %						
	основні		домішки				
	Si	Al	Mn	Fe	Mg	Cu	Zn
АК12	10,0-13,0	ост	0,5	1,5	0,1	0,6	0,3

Проводимо розрахунок шихти на 1 тону придатного лиття (табл. 1.13):

Таблиця 1.13 – Норми витрат шихтових матеріалів для сплаву АК12 на 1 т придатного лиття

Найменування матеріалів	Марка	ДСТУ, ГОСТ, ТУ	Норма витрат АК12	
			%	кг
1	2	3	4	5
Металева шихта				
Алюміній чушковий	АК12	2839-94	67,19	1030,696
Вороття власного виробництва	-	-	32,81	503,306
Всього			100	1534,002
Флюси, модифікатори (зверх 100%)				
Покривний флюс – 2% маси металу.				
Хлористий натрій	NaCl (45%)	13830-91	0.9	13.806
Хлористий калій	KCl (55%)	4568-95	1.1	16.874
Усього	-	-	2	30,680
Модифікатори – 2% маси металу				
Хлористий натрій	NaCl (62,5%)	13830-91	1,25	19,175
Фтористий натрій	NaF (25%)	113-08-586-86	0,50	7,670

Продовження таблиці 1.13

1	2	3	4	5
Хлористий калій	KCl (12,5%)	4568-95	0,25	3,835
Усього	-	-	2	30,680
Відходи власного виробництва				
Вороття власного виробництва	-	-	32,81	503,306
Вигар	-	-	2	30,68
Усього			34,81	533,986
Вихід придатного				
Придатне лиття	-	-	65,19	1000,02

Річну потребу в шихтових матеріалах визначаємо на підставі норми витрат на 1т придатного. Результати розрахунків зводимо до таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 – Річна потреба в шихтових матеріалах для лиття сплаву АК12

Найменування матеріалів	Марка	ДСТУ, ГОСТ, ТУ	Усього на річний випуск, т
Металева шихта			
Алюміній чушковий	АК12	2839-94	247,366
Вороття власного виробництва	-	-	120,793
Усього			368,159
Флюси, модифікатори (зверх 100%)			
Покривний флюс – 2% маси металу			
Хлористий натрій	NaCl(45%)	13830-91	3,314
Хлористий калій	KCl(55%)	4568-95	4,049
Усього			7,363
Модифікатори – 2% маси металу			
Хлористий натрій	NaCl(62,5%)	13830-91	4,602
Фтористий натрій	NaF(25%)	113-08-586-86	1,841
Хлористий калій	KCl(12,5%)	4568-95	0,920
Усього			7,363

Крім основного обладнання у плавильному відділенні передбачено установку допоміжного, яке розташовано на дільницях ремонту ковшів, ремонту індукторів та на дільниці підготовки шихтових матеріалів. Це: ваги платформні, обдувочні камери, камерні печі, змішуючі бігуни та стенди сушіння ковшів.

Зі складу шихтових матеріалів на дільницю підготовки шихти поступають чушки заданого хімічного складу (для ЛС табл. 1.9, для АК12 – табл. 1.12). Також сюди потрапляють відходи власного виробництва. Латунний та алюмінієвий лом завантажують у спеціально призначені для цього короба (окремо), дозують необхідну кількість, та доправляють на обдувку в обдувочні камери моделі 4222 (табл. 1.15) для очищення від залишків формувальної суміші та інших забруднень.

Таблиця 1.15 – Технічна характеристика обдувочної камери моделі 4222

Найменування параметрів	Величина
Найбільший розмір деталей, що очищуються, мм	500x500x300
Найбільша маса деталей, що очищуються, кг	20
Продуктивність по площі обробки, см ² /хв.	220
Кількість абразиву, що завантажуються, кг	5
Габаритні розміри, мм	1840x1755x2135
Маса, кг	500

Перед завантаженням у піч всі латунні, та алюмінієві шихтові матеріали підігрівають до 100-150⁰С. Підігрів матеріалів проводиться у термічній камерній печі періодичної дії моделі СНО-6,12. Технічна характеристика печі наведена у таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Технічна характеристика камерної печі періодичної дії моделі СНО 6,12

Найменування параметрів	Величина
Маса садки, кг.	800
Розміри робочого простору, м	0,6x1,2x0,4
Габаритні розміри, м	1,8x2,8x2,5
Маса, т	1,5
Потужність, кВт	71

Плавлення латуні ведуть під покривними матеріалами – флюсами. Флюси завантажуються у піч разом з шихтою. Після розплавлення шихтових матеріалів й скачування шлаку проводиться відбір проб на аналіз по хімічному складу, та на аналіз механічних властивостей. Готовий розплав зливають у ківш, та проводять модифікування. Потім за допомогою мостового крану доправляють у заливальне відділення.

Плавлення алюмінієвого сплаву проводять під покривним флюсом. Флюс завантажують разом з шихтовими матеріалами. Після готовності розплаву температура ванни доводиться до 750⁰С. Готовий розплав зливають у ківш, та проводять модифікування при температурі 730-750⁰С, з метою зменшення розміру зерна для кокільного лиття. За допомогою мостового крану ківш переправляють у ливарне відділення.

1.2.2 Ливарне відділення

У ливарному відділенні розташовують машини лиття під тиском, кокільні установки та роздавальні печі. Рідкий метал доправляється у ливарне відділення від плавильних печей за допомогою мостового крану.

1.2.2.1 Вибір технологічного процесу

Відповідно до завдання цех робить виливки з латунного сплаву ЛЦ40С, та алюмінієвого сплаву АК12. Виготовляються виливки двома способами: лиття під тиском, та кокільне лиття. Для отримання виливків зі сплавів алюмінію та латуні використовують машини з горизонтальною холодною камерою пресування. А лиття у кокіль проводять на універсальній однопозиційній машині з вертикальним роз'ємом.

1.2.2.2 Вибір обладнання

Модель машини лиття під тиском обирається по наступних параметрах: тиску пресування, зусиллю запирання, ємності камери пресування і площині проекції вилівка на площину роз'єму.

Згідно даних ГОСТ 15595-70 найбільша маса алюмінієвого сплаву, який заливається, для даної моделі машини лиття під тиском, становить 2,1 кг. Найменша площа проекції вилівка – $0,008\text{ м}^2$, найбільша – $0,04\text{ м}^2$. Усі виливки вкладаються у цей інтервал параметрів. Згідно даних ГОСТ 15595-70 найбільша маса латунного сплаву, який заливається, для машини лиття під тиском моделі 711A07 становить 7,1 кг. Найменша площа проекції вилівка – $0,008\text{ м}^2$, найбільша – $0,04\text{ м}^2$. Усі виливки зі сплаву ЛЦ40С вкладаються у цей інтервал параметрів. Тому для латунного лиття приймаю машину ЛПТ моделі 711A07.

Задану номенклатуру виливків отримують на машинах лиття під тиском моделі 711A07. У таблиці 1.17 приведена технічна характеристика машини.

Таблиця 1.17 – Технічна характеристика машини ЛПТ моделі 711A07

Найменування параметрів і розмірів	Дані
1	2
Зусилля, Н:	

Продовження таблиці 1.17

1	2
запирання форми найбільшого пресування	160 20
Найбільша маса сплаву, що вливається, кг	2,1
Відстань між колонами у світу, мм по горизонталі по вертикалі	0,45 0,45
Товщина пакета прес-форми, м	0,22...0,5
Хід рухомої плити, м	0,38
Час холостого циклу, с	4,3
Установлена потужність електродвигуна, кВт	22,8
Габаритні розміри, м	5,33x1,65x1,7
Маса, т	8,5

Машина для кокільного лиття обирається по наступних параметрах: хід рухомої плити, найменша відстань між плитами, зусилля розкривання/закривання кокіля, тривалість циклу. Задану номенклатуру виливків у цеху з заданим виробництвом роблять на кокільних машинах моделі 5912.

Для підтвердження вибору моделі кокільної машини проводимо розрахунки. Для латунного лиття при найбільшій масі вилівка – 0,33 кг:

$$F = \frac{1000 \cdot G_B}{\mu \cdot \rho \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_P}} \text{ мм}^2, \quad (1.6)$$

де F - площа проекції виливка, мм^2 ;

G_B - маса відливка, кг;

μ - коефіцієнт опору метала, $\mu=0,6$;

ρ - густина рідкого металу, $8,5 \text{ г/см}^3$;

t - час заповнення кокіля, с.

$$t = K \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_B} \text{ с}, \quad (1.7)$$

де K – коефіцієнт, який дорівнює 1,7;

δ - середня товщина стінки виливка, см;

g - прискорення сил ваги 981 см/с²;

H_p - розрахунковий статичний тиск кокіля, см.

$$H_p = H - \frac{P^2}{2 \cdot C} \text{ см}, \quad (1.8)$$

де H – висота стояка вище місця підводу сплаву до рівня його у чаші, см;

P – висота відливка від місця підводу сплаву до верхньої частини виливка, см;

C – висота виливка при положенні заливання формоутворюючої порожнини, с.

$$H_p = 10 \text{ см},$$

$$t = 0,87 \text{ с},$$

тоді $F = 0,049 \text{ м}^2$.

Зусилля запирання:

$$Q = 2 \cdot g \cdot \rho \cdot H \cdot F \cdot K \text{ Н}, \quad (1.9)$$

де Q - зусилля запирання;

g - прискорення сил ваги 981 кг/м²;

ρ - густина рідкого металу, 8,5 кг/м³;

H - розрахунковий статичний тиск кокіля, м;

F – площа проекції вилівка, м.

$$Q = 2 \cdot 9.81 \cdot 8.5 \cdot 0.1 \cdot 0.049 \cdot 2 = 1634 \text{ Н},$$

Тому обрана модель однопозиційної кокільної машини для латунного сплаву є оптимальною.

Для алюмінієвого лиття найбільша маса вилівка 1,48 кг.

Згідно формулі (1.7) та (1.8) знаходимо:

$$H_p = 9 \text{ см},$$

$$t = 2,6 \text{ с},$$

тоді $F = 0,22 \text{ м}^2$.

Зусилля запирання згідно формулі (1.9):

$$Q = 2 \cdot 9.81 \cdot 2.5 \cdot 0.08 \cdot 0.22 \cdot 2 = 1726 \text{ Н}.$$

Тому обрана модель однопозиційної кокільної машини для алюмінієвого сплаву є оптимальною. Технічна характеристика машини моделі 5912 наведена у таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 – Технічна характеристика кокільної машини моделі 5912

Найменування параметрів і розмірів	Дані
1	2
Розміри робочої площості для кріплення частин кокіля, м	0,4x0,32
Хід рухомої плити, м	0,32
Найменша відстань між плитами, м	0,4
Зусилля розкривання/закривання кокіля, Н	3500

Продовження таблиці 1.18

1	2
Тривалість циклу, с	7
Потужність електродвигуна, кВт	7,5
Габаритні розміри, м	2,33x0,85x1,5
Маса, кг	2300

1.2.2.3 Розрахунок програми ливарного відділення

Визначаємо річну програму, яку потрібно виконати на машині ЛПТ, та на кокільній машині.

Таблиця 1.19 – Розрахунок програми ливарного відділення

Виливок	Кількість на виріб, шт.	Вид лиття	Сплав	Кількість виливків на програму, шт.	Кількість виливків у прес-формі або кокілі, шт.	Виливки, які підлягають відробітці, шт.	Річна кількість заливань (запресувань), шт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.Втулка	1	кокіль	ЛЦ40С	161379	1	161379	161379
2.Втулка	1	кокіль	ЛЦ40С	161379	2	161379	80690
3.Втулка	1	кокіль	ЛЦ40С	161379	6	161379	26897
4.Золотник	1	кокіль	ЛЦ40С	161379	6	161379	26897
5.Корпус підшипника	1	кокіль	ЛЦ40С	161379	5	161379	32276
<i>Усього кокіль ЛЦ40С</i>	-	-	-	<i>806895</i>	-	<i>806895</i>	<i>328139</i>
6.Корпус світильника	1	ЛПТ	ЛЦ40С	161379	2	-	80690
7.Кришка ЗУ	1	ЛПТ	ЛЦ40С	161379	8	-	20173
8.Палець натискний	1	ЛПТ	ЛЦ40С	161379	1	-	161379
9.Пробка	1	ЛПТ	ЛЦ40С	161379	10	-	16138

Продовження таблиці 1.19

1	2	3	4	5	6	7	8
10.Шайба пружинна	1	ЛПТ	ЛЦ40С	161379	4	-	40345
<i>Усього ЛПД ЛЦ40С</i>	-	-	-	<i>806895</i>	-	-	<i>318725</i>
11.Стакан	1	ЛПТ	АК12	59147	4	-	14787
12.Планка	1	ЛПТ	АК12	59147	5	-	5915
13.Планка	1	ЛПТ	АК12	59147	4	-	14787
14.Втулка дистанційна	1	ЛПТ	АК12	59147	6	-	9858
15.Панель	1	ЛПТ	АК12	59147	1	-	29574
<i>Усього ЛПД АК12</i>	-	-	-	<i>295735</i>	-	-	<i>74921</i>
16.Планка РЩ	1	кокіль	АК12	59147	1	-	59147
17.Прокладка	1	кокіль	АК12	59147	15	-	3944
18.Вставка	1	кокіль	АК12	59147	2	-	29574
19.Запобіжна шайба	1	кокіль	АК12	59147	2	-	29574
20.Фланець перехідний	1	кокіль	АК12	59147	4	-	14787
<i>Усього кокіль АК12</i>	-	-	-	<i>295735</i>	-	-	<i>137026</i>

1.2.2.4 Розрахунок устаткування

Кількість машин для лиття під тиском визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{N_3 \cdot K_H}{\Phi_E \cdot q}, \quad (1.10)$$

де n_p - розрахункова кількість обладнання, шт.;

K_H - коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання, $K_H = 1,2$;

N_3 - річна кількість запресувань для машини лиття під тиском (табл. 1.19);

q - годинна продуктивність машини лиття під тиском [1], $q = 60$ запресувань за годину.

Кількість машин лиття під тиском для латунного сплаву:

$$n_p = \frac{318725 \cdot 1,2}{3890 \cdot 60} = 1,64$$

Кількість машин лиття під тиском для алюмінієвого сплаву:

$$n_p = \frac{74921 \cdot 1,2}{3890 \cdot 60} = 0,39$$

Приймаємо кількість машин ЛПТ для латунного лиття 2 шт. моделі 711A07. Коефіцієнт використання обладнання згідно формулі (1.5) для машин лиття під тиском, для латунного сплаву буде дорівнювати:

$$K_B = \frac{1,37}{2} = 0,7.$$

Приймаємо 1 машину ЛПТ моделі 711A07 для алюмінієвого литва, тоді коефіцієнт використання обладнання згідно формулі (1.5) буде дорівнювати:

$$K_B = \frac{0,32}{1} = 0,32.$$

Кількість кокільних машин визначаємо за формулою (1.10),

де N_3 - річна кількість заливок для кокільних машин (табл. 1.19);

q - годинна продуктивність кокільної машини [1] $q = 20$ заливок за годину.

Розрахункова кількість кокільних машин для латунного сплаву:

$$n_p = \frac{328139 \cdot 1,2}{3935 \cdot 20} = 5$$

Розрахункова кількість кокільних машин для алюмінієвого сплаву:

$$n_p = \frac{137026 \cdot 1,2}{3935 \cdot 20} = 2,1$$

Приймаємо до установки 6 кокільних машин для латунного лиття, для алюмінієвого лиття – 3 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання для кокільних машин для латунного лиття, згідно формулі (1.5) буде дорівнювати:

$$K_B = \frac{5}{6} = 0,83,$$

для алюмінієвого лиття:

$$K_B = \frac{2,1}{3} = 0,7.$$

Біля кожної машини передбачена установка роздавальної печі. Для латунного лиття це печі моделі ІЛК-0,4/0,16.

Таблиця 1.20 – Технічна характеристика роздавальної печі моделі ІЛК-0,4-0,16

Найменування параметрів	Величина
1	2
Ємність печі, т	
корисна	0,4
повна	0,56
Потужність встановлена по трансформатору, кВт	100,00
Потужність споживана, кВт	63,00
Частота струму, Гц	50,00
Номінальна напруга, В	
живильної мережі	380,00
контурної мережі	340,00
Номінальна температура, °C	1200,00

Продовження таблиці 1.20

1	2
Продуктивність печі по розплавленню і перегріву, т/год. добова, т	0,25 4,20
Час розплавлення і перегріву, год.	1,60
Маса печі, т	2,50

Для алюмінієвого лиття це печі моделі САТ – 0,06.

Таблиця 1.21 - Технічна характеристика роздавальної печі моделі САТ – 0,06

Найменування параметрів	Величина
Встановлена потужність, кВт	17
Місткість тигля (по алюмінію), т	0,06
Продуктивність печі по розплавленню і перегріву, кг/год.	15,00
Маса печі, т	1,00
Габаритні розміри, мм	1202x1850x1105

При кокільному литті, для підвищення стійкості кокілів й регулювання швидкості кристалізації виливків використовують вогнетривкі фарби. Витрата фарб визначається розмірами кокілів, товщиною шару фарби та тривалістю її роботи. Для фарбування ливникової системи, та поверхні кокіля використовуємо покриття розподільне – універсальну фарбу для кокілів при алюмінієвому литті ТУ РБ 100196035.007-2001. Кокільна фарба середньої теплопровідності для кокілів, для алюмінієвого литва являє собою концентрат, який необхідно розводити технічною водою у співвідношенні 1 : 3. Для латунного литва – універсальна фарба для кокілів ТУ РБ 100196035.007-2001. Кокільна фарба низької теплопровідності для кокілів, для латунного литва

являє собою концентрат, який необхідно розводити технічною водою у співвідношенні 1 : 3. Спосіб нанесення – пульверизатором.

У якості змащувальних матеріалів для лиття під тиском використовуємо покриття розподільне – змазка для прес-форм ТУ РБ 100196035.007-2001. Спосіб нанесення – пульверизатором.

Річну потребу у фарбах та змащувальних матеріалах визначаємо за формулою:

$$P_{\phi} = 1,2 \cdot Q_{\Gamma} \cdot P_K \quad (1.11)$$

де 1,2 – коефіцієнт, який враховує втрати речовини;

Q_{Γ} - річний випуск придатних виливків;

P_K - витрата фарби або змазки на 1 т придатних виливків, кг.

Сумарна витрата фарби на 1 т придатних виливків становить – 0,5 кг. А витрата змащувальних матеріалів на 1 т придатних виливків становить – 0,7 кг. Тому річна витрата фарби для алюмінієвого, та латунного литва згідно формулі (1.11) становитиме:

$$P_{\phi(АЛ)} = 1,2 \cdot 141,361 \cdot 0,5 = 84,8 \text{ кг},$$

$$P_{\phi(ЛЦ)} = 1,2 \cdot 140,399 \cdot 0,5 = 84,2 \text{ кг}.$$

А річна потреба у змащувальних матеріалах становитиме:

$$P_{ЗМ} = 1,2 \cdot 342,238 \cdot 0,7 = 287,5 \text{ кг}.$$

Латунні виливки, які отриманні кокільним литтям, перед початком фінішних операцій проходять обробку на вібраційній установці для видалення стрижнів. Цій операції підлягають виливки отримані кокільним литтям, які

мають піщані стрижні. Приймаємо вібраційну установку моделі 695. Технічна характеристика вібраційної установки наведена у таблиці 1.22.

Таблиця 1.22– Технічна характеристика вібраційної установки моделі 695

Найменування параметрів	Величина
1. Продуктивність шт/год.	100,00
2. Найбільший розмір деталі, мм	400x500
3. Установлена потужність, кВт	23,5
4. Габаритні розміри, м	0,85x0,95x2,5
5. Маса, т	1,35

Кількість вібраційних установок визначаємо за формулою (1.10), де q - годинна продуктивність установки, $q = 100$ вил/год. Тоді маємо:

$$n_p = \frac{806895 \cdot 1,2}{4080 \cdot 100} = 1,5$$

Прийнята до установки кількість вібраційних установок – 2 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання, згідно (1.5) становитиме:

$$K_B = \frac{1,5}{2} = 0,77$$

З плавильного відділення розплавлений сплав поступає у ливарне відділення за допомогою мостового крану та ковша. З ковша сплав переливається у роздавальні печі, які розташовано біля кожної машини лиття під тиском, та кожної кокільної машини. Температура сплаву у печі підтримується постійною, і складає: для латунного лиття - 960°C , для алюмінієвого лиття $630-700^{\circ}\text{C}$. Заливальник ЛПТ підготовлює прес-форму за допомогою газового пальника підігріває прес-форму до $180-220^{\circ}\text{C}$ - для алюмінієвого сплаву, та $280-320^{\circ}\text{C}$ - для латунного. Після цього робить 2-3 пробних запресування. Прес-форма готова до роботи. Для збільшення стійкості

прес-форм використовуються змащувальні матеріали. Змащення відбувається автоматично після кожного запресування. На робочому місті заливальника розташовано 2 короба: для придатного лиття, та залишків литникової системи. Після відкриття прес-форми заливальник дістає вилівок. Ручним способом, за допомогою молотка, видаляє литникову систему та ін. Придатні виливки складає у короб для виливків. Після заповнення короба, його за допомогою наземного транспорту доправляють до відділення фінішних операцій.

При кокільному литті перед початком роботи заливальник перевіряє справність кокіля, очищує оснастку та поверхні, оформлюючи деталь від відпрацьованої фарби. Обдуває кокіль стисненим повітрям. Після складання кокіля нагріває його до температури $150-200^{\circ}\text{C}$ та фарбує. Поверхня кокіля, що оформлює деталь, та поверхня що оформлює литникову систему, фарбуються різними марками фарби. Продуває кокіль стисненим повітрям. Нагріває кокіль до температури $250-300^{\circ}\text{C}$, вирівнявши її заливанням 1-3 деталей. Після заливання розплаву, та витримки кокіля 3-5 хвилин, вилівок вилучається, та складається у короб для виливків з ЛЖС. Після заповнення короба, його за допомогою наземного транспорту доправляють до відділення фінішних операцій.

1.2.3 Розрахунок стрижньового відділення

1.2.3.1 Вибір технологічного процесу

Вибір технологічного процесу виготовлення стрижнів залежить від багатьох факторів. Для середньосерійного виробництва при виготовленні виливків з кольорових сплавів обираємо технологію виготовлення „по гарячих ящиках”.

1.2.3.2 Вибір устаткування

Для приготування суміші обираємо змішуючі бігуни періодичної дії з вертикально – обертовими котками моделі 15411(таблиці 1.23).

Таблиця 1.23 – Технічна характеристика змішувачів моделі 15411

Найменування параметрів	Величина
Номінальна продуктивність, м ³ /год.	1,00
Об'єм замісу, кг	110
Габаритні розміри, м	3,9x3,2x4,1

Для виготовлення стрижнів приймаємо автоматичну стрижньову піскодувну машину з вертикальним роз'ємом стрижньового ящика моделі 23225A1A, літера „А” в кінці позначення моделі вказує на те, що машина призначена для твердіння стрижнів у нагрівальній оснастці. Технічна характеристика машини наведена у таблиці 1.24.

Таблиця 1.24 – Технічна характеристика піскодувної машини моделі 23225A1A

Найменування параметрів	Величина
Найбільша маса стрижнів, кг	6,00
Продуктивність, стрижнів/год.	70-90
Розміри стрижньових ящиків, мм	580x480x180
Габаритні розміри машини, м	3,6x2,6x3,0

1.2.3.3 Розрахунок програми стрижньового відділення

Для розрахунку програми стрижньового відділення необхідно скласти розрахункову відомість (табл. 1.25).

Таблиця 1.25 – Розрахункова відомість стрижньового відділення

№ вилівка	Кількість стрижнів, шт.				Маса стрижнів, кг		Кількість стрижнів у стрижньовом у ящику, шт	Річна кількість стрижньових ящиків, шт
	на 1 виливок	на річний випуск виливків	на покриття браку в стрижньовому відділенні	всього на рік	1шт	річне виготовлення		
1	1	161379	16138	177517	0,8	142013,6	1	177517
2	1	161379	16138	177517	0,4	71006,8	2	88759
3	1	161379	16138	177517	0,7	124261,9	1	177517
4	1	161379	16138	177517	0,8	142013,6	1	177517
5	1	161379	16138	177517	0,6	106510,2	2	88759
Усього						585806,1		710069

Склад прийнятої суміші для виготовлення стрижнів „по гарячих ящиках” наведено у таблиці 1.26.

Таблиця 1.26 – Склад стрижньової суміші

Найменування компоненту	Марка	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Кількість, %
Смола	БС-40	ТУ 6-05-1750-77	1,8
Каталізатор	ЛСФ-А	ТУ 6-05-1367-76	0,5
Окис заліза		ОСТ 160.509.001-73	0,4
Стеарат цинку		ТУ 3-7-69	0,1
Сріблястий графіт		ГОСТ 5279-74	0,1
Пісок	1КО2А	ГОСТ 2138-74	97

Визначення річної потреби відділення у стрижньовій суміші провадимо з урахуванням втрати суміші під час транспортування, формування тощо.

Витрати стрижньової суміші приймаємо – 5%.

$$M_{CT} = 585806,1 \cdot 1,05 = 615096,41 \text{ кг},$$

Розраховуємо річну потребу у матеріалах для виготовлення стрижнів. Данні зводимо у таблицю 1.27.

Таблиця 1.27 – Річна потреба у компонентах стрижньової суміші

Найменування компоненту	Марка	ГОСТ, ТУ, ОСТ	Кількість компоненту	
			%	т
Смола	БС-40	ТУ 6-05-1750-77	1,9	11,13
Каталізатор	ЛСФ-А	ТУ 6-05-1367-76	0,5	2,93
Окис заліза		ОСТ 160.509.001-73	0,4	2,34
Стеарат цинку		ТУ 3-7-69	0,1	0,59
Сріблястий графіт		ГОСТ 5279-74	0,1	0,59
Пісок	1КО2А	ГОСТ 2138-74	97	568,23
Усього			100	585,8

Щільність стрижньової суміші у неущільненому стані – 1,2 т/м³. Річна потреба у стрижньовій суміші становить 585,8 т. Звідси знаходимо об'єм, який займає суміш.

$$V_{CT} = \frac{585,8}{1,2} = 488,2 \text{ м}^3$$

1.2.3.4 Розрахунок устаткування

Розрахунок кількості піскодувних машин веде за формулою:

$$n_p = \frac{N_{CT} \cdot K_H}{\Phi_e \cdot q}, \quad (1.12)$$

де n_p - розрахункова кількість піскодувних машин, шт.;

N_{CT} - кількість стрижньових ящиків на річну програму за даною масовою групою стрижнів, шт.;

K_H - коефіцієнт нерівномірності роботи машин і споживання стрижнів;

Φ_E - ефективний річний фонд часу роботи машини, год.;

q - продуктивність устаткування, шт./год.

$$n_p = \frac{710069 \cdot 1,2}{3975 \cdot 70} = 3,1$$

Приймаємо до встановлення 4 машин моделі 23225A1A. Коефіцієнт використання обладнання, згідно формули (1.5) дорівнює:

$$K_B = \frac{3,1}{4} = 0,78.$$

Розрахунок кількості змішувачів проводимо за формулою для розрахунку кількості устаткування:

$$n_p = \frac{V_{C.C} \cdot K_H}{\Phi_E \cdot q}, \quad (1.13)$$

де n_p - розрахункова кількість змішувачів, шт.;

$V_{C.C}$ - річна кількість стрижньової суміші, т;

K_H - коефіцієнт нерівномірності роботи змішувачів і споживання сумішей;

Φ_E - ефективний річний фонд часу роботи змішувачів, год.;

q - продуктивність устаткування, т/год.

Продуктивність піскодувної машини розраховуємо за формулою:

$$q = \frac{M_{зам} \cdot \tau_{зам}}{60}, \quad (1.14)$$

де $M_{зам}$ - маса замісу, кг;

$\tau_{зам}$ - час замісу, хв.

$$q = \frac{0,11 \cdot 6}{60} = 1,1 \text{ м / год}$$

$$n_p = \frac{585,806 \cdot 1,2}{3975 \cdot 1,1} = 0,2$$

Приймаємо до встановлення 1 змішувачі моделі 15411, коефіцієнт використання обладнання становитиме:

$$K_B = \frac{0,2}{1} = 0,2.$$

У стрижньовому відділенні використовують велику кількість допоміжного обладнання: конвеєри, сушила для підсушування стрижнів після фарбування, стелажі або етажерки для зберігання стрижнів.

У стрижньове відділення зі складів поступають компоненти для виготовлення стрижньової суміші. Всі складові суміші дозуються, та завантажуються до змішувача. Після ретельного перемішування суміш поступає до піскодувної машини.

Нагріті до $240-300^{\circ}\text{C}$ ящики з сірого чавуну, які мають електрообігрів наповнюють сумішшю, за допомогою піскодувних автоматів, витримують 10-20 с, виймають, фарбують та підсушують при $250-280^{\circ}\text{C}$ протягом 15-30 хв. Готові стрижні складаються на стелажі. По мірі необхідності стрижні доправляють у ливарне відділення.

1.2.4 Розрахунок відділення фінішних операцій

Виливки, вийняті з форм поступають у відділення фінішних операцій, де проводиться вибивання стрижнів, обрубка та зачистка виливків, термічна обробка, що передбачена технологічним процесом.

1.2.4.1 Вибір технологічного процесу

Операції по очищенню виливків проводяться в наступній послідовності: для латунних виливків отриманих ЛПТ - видалення литникової системи ручним способом за допомогою молотка одразу після отримання виливка, обрубкування на пресах залишків, та зачищення на обдирно-шліфувальних верстатах; для латунних виливків отриманих кокільним литтям – обрізання на фрезерних верстатах дисковими пилами, та обрубка пневмомолотками й зачищення на обдирно-шліфувальному верстаті. Для алюмінієвих виливків отриманих ЛТП – проводиться видалення литникової системи вручну, одразу після отримання виливка, біля машин ЛПТ, обрубка на пресах, та зачищення на обдирно-шліфувальному верстаті; для алюмінієвих виливків, отриманих кокільним литтям – обрізання на стрічково пильному верстаті та зачищення на обдирно-шліфувальному верстаті. Обрубка латунних і алюмінієвих виливків проводиться ручними пневмомолотками з зубилами. Зачистка важкодоступних місць латунних і алюмінієвих виливків також проводиться ручним пневмоінструментом з шарошкою. Для алюмінієвих виливків, отриманих кокільним литтям після закінчення операцій по зачистці проводиться термообробка – старіння. Термообробка „старіння ” полягає в наступному. У охолоджену піч завантажуються готові виливки, піч поступово нагрівається зі швидкістю 100°C за годину до температури 310°C . Виливки витримуються при постійній температурі 4 години, а потім залишаються стигнути разом з піччю. Обрана технологія передбачає штучне старіння. Перед „старінням”

гартування не проводиться так, як при кокільному литті відбувається часткове гартування через відносно велику швидкість стигнення виливків.

1.2.4.2 Вибір обладнання

Видалення залишків литникових систем, облоя і промивників для латунних та алюмінієвих виливків, отриманих ЛПТ відбувається на фрикційних пресах у спеціальних штампах, сконструйованих для кожного виливка окремо. Це дозволяє скоротити до мінімуму час на цю операцію. Приймаємо до установки фрикційний прес моделі ДО2130. Технічна характеристика преса приведена у таблиці 1.28.

Таблиця 1.28 – Технічна характеристика преса моделі ДО2130

Найменування параметрів	Величина
1. Номінальне зусилля преса, Н	960600
2. Хід повзуна (регульований), мм	25-120
3. Число ходів повзуна у хвилину	80
4. Розміри стола, мм (довжина, ширина)	850x560
5. Розміри отвору в столі, (довжина, ширина, діаметр)	420x280x360
6. Відстань від осі повзуна до осі станини, мм	320
7. Відстань між стійками станини у світлі, мм	400
8. Товщина підштампової плити, мм	100
9. Витрата повітря за хід повзуна, m^3	2,5-3-10
10. Габаритні розміри, мм (довжина, ширина, висота)	1850x1430x2725
11. Хід планки виштовхування, мм	45

Для видалення залишків литникової системи для виливків, отриманих кокільним литтям зі сплаву ЛЦ40С приймаємо фрезерні верстати з пилами. До встановлення приймаємо універсальний фрезерний верстат 6720ПФ1. Технічна характеристика верстату наведена у таблиці 1.29.

Таблиця 1.29 – Технічна характеристика фрезерного верстата моделі 6720ПФ1

Найменування параметрів	Величина
1. Кількість обертів пильних шківів, об/хв.	1370
2. Потужність електродвигуна, кВт	4,5
3. Габаритні розміри, мм	1980x1600x1000
4. Маса, кг	1200

На обдирно-шліфувальному верстаті відбувається зачищення алюмінієвих та латунних виливків від заусенців, заливів, нерівностей виливка. До встановлення приймаємо обдирно-шліфувальний верстат моделі 3Б636. Технічна характеристика обладнання наведена у таблиці 1.30.

Таблиця 1.30 – Технічна характеристика верстата моделі 3Б636

Найменування параметрів	Величина
1. Шліфувальні кола, тип	ПП
2. Відстань між осями 1 і 2 шліфувального кола, мм	1025
3. Відстань до центра кола від полу, мм	850
4. Швидкість оборотів шпинделя у хвилину, об/хв.	999/1425
5. Потужність електродвигуна, кВт	7,5
6. Габаритні розміри верстата, мм	1275x750x1350
7. Маса, кг	860

На стрічковопильному верстаті відбувається видалення литникових систем, тощо. Стрічково-пильний верстат використовується для виливків отриманих кокільним литтям зі сплаву АК12. До встановлення приймаємо стрічковопильний верстат моделі ЛС80-4. Технічна характеристика верстату надана у таблиці 1.31.

Таблиця 1.31 – Технічна характеристика стрічково-пильного верстата моделі ЛС80-4

Найменування параметрів	Величина
1. Пильна стрічка, мм	
найбільша довжина, мм	5500
найбільша ширина, мм	50
товщина, мм	0,8-0,9
шаг зубця, мм	10-12
2. Кількість обертів пильних шківів, об/хв.	970
3. Розмір робочого стола, мм	1000x1000
4. Продуктивність, шт/год.	150
5. Потужність електродвигуна, кВт	4,5
6. Габаритні розміри, мм	1980x1000x2300
7. Маса, кг	960

Після закінчення зачисних операцій деякі виливки проходять термообробку. Згідно ДСТУ 2839-94 для алюмінієвого сплаву АК12 проводиться термообробка „старіння”. Для виконання цієї операції обираємо камерну піч періодичної дії моделі СНО-3,4. Технічна характеристика печі наведена у таблиці 1.32.

Таблиця 1.32 – Технічна характеристика печі моделі СНО-3,4

Найменування параметрів	Величина
1. Номінальна температура, °C	1300,00
2. Маса садки, кг	120,00
3. Розміри робочого простору, м	0,3x0,4x0,25
4. Габаритні розміри, м	1,3x1,7x2,0
5. Маса, т	1,90
6. Потужність, кВт	30

1.2.4.3 Розрахунок програми відділення

Не кожний виливок у відділенні піддається одним і тим самим операціям. Тому для кожного виливка передбачаються різні технологічні процеси. Всі данні, щодо кількості виливків, що підлягають обробці у відділенні фінішних операцій надані у таблиці 1.33.

Таблиця 1.33 – Програма відділення фінішних операцій

Номер виливка	Річна програма		Вид обробки				
	шт.	т	Прес, шт.	Стрічково-пилний верстат, шт.	Фрезерні верстати шт.	Обдирочно-шліфувальний верстат шт.	Термообробка (старіння), т
1	161379	46,799	-	-	161379	161379	-
2	161379	96,827	-	-	161379	161379	-
3	161379	29,048	-	-	161379	161379	-
4	161379	8,068	-	-	161379	161379	-
5	161379	53,255	-	-	161379	161379	-
6	161379	51,641	161379	-	-	-	-
7	161379	12,103	161379	-	-	-	-
8	161379	20,172	161379	-	-	-	-
9	161379	3,227	161379	-	-	-	-
10	161379	53,255	161379	-	-	-	-
11	59147	11,237	59147	-	-	-	-
12	59147	14,786	59147	-	-	-	-
13	59147	14,786	59147	-	-	-	-
14	59147	9,463	59147	-	-	-	-
15	59147	57,964	59147	-	-	-	-
16	59147	87,537	-	59147	-	59147	87,537
17	59147	2,957	-	59147	-	59147	2,957
18	59147	11,829	-	59147	-	59147	11,829
19	59147	12,42	-	59147	-	59147	12,42
20	59147	26,616	-	59147	-	59147	26,616
Всього			1102630	295735	806895	1102630	141,359

1.2.4.4 Розрахунок кількості обладнання

Кількість пресів визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{N_{вил} \cdot K_H}{\Phi_E \cdot q}, \quad (1.15)$$

де $N_{вил}$ - кількість виливків на річну програму, шт.;

q - годинна продуктивність пресів, $q = 240$ вил/год.

$$n_p = \frac{1102630 \cdot 1,2}{4080 \cdot 240} = 1,4$$

Прийнята до установки кількість пресів – 2 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання, згідно (1.5) становитиме:

$$K_B = \frac{1,4}{2} = 0,7.$$

Розрахунок кількості стрічково-пильних верстатів проводимо за формулою (1.15), де q - годинна продуктивність верстата, $q = 150$ вил/год.

$$n_p = \frac{295735 \cdot 1,2}{4080 \cdot 150} = 0,6$$

Прийнята до установки кількість стрічково-пильних верстатів – 1 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання, згідно (1.5) становитиме:

$$K_B = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

Розрахунок кількості обдирочно-шліфувальних верстатів проводимо за формулою (1.15), де q - годинна продуктивність верстата, $q = 120$ вил/год. Тоді маємо:

$$n_p = \frac{375,356 \cdot 1,2}{4080 \cdot 0,120} = 2,7$$

Прийнята до установки кількість верстатів – 4 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання, згідно (1.5) становитиме:

$$K_B = \frac{2,7}{4} = 0,68$$

По кількості обдирочно-шліфувальних верстатів приймаємо кількість робочих місць обрубників, які виконують операції обрубки пневмомолотками з шарошками, та пневмомолотками з зубилами.

Розрахунок кількості фрезерних верстатів проводимо за формулою (1.15), де q - годинна продуктивність верстата, $q = 70$ вил/год. Тоді маємо:

$$n_p = \frac{806895 \cdot 1,2}{4080 \cdot 70} = 1,7$$

Прийнята до установки кількість верстатів – 2 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання, згідно (1.5) становитиме:

$$K_B = \frac{1,7}{2} = 0,85$$

Розрахунок кількості печей для термообробки виливків з алюмінієвого сплаву проводимо за формулою (1.15), де q - годинна продуктивність печі, т/год.

Продуктивність печі визначаємо за формулою:

$$П = \frac{М}{t}, \quad (1.16)$$

де $П$ – продуктивність печі, т/год.;

$М$ – садка печі, т;

t – цикл термообробки, год.

$$П = \frac{0,24}{10} = 0,024 \text{ т/год.}$$

Тоді розрахункова кількість обладнання:

$$n_p = \frac{141,359 \cdot 1,2}{3975 \cdot 0,024} = 1,48$$

Прийнята до установки кількість печей – 2 шт., тоді коефіцієнт використання обладнання, згідно формулі (1.5) становитиме:

$$K_B = \frac{1,48}{2} = 0,74.$$

1.3 Розрахунок допоміжних відділень, та складів

Ливарні цехи споживають велику кількість різноманітних матеріалів для виготовлення стрижнів і отримання рідких металів. Необхідний для забезпечення безперебійної роботи запас цих матеріалів повинен зберігатися на складах цеху, які розміщуються в прольотах, що прилягають до плавильного та стрижньового відділень.

1.3.1 Розрахунок складу основних і допоміжних матеріалів

Доставка шихтових матеріалів на склад здійснюється за допомогою наземного транспорту. Розвантаження чушок здійснюється мостовим краном вантажопідйомністю 5 т. Зберігання штабелів чушок здійснюється на площадці по марках і партіях.

Склад шихтових матеріалів розташовується в подовжньому прольоті поруч з плавильним відділенням. Вороття власного виробництва доправляється на склад за допомогою виделчатих навантажувачів у тарі. Зберігання і транспортування вороття здійснюється в коробах. Для зважування шихти і на складі шихтових матеріалів мають ваги. За допомогою мостового крану зважена шихта доставляється в плавильне відділення, де завантажується в печі ИЛТ – 0,4М2, та ИАТ – 0,4/0,16.

Норма запасу матеріалу на складі визначається видом матеріалу, кліматичним поясом, де розташовано проектований цех і способом доставки матеріалу.

Запас матеріалу визначаємо за формулою:

$$З = \frac{Q_M \cdot N_3}{365}, \quad (1.17)$$

де $З$ – запас матеріалу на складі, т;

Q_M - річна потреба в матеріалах, т;

N_3 - норма запасу в календарній добі;

365 – число календарної доби в році.

Для розрахунку площі складу складається відомість витрат основних і допоміжних матеріалів на річний випуск – таблиця 1.34.

Загальна площа складу:

$$S_3 = S_k + S_{np.+прої.} + S_{п.п}, \quad (1.18)$$

де S_3 - загальна площа складу, $м^2$;

S_k - корисна площа складу, $м^2$;

$S_{np.+прої.}$ - площа, яка враховує проходи і проїзди, $м^2$;

$S_{п.п}$ - площа необхідна для приймання і переробки вантажів, $м^2$.

$S_{np.+прої.}$ приймається – 10-15% від загальної площі складу [1], $S_{п.п}$ - по даних [1] приймається 20 $м^2$ на 1000 т литва. Тому:

$$S_{np.+прої.} = 0,15 \cdot 93,8 = 14,07 \text{ } м^2$$

$$S_{п.п} = 20 \cdot 0,6 = 12 \text{ } м^2$$

Тому загальна розрахункова площа складу матеріалів становитиме:

$$S_3 = 93,8 + 14,07 + 12 = 119,8 \text{ } м^2$$

Дійсна площа складу матеріалів, згідно плану цеха, становить – 144 $м^2$.

1.3.2 Склад стрижнів

Площі складів стрижнів розраховуємо відповідно до норм [1], за формулою (1.19):

$$S = \frac{3}{K_H \cdot \Gamma}, \quad (1.19)$$

де 3 - розрахунковий запас на складі, шт.;

K_{II} - коефіцієнт використання загальної площі складу;

Γ - вантажонапруженість корисної площі, m / m^3 .

Для розрахунку запасу на складі використовуємо формулу (1.20):

$$z = \frac{Q \cdot N_{зб}}{365}, \quad (1.20)$$

де Q - річна потреба, т;

$N_{зб}$ - норма зберігання на складі, доба;

365 – кількість діб у році.

Тому:

$$z = \frac{585,806 \cdot 2}{365} = 3,2 \text{ м}$$

$$S = \frac{3,2}{0,3 \cdot 1,5} = 7,1 \text{ м}^2$$

Тому необхідна площа для зберігання стрижнів складає $S = 7,1 \text{ м}^2$. Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 12 м^2 . Для зберігання и транспортування стрижнів використовується оборотна складена тара з уніфіцированными розмірами, яка дозволяє використовувати багатоярусне зберігання на стелажах або етажерках.

1.3.3 Склад стрижневих ящиків

Площі складів стрижневих ящиків розраховуємо відповідно до норм [1], за формулою (1.19). Але замість річної потреби (в тонах) використовуємо кількість стрижньових ящиків (шт.).

$$Q = N \cdot M \quad (1.21)$$

де Q - загальна маса запасу прес-форм і кокілів на складі, т;

N - кількість одиниць устаткування, шт.;

M - маса одиниці устаткування, т.

$$Q = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ т}$$

$$3 = \frac{1 \cdot 365}{365} = 1$$

$$S = \frac{1}{0,3 \cdot 2,0} = 1,6 \text{ м}^2$$

Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 3 м^2 .

1.3.4 Склад прес-форм

Склад зберігання прес-форм розраховуємо окремо для кожного потоку литва. Для розрахунків використовуємо данні отримані раніше, та формули (1.19), (1.20). Загальну масу прес-форм розраховуємо за формулою (1.21).

$$Q = 5 \cdot 0,4 = 2 \text{ т}$$

Для латунного литва:

$$3 = \frac{2 \cdot 365}{365} = 2$$

$$S = \frac{2}{0,3 \cdot 2,0} = 3,3 \text{ м}^2$$

Для алюмінієвого литва:

$$3 = \frac{2 \cdot 365}{365} = 2$$

$$S = \frac{2}{0,3 \cdot 2,0} = 3,3 \text{ м}^2$$

Сумарна площа складів для зберігання прес-форм становитиме – $6,6 \text{ м}^2$.
Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить – $7,2 \text{ м}^2$.

1.3.5 Склад кокілів

Склад зберігання кокілів розраховуємо окремо для кожного потоку литва. Для розрахунків використовуємо данні отримані раніше та формули (1.19), (1.20). Загальну масу кокілів розраховуємо за формулою (1.21).

$$Q = 5 \cdot 0,3 = 1,5 \text{ т}$$

Для латунного литва:

$$z = \frac{1,5 \cdot 365}{365} = 1,5$$

$$S = \frac{1,5}{0,3 \cdot 2,0} = 2,5 \text{ м}^2$$

Для алюмінієвого литва:

$$z = \frac{1,5 \cdot 365}{365} = 1,5$$

$$S = \frac{1,5}{0,3 \cdot 2,0} = 2,5 \text{ м}^2$$

Сумарна площа складів для зберігання прес-форм становитиме – 5 м^2 .
Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить – $7,2 \text{ м}^2$.

1.3.6 Дільниця ремонту механічного обладнання

Ремонтна служба ливарного цеху повинна забезпечити безперебійну роботу обладнання. Площа дільниці ремонту механічного обладнання розраховується виходячи з площі робочих місць робітників дільниці в одну зміну.

На дільниці передбачаються наступні категорії робітників:

- верстатники;
- чергові слюсарі;
- мастильники.

Кількість верстатів (згідно норм [1]) приймаємо – 3: 1 токарний, 1 фрезерний, та 1 свердлильний.

Кількість чергових слюсарів:

- плавильне відділення – 1 людина в зміну;
- заливальне відділення – 1 людина в зміну;
- відділення фінішних операцій – 1 людина в зміну.

На кожний верстат, за нормами [1], – $8 - 10 \text{ м}^2$, на кожне робоче місце чергового слюсаря – $4 - 6 \text{ м}^2$. Для мастильників робочі місця не передбачаються.

Сумарна площа дільниці ремонту механічного обладнання складатиме – 48 м^2 . Дійсна площа, згідно плану цеху, становить - 53 м^2 .

1.3.7 Дільниця ремонту енергетичного обладнання

Дільниця ремонту енергетичного обладнання включає у себе чергового електрика – 1 робочий на зміну та слюсаря по ремонту сан. технічного обладнання – 1 робочий на зміну. Виходячи з даних [1] сумарна площа дільниці складатиме – 72 м^2 . Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 73 м^2 .

1.3.8 Дільниця ремонту оснастки

Дільниця ремонту оснастки включає у себе 1 слюсаря по ремонту прес-форм, та кокілів (згідно двох потоків литва). Згідно даних [1] сумарна площа дільниці складатиме – 32 m^2 . Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 50 m^2 .

1.3.9 Допоміжні дільниці

До допоміжних відділень відносяться експрес-хімічна лабораторія, ковшове відділення, відділення підготовки шихтових матеріалів,

1.3.9.1 Лабораторії і комори

У ливарному цеху розташовано експрес-лабораторію для хімічного й спектрального аналізу виплавлюваних сплавів і експрес-лабораторію для поточних аналізів якості стрижньових сумішей. Ці лабораторії розміщують безпосередньо біля виробничих відділень. Площі лабораторій приймаємо залежно від потужності проектного цеху й типу виробництва. Згідно [1] приймаємо лабораторію стрижньових сумішей – 30 m^2 , хімічну й спектральну – 100 m^2 , механічних випробувань – 30 m^2 .

Для зберігання допоміжних матеріалів у цеху розташовують комори: загальну цехову, інструментальну обрубного відділення, цехових механіка і електрика. Площу, зайняту коморами приймаємо [1]: загально цехова – 36 m^2 , інструментальна – 36 m^2 , механіка й електрика – 72 m^2 . Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 59 m^2 .

1.3.9.2 Дільниця ремонту ковшів і футеровки плавильних печей

Ковшова дільниця призначена для капітального ремонту й футеровки ковшів. Для ремонту цього обладнання на цій дільниці виділяють робочі місця. Для сушіння й розігрівання заново футерованих ковшів чи розігрівання ковшів після перерви в користуванні застосовують стенди. Для футеровки плавильних печей застосовують вогнетривкі матеріали, найпридатніші для виплавлених сплавів. Ці матеріали зберігають на складі, а футерувальні маси готують на дільниці підготовки ковшів. Цю дільницю розташовано у плавильному відділенні, у тому самому прольоті де розливають рідкий метал. Приймаємо площу дільниці [1, с.157] 18 м^2 . Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 75 м^2 .

1.3.9.3 Відділення підготовки шихтових матеріалів

Для підготовки шихти й подачі її у виробництво на складах шихти організовують дільниці подрібнення й очищення ливників і складання шихти. Для зважування складових шихти застосовують стаціонарні шихтувальні ваги. Для зменшення витрат електроенергії, підвищення продуктивності печей і покращення санітарно-гігієнічних умов у процесі плавлення в електропечах організують попередній підігрів шихти після її завантаження у звалювальні ємкості в камерних печах. Площа дільниці залежить від призначення цеху і масштабу виробництва, розташовується при складі шихтових матеріалів у безпосередній близькості від плавильного відділення. Дійсна площа прийнята згідно плану цеху становить - 130 м^2 .

2 ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА

Забезпечення виробництва енергетичними ресурсами є важливішою частиною проекту. При вирішенні цих питань належить передбачити реальну перспективу розвитку підприємства, ефективне і економічне використання паливно-енергетичних ресурсів.

В сучасних цехах витрати електроенергії у середньому складають 30 % усіх енерговитрат, природного газу ≈ 35 %. Для вироблення 1 кВт/ год. електричної енергії витрачають 0,34 кг умовного палива [3].

В проекті ливарного розраховуємо річну потребу в основних енергоносіях: електричній енергії, стислому повітрі, воді, паливі.

2.1 Розрахунок електричної енергії

В ливарних цехах електрична енергія витрачається на наступні три цілі:

- технологічні – плавка металу, термічна обробка виливків, сушка стрижнів та матеріалу;
- силові – електропривід двигунів технологічного і транспортного обладнання, працюючого безперервно і періодично (нахил печей, робота кран-балок, мостових кранів, стрічкових конвеєрів та іншого обладнання);
- освітлення приміщень.

Загальна витрата електроенергії по цеху складає:

$$W = (W_T + W_C + W_O) \cdot K, \quad (2.1)$$

де W - загальна річна витрата електроенергії, $\text{кВт} \cdot \text{год.}$;

W_T - річна витрата електроенергії на технологічні потреби, $\text{кВт} \cdot \text{год.}$;

W_C - річна витрата електроенергії на привід силових установок, $\text{кВт} \cdot \text{год.}$;

W_O - річна витрата електроенергії на освітлення, $\text{кВт} \cdot \text{год.}$;

K - коефіцієнт витрат електроенергії у сіті, $K = 1,05$.

Електроенергія на технологічні потреби. Точний розрахунок потреби в електроенергії на технологічні цілі проводять на основі потужності обладнання і річного фонду часу його роботи. Ці розрахунки проводимо по укрупненим нормам витрат технологічної електроенергії на 1 тону придатного литва за формулою:

$$W_T = \sum P_T \cdot Q_n, \quad (2.2)$$

де P_T - питомі витрати технічної електроенергії на 1 тону придатного литва, $\text{кВт} \cdot \text{год.}$;

Q_n - маса придатного литва, т.

Питомі витрати технологічної електроенергії на 1 тону придатного литва для цехів латунного литва, де плавлення металу відбувається у індукційних тигельних печах ІЛТ – 0,4 становлять – 1600 кВт, а для цехів алюмінієвого литва, де плавлення проводять у індукційних тигельних печах ІАТ – 0,4 становлять – 1200 кВт [4]. Маса придатного литва, згідно вхідних даних становить: для латунного литва – 360 кг, для алюмінієвого – 240 кг (Додаток А).

Для латунного литва витрата електроенергії на технологічні потреби згідно формулі (2.2) становитиме:

$$W_T = 1600 \cdot 360 = 576000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для алюмінієвого литва витрата електроенергії на технологічні потреби розраховується у два етапи. Оскільки термообробка проводиться тільки для частини виливків, отриманих кокільним литвом, то розрахунок витрати електроенергії на термообробку проводиться для 141,361 тон алюмінієвого литва.

$$W_T = (1200 + 135) \cdot 141,361 = 202033,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для виливків, де не проводиться термообробка, розрахунок проводиться окремо, згідно формулі (2.2) окремо (маса виливків становить – 98,639 т):

$$W_T = 1200 \cdot 98,639 = 118366,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для алюмінієвого литва сумарна витрата електроенергії на технологічні потреби становить:

$$W_T = 188716,9 + 118366,8 = 320400 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна витрата електроенергії на технологічні потреби по цеху становить:

$$W_T = 576000 + 320400 = 896400 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Електроенергія на силові потреби. Витрати енергії на привід електродвигунів розраховуються аналогічно розрахунку технологічним витратам електроенергії і складаються з витрат на безперервно працююче обладнання і періодично працююче обладнання. Розрахунок витрат електроенергії на силові потреби зв'язаний з певними труднощами по знаходженню вихідних даних, тому користуємося укрупненими розрахунками, використовуючи формулу:

$$W_C = P_C \cdot Q_N \cdot \Phi_E \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2.3)$$

де P_C - питома потужність встановлених електродвигунів на 1 тону придатного литва, $\text{кВт}/1 \text{ т прид. литва}$;

Q_N - маса придатного литва, т;

Φ_E - ефективний фонд часу роботи обладнання, год.

Для цехів латунного литва питома потужність встановлених електродвигунів (на одну тону придатного) становить $0,15 \text{ кВт/1 т прид.литва}$ [3], для цехів алюмінієвого – $0,13 \text{ кВт/1 т прид.литва}$ [3]. Маса придатного литва, згідно вхідних даних становить: для латунного литва – 360 кг, для алюмінієвого – 240 кг. Ефективний фонд часу роботи обладнання становить – 3975 годин, згідно таблиці (1.2).

Для латунного литва витрата електроенергії на силові потреби згідно формулі (2.3) становитиме:

$$W_C = 0,15 \cdot 360 \cdot 3890 = 210060 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для алюмінієвого литва витрата електроенергії на силові потреби згідно формулі (2.3) становитиме:

$$W_C = 0,13 \cdot 240 \cdot 3890 = 121368 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна витрата електроенергії на силові потреби по цеху становить:

$$W_C = 210060 + 121368 = 331428 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Електроенергія на освітлення. Для загального освітлення відділень ливарного цеху використовуємо газорозрядні джерела світла типа ДРЛ або ДРІ. Для загального освітлення цехових лабораторій, а також для місцевого освітлення відділень виготовлення стрижнів, приймання виливків приймаємо люмінесцентні лампи типу ЛБ і ЛХБ. Аварійне освітлення для продовження роботи передбачені у плавильному відділенні, на пультах керування. Також

передбачено аварійне освітлення для евакуації людей з приміщення. Для загального освітлення використовується напруга 220 В.

Витрати електроенергії на освітлювання визначаються за формулою:

$$W_o = 0,001 \cdot P_o \cdot F \cdot \Phi_o \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2.4)$$

де P_o - середні витрати електроенергії за годину на 1 м^2 освітлюваної площі:

- для виробничих приміщень $P_o = 15 - 18 \text{ Вт}$;
- для складських приміщень $P_o = 8 - 10 \text{ Вт}$;
- для побутових приміщень $P_o = 8 \text{ Вт}$;

F - освітлювана площа, м^2 ;

Φ_o - річний фонд роботи освітлюючого обладнання: при двозмінній роботі $\Phi_o = 2300 - 2500 \text{ год}$.

Згідно плану цеху площа, відведена під складські приміщення (склад шихтових матеріалів – $13,3 \times 23 \text{ м}$, склад придатного – $12,8 \times 8,2 \text{ м}$, комори – $9 \times 4,7 \text{ м}$) становить – 454 м^2 . Площа виробничих приміщень становить – 3289 м^2 , площа побутових приміщень, згідно плану цеху становить – 1080 м^2 .

Витрати електроенергії на освітлення розраховуємо без визначення потоку литва. Для виробничих приміщень витрати електроенергії на освітлення становитимуть:

$$W_o = 0,001 \cdot 15 \cdot 3289 \cdot 2300 = 113471 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Для складських приміщень витрати електроенергії на освітлення становитимуть:

$$W_{o2} = 0,001 \cdot 8 \cdot 454 \cdot 2300 = 8354 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Для побутових приміщень витрати електроенергії на освітлення становитимуть:

$$W_{O3} = 0,001 \cdot 8 \cdot 1080 \cdot 2300 = 19872 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарні витрати електроенергії на освітлення складають:

$$W_o = 113,471 + 8,354 + 19,872 = 141,697 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Оскільки відсоткова частина латунного литва становить – 60 % , то витрати електроенергії на освітлення становитимуть – 85,018 кВт·год, для алюмінієвого – 56,679 кВт·год.

Таким чином, розрахувавши витрати електроенергії по трьох видах, можна розрахувати сумарні витрати електроенергії для всього ливарного цеху.

Для латунного потоку маємо:

$$W = 576000 + 210060 + 85,018 = 786145,0 \text{ кВт} / \text{год}$$

Для алюмінієвого потоку:

$$W = 320000 + 121368 + 56,679 = 441424,7 \text{ кВт} / \text{год}$$

Сумарна витрата електроенергії по цеху становить:

$$W = 786145 + 441424,7 = 1227569,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

2.2 Розрахунок стисненого повітря

В проектуваному ливарному цеху на стисненому повітрі працюють стрижневі напівавтомати, пневмотранспорт, обдувочна камера. Витрати повітря вираховуються для кожної одиниці по паспортним даним в залежності від режиму роботи цеху. Оскільки розрахунки стисненого повітря по всьому обладнанню провести дуже складно, то проводимо розрахунки укрупненим методом за формулою:

$$Q_{нов}^{pik} = k \cdot q_{нов}^T \cdot Q_n, \text{ м}^3 / \text{рік} \quad (2.5)$$

де k - коефіцієнт, враховуючий втрати повітря на витік, $k = 1,6 - 1,8$;

$q_{нов}^T$ - питомі витрати стисненого повітря на 1 тону придатного литва, $\text{м}^3 / 1 \text{ пр. лит.}$;

Q_n - маса придатного литва, т.

Питомі витрати стисненого повітря на 1 тону придатного литва становлять – $750 \text{ м}^3 / 1 \text{ пр. лит.}$ [4]. Згідно формулі (2.5) маємо (для латунного та алюмінієвого литва відповідно):

$$Q_{нов}^{pik} = 1,6 \cdot 750 \cdot 360 = 403200 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

$$Q_{нов}^{pik} = 1,6 \cdot 750 \cdot 240 = 268800 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

Сумарні витрати стисненого повітря по цеху становитимуть:

$$Q_{нов}^{pik} = 403200 + 268800 = 672000 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

2.3 Розрахунок води

Вода у проектованому ливарному цеху витрачається на технологічні потреби (технічна), і побутові (питна). Для технологічних потреб вода використовується на охолодження обладнання.

Витрати води на охолодження розраховуються по паспортним даним для кожного виду обладнання. Вода використовується тільки на охолодження плавильних, та роздавальних печей. Розрахунок веду по формулі:

$$V_{\text{е}}^{\text{ох}} = q_{\text{ох}} \cdot \Phi_{\text{е}} \cdot n, \quad (2.6)$$

де $V_{\text{е}}^{\text{ох}}$ - витрати води на охолодження одиниці обладнання на рік, м^3 ;

$q_{\text{ох}}$ - середньогодинні витрати води на охолодження, $\text{м}^3 / \text{год}$;

$\Phi_{\text{е}}$ - ефективний фонд часу роботи обладнання, год.;

n - кількість одиниць обладнання.

Для печей моделі ІЛТ – 0,4М2, та ИЛК – 0,4/0,16 витрати води складають $5 \text{ м}^3 / \text{год}$, для печі моделі ІАТ 0,4/0,16 – $7 \text{ м}^3 / \text{год}$. Ефективний фонд роботи обладнання складає 3975 годин. В цеху встановлено: одна піч моделі ІЛТ – 0,4М2, одна піч моделі ІАТ 0,4/0,16, чотири печі моделі САТ – 0,06, та вісім моделі ИЛК – 0,4/0,16.

Розраховуємо витрати технічної води для печей моделі ІЛТ – 0,4М2, ИЛК – 0,4/0,16 за формулою (2.6):

$$V_{\text{е}}^{\text{ох}} = 5 \cdot 3890 \cdot 9 = 175,050 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо витрати технічної води для печі моделі ІАТ 0,4/0,16 за формулою (2.6):

$$V_{\text{е}}^{\text{ох}} = 7 \cdot 3890 \cdot 1 = 27,230 \text{ м}^3.$$

Витрати технічної води для латунного литва становитимуть – $175,050 \text{ м}^3$, для алюмінієвого – $27,230 \text{ м}^3$. Сумарні витрати технічної води по цеху становитимуть – $202,28 \text{ м}^3$.

Витрати питної води для побутових потреб приймаємо на основі санітарних норм [5]:

- на питні і природні потреби – 45 л на людину;
- на душові – 500 л на 1 душ в годину. Тривалість дії душових установок – 45 хвилин після кожної зміни;
- на умивальники – 200 л на 1 умивальник в годину. Тривалість дії умивальників – 45 хвилин у зміну;
- на поливання підлоги – 3 л на 1 м^2 у добу.

Враховуючи кількість працівників, працюючих в одну зміну (60+21), та загальну кількість робітників (141), розраховуємо річну потребу у питній воді.

Для душів:

$$Q_d = \frac{500 \cdot 45 \cdot 120}{60 \cdot 10} = 5287,5 \text{ л} = 5,2875 \text{ м}^3.$$

Для умивальників (для 2-х змін):

$$Q_y = \frac{200 \cdot 45 \cdot 141}{60 \cdot 20} = 1057,5 \text{ л} = 1,0575 \text{ м}^3$$

На природні і питні потреби (для 2-х змін):

$$Q_{n.n.} = 45 \cdot 141 = 6345 \text{ л} = 6,345 \text{ м}^3$$

Сумарні витрати питної води на добу становитимуть:

$$Q_{n.n.} = 5,287 + 1,057 + 6,345 = 12,689 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Враховуючи кількість робочих днів на рік (250) витрата питної води становитиме:

$$Q_{n.n.} = 250 \cdot 12,689 = 3172,25 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Для латунного потоку литва витрата води становитиме – $1903,35 \text{ м}^3/\text{рік}$, для алюмінієвого потоку литва – $1268,9 \text{ м}^3/\text{рік}$.

2.4 Розрахунок палива

У ливарних цехах паливо у вигляді гасу, мазуту та іншого використовується для опалення сушил, підігріву і сушки ковшів, опаленню приміщень цеху.

Розрахунки потреби цеху у паливі проводимо по питомим витратам умовного палива на годину роботи установки. Розрахунки ведемо за формулою:

$$Q_{y.n.} = q_{y.n.}^{zod} \cdot \Phi_e, \quad (2.7)$$

$Q_{y.n.}$ - річна потреба умовного палива на одну установку, кг. у. п.;

$q_{y.n.}^{zod}$ - питомі витрати палива на 1 годину роботи установки, кг. у. п.;

Φ_e - ефективний річний фонд роботи установки, год.

У розрахунках прийняте умовне паливо з теплотою згоряння 29300 КДж/кг . Природний гас має теплоту згоряння у межах $22170 - 38200 \text{ КДж/кг}$, тому у розрахунках можна приймати, що 1 м^3 природного гасу дорівнює 1 кг умовного палива.

$$Q_{y.n.} = 80 \cdot 3890 = 311200 \text{ м}^3$$

Для латунного потоку литва витрати палива на технологічні цілі становитимуть – 186720 м^3 , для алюмінієвого – 124480 м^3 .

Витрати палива на опалення приміщень ливарного цеху розраховують виходячи з питомих витрат теплоти на 1 м^3 будівлі, які дорівнюють $63 \text{ КДж} / \text{год}$. Опалювальний період приймається рівним 180 дням, тобто 4320 годинам. Виходячи з цього, витрати палива, потрібні для опалення складають:

$$Q_{y.n.} = \frac{q \cdot \Phi_{on} \cdot V}{k \cdot \eta}, \text{ кг. у. п. або } \text{м}^3 \quad (7.8)$$

де q - питтпотоми витрати тепла на 1 м^3 будівлі, $\text{КДж} / \text{год}$, $q = 63 \text{ КДж} / \text{год}$;

Φ_{on} - ефективний фонд часу роботи опалювальної установки, год.;

V - об'єм опалювальної установки, год.;

k - умовна теплота згоряння умовного палива, $\text{КДж} / \text{кг у.п.}$, $k = 29300 \text{ КДж} / \text{кг у.п.}$

η - коефіцієнт корисної дії установки, $\eta = 0,75$.

Звідси маємо:

$$Q_{y.n.} = \frac{63 \cdot 4320 \cdot 43694,64}{29300 \cdot 0,75} = 541000 \text{ м}^3$$

Приймаючи у відсотковому співвідношенні латунне та алюмінієве литво маємо для латунного литва – 324600 м^3 , для алюмінієвого – 216400 м^3 .

3 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

В будівельній частині проекту розроблено технологічне креслення плану цеху. В цеху розташовано відділення: плавильне, заливальне, стрижньове та відділення фінішних операцій. Склади: шихтових матеріалів, стрижнів, стрижньових ящиків, прес-форм та кокілів. Дільниці: ремонту механічного, енергетичного обладнання, ремонту оснастки, та допоміжні дільниці – ремонту ковшів, підготовки шихтових матеріалів та підготовки та налагодженню прес-форм.

3.1 Визначення параметрів будівлі цеху

Будинок цеху - одноповерховий, з розмірами по плану 78×48 м. Складається з двох поздовжніх прольотів по 24 метра. Висота будівлі – 9,6 м.

3.2 Елементи конструкції будівлі

Основними елементами будівлі є фундаменти, колони й стіни, підкранові балки, які виконують несучу роль конструкції, перегородки, підлога, двері, ворота, сходи, світові ліхтарі.

Фундаменти, колони стіни й перекриття створюють остов будівлі, який приймає на себе усі навантаження. Уся будівля спирається на основу – шар ґрунту, який приймає на себе масу усієї будівлі. Фундамент запроектовано на природній основі, виконано з залізобетону, тип фундаменту – складальний монолітний. Колони з'єднані з фундаментом жорстко. Зазори між стінками стакана фундаменту та боковою та нижньою поверхнею колони заповнені бетоном на дрібному ґравії. Стіни будівлі спираються на залізобетонні фундаментні балки, які укладено між підколінниками фундаментів. Довжина фундаментних балок – 4300. У поперечному перетині мають трапецієвидну форму, з розмірами $200 \times 300 \times 160$. Використання фундаментальних балок

спрощує облаштування під стінами каналів і колекторів для введення у будівлю підземних комунікацій. На верхню частину фундаментальних балок, для гідроізоляції, укладено два шари рулонного матеріалу на мастиці. Так, як у будівлі робочі місця розташовані біля зовнішніх стін, зроблено утеплення пристінної зони підлоги цеху шлаком на ширину 2 метри. По периметру будівлі зроблено відмостку з асфальту на ширину 1,5 м з уклоном від стіни 1:12 [5].

По потужності колони поділяються на внутрішні та зовнішні. Крок колон – 6 метрів. Для зовнішнього ряду використано колони марки 4к96, для внутрішнього – марки 7к96. Ці колони мають прямокутний перетин з розміром 400×600 мм, та консолі на які спираються підкранові балки. Заглиблення колон зроблено на 850 мм. В колонах передбачені металеві закладні, за допомогою яких відбувається кріплення стропильних конструкцій, підкранових балок, стінових панелей.

Залізобетонні підкранові балки мають тавровий перетин. Розвинута у ширину полиця балки править для підсилення зжатої зони, вона сприймає поперечні горизонтальні кранові навантаження, а також спрощує кріплення кранових рейок. Висота балок – 800мм, ширина полиць – 550 мм, довжина – 5950 мм.

У будівлі використано стінові панелі з легкого бетону довжиною 6000 мм, та товщиною 200 мм. Висота панелей – 1200 мм. Стіни з навісних панелей зроблено з стрічковим склінням. Висота підвіконня – 1200 мм. Стрічкове скління забезпечує рівномірне освітлення. Для надійної герметизації швів використано прокладки та герметизуючи мастики.

Віконні блоки при стрічковому склінні мають розміри відповідні кроку колон – 5960 мм, а висоту відповідну розкладці стінових панелей по фасаду – 1180 мм відповідно висоті панелей – 1200 мм.

Плити перекриття – залізобетонні ферми марки ФС24-1А. Довжина – 24000 мм, висота – 3315 мм, товщина – 250 мм. Покрівельне покриття залежить від типу покриття кліматичних умов місцевості та внутрішнього режиму приміщення. Для покрівлі використано залізобетонні плити покриття

довжиною 5970 мм, висотою – 1490 мм. Поверх несучого перекриття накладено шар пароізоляції – два шари руберойду на бітумній мастиці. Зверху утеплювач – з газобетону. Наступний шар – стяжка з цементного розчину – 15 – 20 мм товщиною. Зверху, для захисту покрівлі від механічного пошкодження, укладено шар дрібного гравію.

Для освітлення всієї площі цеху використано верхнє освітлення крізь світлові аераційні ліхтарі, які також використовуються для природної вентиляції приміщення цеху.

Розпашні ворота, встановлені у ливарному цеху, мають розміри – $3,6 \times 3$ метри. Двері, які встановлено у приміщеннях цеху – металеві, з розмірами – 788×2090 мм.

Підлога цеху складається з таких шарів: основа (ущільнений ґрунт) – 100 – 150 мм, гідроізоляція (шар бітуму) – 3 – 4 мм, підстилка (гравій) – 120 мм, прошарок (рідке скло) – 15 мм, стяжка (бетон) – 30 мм та покрівля. Покрівля – металеві плити [6].

У приміщенні цеху спроектовано службові сходи. Вони розташовані у середині цеху, та використовуються для підйому крановика на посадочну площадку. Це вертикальні огорожені стрем'янки з шириною 600 мм, та шагом проступей 300 мм. Також спроектовано службові сходи, які забезпечують потрапляння до адміністративно-побутового корпусу. Марші сходів мають уніфіцировану ширину 1750 мм.

3.3 Опалення та вентиляція

У зимовий період у якості теплоносіїв для опалення ливарного цеху використовується пар. Система опалення компенсує теплові втрати крізь будівельні огороження. Розрахунок кількості тепла проводиться з врахуванням тепловиділень при технологічних процесах (плавлення метала, розлив метала, охолодження форм і відливок). Тепло витрачається на підігрів

зовнішнього повітря, яке потрапляє в цех, материала и транспорта, втрати крізь стіни приміщення і будівельні конструкції, ворота.

У ливарному цеху встановлюють систему повітряного опалювання, яка поєднана з вентиляцією приточування, з підігріванням повітря приточування в калориферах. Температура повітря повинна бути не більше ніж 70°C, при цьому вентиляція приточування встановлюється на висоті 5,5м від рівня підлоги.

Очищення цеху від пилу і газів проводиться витяжною вентиляцією. У місцях з виділенням великої кількості пилу і газів встановлюються місцеві відсмоктувачі. Вентиляційні установки повинні підтримувати заданий температурний режим і наявність газів і пилу в допустимих концентраціях.

3.4 Освітлення

Освітленню робочих місць і ділянок надається велика увага. Погане освітлення погано впливає на продуктивність праці робітників, що призводить до зниження продуктивності їх праці.

Ливарний цех освітлюється природним і штучним світлом. Природне освітлення - через вікна (використано стрічкове скління) і світлоаераційні ліхтарі, а штучне - електричними лампами. Нормальне освітлення робочого місця не повинне давати різких тіней і засліплювати працюючих.

У виробничих приміщеннях застосовується загальне і місцеве освітлення. Світильники загального освітлення з лампами розжарювання встановлюються на висоті 4 м від рівня підлоги, а світильники місцевого призначення - на рівні 2,5м. Місцеве освітлення проектується з напругою не більше ніж 36 В, то, яке переноситься не вище 12 В.

У ливарному цеху передбачене аварійне освітлення, величина якого складає на робочих місцях 10 % норми місцевого освітлення і в проходах 0,3 лк.

3.5 Водопостачання і каналізація

У цеху передбачені наступні системи водопостачання: господарсько - протипожежна; виробнича (вода ріки); оборотного і повторного використання води. Протипожежний водопровід об'єднано з виробничим водопроводом річкової води.

У ливарному цеху виробничу воду використовують на наступні потреби: водоохолодження обладнання, очищення вентиляційного повітря, що видаляється, очищення газів.

Вода питної якості, крім питних потреб, використовується на очищення і зволоження повітря приточування. Для регулювання нерівномірностей користування на заводі встановлені водонапірні башти. З метою економії використання води, застосовуються оборотні системи водопостачання, кількість яких визначається техніко-економічними розрахунками.

На заводі передбачені наступні системи каналізації: господарсько-побутова, дощова і промислового призначення.

Основні промислові стічні води ливарного цеху об'єднують у водооборотні системи і у водоймища не скидають, тому що вони містять технічні домішки.

Основна кількість забруднених стічних вод в ливарному виробництві утворюється при очищенні газів, які з'являються в електроплавильних печах, очищенні вентиляційних викидів.

Очищення води від механічних домішок проводиться методом відстоювання, в необхідних випадках із застосуванням реагентів. Відходи виробництва і осідання з відстійників вивозяться з території заводу автомобільним транспортом у спеціально відведене місце.

3.6 Проектування адміністративно-побутових приміщень

До побутових приміщень ливарного цеху можна віднести: гардеробні, душеві, медичний кабінет, буфет, санвузли і умивальники. До адміністративних - кабінети і кімнати керівного складу і технічного персоналу. Побутові і адміністративно-побутові приміщення розміщені окремо від виробничого приміщення. Ширина їх складає 18 м при кроці колон 6 м. Висоту поверхів допоміжного приміщення приймаємо рівною 3,3 м. Адміністративно-побутовий корпус має 2 поверхи.

Перегородки в приміщенні встановлюють з гіпсокартонних дрібних плит. У вологих приміщеннях (душові, умивальники та інше) стіни на всю висоту облицьовують азбоцементними плитами. Перегородки виконують з вологотривкого бетону.

Підлогу в побутових приміщеннях роблять з керамічної ребристої плитки. У кабінетах підлогу покривають лінолеумом.

Площа гардеробних визначається кількістю шаф для зберігання речей, одягу. Нормами передбачені - одна шафа для одного робітника. Враховуючи, що чисельність робітників в цеху складає 120 чоловік, то кількість шаф складатиме 120 штук. Розмір одинарної шафи 50х25 см, подвійного - 50х33 см з висотою 1,65 м. Ширина проходу між зачиненими шафами не менше 1 м.

Верхній одяг робочих лабораторій і різних служб зберігається на вішалках.

Душові розміщені в приміщеннях, суміжних з гардеробом. При душових передбачається приміщення для переодягання, на кожен душ встановлюється лавка на три місця завдовжки 1,2 м і шириною 0,3 м.

Кількість душових визначається з розрахунку: один душ на 10 чоловік, які працюють в найчисленнішій зміні. У найчисленнішій зміні працюють 60 чоловік. Тому мінімальна кількість душових складає 6 штук. Розміри душових кабін 0,9 х 0,9 м. Ширина проходів між рядами кабін не менше 1,5 м, а між кабінами і стіною - не менше 0,9 м.

Душові приміщення мають витяжну і приточувальну вентиляцію. Кількість умивальників в цеху складає 7 штук. Площа на один кран складає $2,1 \text{ м}^2$ відстань між кранами – 0,6 м, ширина проходів – 1,6 м. У цеху є два санвузли. У адміністративно-побутовому корпусі – 1. Норми проектування адміністративно-конторських приміщень, залежить від призначення приміщень, і складають: для робочих кімнат управління і контор - 4 м^2 на одного працюючого в найчисленнішій зміні.

У цеху передбачений буфет з відпуском гарячих блюд, які доставляються із заводської їдальні.

4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В цій частині проводиться розробка технологічного процесу виготовлення типового виливка проектного цеху «Палець натискний».

Деталь «Палець натискний» використовується у механізмі запобіжника тягового двигуна НБ – 418 електровозу ВЛ – 80 усіх серій.

Виливок виготовлено з латуні марки ЛЦ40С. Латунь – сплав міді з цинком, легований свинцем. Свинець покращує головним чином антифрикційні властивості латуні, та їх обробку різанням. Хімічний склад сплаву ЛЦ40С наведено у таблиці 1.3. Механічні властивості сплаву наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Механічні властивості сплаву ЛЦ40С

Марка сплаву	Механічні властивості		
	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа
	не менше		
ЛЦ40С	215	12	686

Латунні сплави кристалізуються у вузькому температурному інтервалі (50 – 60 °С), що у значній мірі визначає їх технологічні властивості, та виключає дендритну ліквідацію. Вузький інтервал кристалізації визначає схильність до утворення стовбчастої структури і транскристалізації.

Використання свинцю покращує антифрикційні властивості. Використання сплаву ЛЦ40С забезпечує відливання складного по конфігурації виливка та використання отриманої деталі при підвищеній температурі. Зазначені властивості латунного сплаву ЛЦ40С задовольняють вимогам експлуатації деталі «Палець натискний».

Спосіб виготовлення виливка «Палець натискний» - це лиття під тиском. Цей спосіб забезпечує виготовлення складного по конфігурації тонкостінного виливка, максимально наближеного до розмірів готової деталі. Особливість

лиття під тиском полягає у тому, що в металеву роз'ємну прес-форму, встановлену на машині, рідкий метал подається під тиском $(2 \div 10) \cdot 10^7$ Па з підвищеною швидкістю до 60 м/с. Твердіння металу відбувається теж під надлишковим тиском. При цьому виливки отримують з точними розмірами, з чистою поверхнею, чіткими конструктивними рельєфами й готовими отворами діаметром до 1 мм.

Для виготовлення виливка обираємо машину лиття під тиском моделі 711A07. Для обґрунтування вибору машини проводимо розрахунок литниково – вентиляційної системи.

4.1 Розрахунок основних технологічних параметрів лиття під тиском

Виливок «Палець натискний», сплав ЛЦ40С, ГОСТ 17711-80, маса виливка 125 г, товщина стінок – 27,8 мм.

- Приймаємо машину з горизонтальною холодною камерою пресування 711A07.

- Обираємо тип литникової системи – бокова.

- Площину роз'єму обираємо таким чином, щоб гарантувати знаходження виливка в рухомій частині прес-форми.

- Обираємо положення виливка в прес-формі та місце підводу металу таким чином, щоб виключити «самопотік» металу в порожнину прес-форми і забезпечити спрямоване витиснення повітря та газів з прес-форми.

- Визначаємо припуски на механічну обробку згідно ГОСТ 26645 – 85, величину литникових ухилів, галтелей, литих отворів.

- Розраховуємо розміри елементів литникової системи [7].

Живильник.

Розрахунок проводимо згідно формулі:

$$f_{\text{ж}} = \frac{m}{\rho \cdot \tau_{\text{зАЛ}} \cdot V_{\text{ВП}}}, \text{ мм}^2, \quad (4.1)$$

$$\text{де } m = m_{\text{відл}} + m_{\text{пр}} = 125 + 0,15 \cdot 125 = 143,75 \text{ г};$$

$$\rho = 8,5 \text{ г/см}^3;$$

$$\tau_{\text{зал}} = 0,33 \text{ с};$$

$$V_{\text{ен}} = 5 \text{ м/с},$$

звідси маємо:

$$f_{\text{ж}} = \frac{143,75}{8,5 \cdot 0,33 \cdot 5} = 10,2 \text{ мм}^2$$

Товщина живильника $\delta_{\text{ж}}$ повинна бути у межах $1/3 \div 1/8$ товщини стінки відливка, але не менше 0,8 мм. Приймаємо $\delta_{\text{ж}} = 1,3$ мм. Тоді ширина живильника:

$$b_{\text{ж}} = \frac{f_{\text{ж}}}{\delta_{\text{ж}}} = \frac{10,2}{1,3} = 7,8 \text{ мм.} \quad (4.2)$$

Довжину живильника вибираємо з розрахунку $(4 \div 6) \cdot \delta_{\text{ж}}$

$$L_{\text{ж}} = 5 \cdot 1,3 = 6,5 \text{ мм};$$

Площа проекції живильника

$$F_{\text{ж}} = b_{\text{ж}} \cdot L_{\text{ж}} = 7,8 \cdot 6,5 = 50,7 \text{ мм}^2 \quad (4.3)$$

Об'єм живильника :

$$V_{\text{ж}} = F_{\text{ж}} \cdot \delta_{\text{ж}} = 50,7 \cdot 1,3 = 65,9 \text{ мм}^3 \quad (4.4)$$

Підводячий канал.

Розраховуємо площу перетину підводячого каналу:

$$f_{п.к.} = (1,2 \div 1,5) \cdot f_{ж} = 1,2 \cdot 10,2 = 12,24 \text{ мм}^2 \quad (4.5)$$

Розрахункова товщина підводячого каналу:

$$\delta_{п.к.} = 0,77 \sqrt{f_{ж}} = 0,77 \cdot \sqrt{10,2} = 2,5 \text{ мм} \quad (4.6)$$

Розрахункова ширина підводячого каналу:

$$b_{п.к.} = (1,55 \div 1,95) \cdot \sqrt{f_{ж}} = 1,7 \cdot \sqrt{10,2} = 5,4 \text{ мм} \quad (4.7)$$

Враховуючи ширину живильника 7,8 мм, приймаємо ширину підводячого каналу також 7,8 мм. Тоді товщина підводячого каналу повинна бути:

$$\delta_{п.к.} = \frac{f_{п.к.}}{b_{п.к.}} = \frac{12,24}{7,8} = 1,6 \text{ мм}, \text{ але вона не може бути менше } 5 \text{ мм. Приймаємо } \delta_{п.к.} = 5 \text{ мм.}$$

Фактична площа перетину підводячого каналу:

$$f_{п.к.} = \delta_{п.к.} \cdot b_{п.к.} = 5 \cdot 5,4 = 27 \text{ мм}^2 \quad (4.8)$$

Довжина підводячого каналу (за кресленням) – 6 мм.

Площа проекції підводячого каналу на площину роз'єму:

$$F_{п.к.} = L_{п.к.} \cdot b_{п.к.} = 6 \cdot 5,4 = 32,4 \text{ мм}^2 \quad (4.9)$$

Об'єм підводячого каналу:

$$V_{п.к.} = f_{п.к.} \cdot \delta_{п.к.} = 32,4 \cdot 5 = 162 \text{ мм}^3 \quad (4.10)$$

Промивники

Об'єм промивників:

$$V_{\text{ПР}} = 0,15 \cdot V_{\text{ВІДЛ}}, \text{ мм}^3 \quad (4.11)$$

де

$$V_{\text{ВІДЛ}} = \frac{m_{\text{ВІДЛ}}}{\rho} = \frac{125}{8,5} = 14,7 \text{ см}^3 = 14700 \text{ мм}^3 \quad (4.12)$$

$$V_{\text{ПР}} = 0,15 \cdot 14700 = 2205 \text{ мм}^3$$

Товщина промивника:

$$\delta_{\text{ПР}} = (1,5 \div 2) \cdot \delta_{\text{ВІДЛ}}, \text{ мм}; \quad (4.13)$$

де $\delta_{\text{ВІДЛ}}$ - товщина стінки відливка у місці встановлення промивника = 6 мм (за кресленням)

$$\delta_{\text{ПР}} = 2 \cdot 6 = 12 \text{ мм}$$

Ширина промивника:

$$b_{\text{ПР}} = (1,5 \div 2,5) \cdot \delta_{\text{ПР}} = 2,5 \cdot 12 = 30 \text{ мм} \quad (4.14)$$

Приймаємо $b_{\text{ПР}} = 30 \text{ мм}$.

Довжина промивника:

$$L_{\text{ПР}} = \frac{V_{\text{ПР}}}{\delta_{\text{ПР}} \cdot b_{\text{ПР}}} = \frac{2205}{8 \cdot 30} = 9,2 \approx 9 \text{ мм} \quad (4.15)$$

Площа проекції промивників:

$$F_{\text{пр}} = b_{\text{пр}} \cdot L_{\text{пр}} = 20 \cdot 9 = 180 \text{ мм}^2 \quad (4.16)$$

Промивник з'єднується з відливком щілиною, яку теж розраховуємо.
Товщина з'єднувальної щілини:

$$\delta_{\text{щ}} = 0,7 \cdot \delta_{\text{жс}} = 0,7 \cdot 1,3 = 0,9 \approx 1 \text{ мм} \quad (4.17)$$

Довжину щілини $L_{\text{щ}}$ приймаємо 5 мм.

Ширина щілини:

$$b_{\text{щ}} = (0,7 \div 0,8) \cdot L_{\text{пр}} = 0,7 \cdot 14 = 10 \text{ мм} \quad (4.18)$$

Загальний вид промивника наведено у малюнку 4.1.

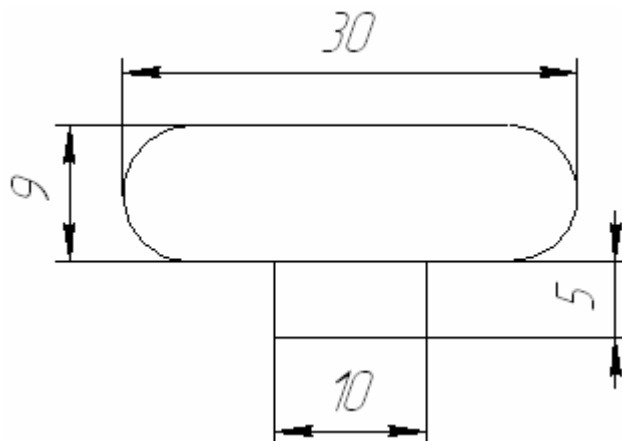


Рисунок 4.1 – Загальний вид промивника

Площа проекції щілини:

$$F_{\text{щ}} = L_{\text{щ}} \cdot b_{\text{щ}} = 5 \cdot 10 = 50 \text{ мм}^2 \quad (4.19)$$

Об'єм з'єднувальної щілини:

$$V_{щ} = f_{щ} \cdot \delta_{щ} = 50 \cdot 1 = 50 \text{ мм}^3 \quad (4.20)$$

Камера пресування

Сумарна площа проекцій відливка та литникової системи на площину роз'єму становить:

$$\Sigma F'_{пр} = F_{вдл} \cdot F_{ж} \cdot F_{п.к} \cdot F_{пр} \cdot F_{щ} = 1564 + 50,7 + 32,4 + 280 + 50 = 1977,1 \text{ мм}^2 \quad (4.21)$$

Місткість камери пресування з врахуванням об'єму прес-залишка:

$$V_{п.з} = 0,1 \cdot V_{вдл} = 0,1 \cdot 14,7 = 1,47 \text{ мм}^3 \quad (4.22)$$

$$\begin{aligned} V_M &= V_{вдл} + V_{ж} + V_{п.к} + V_{пр} + V_{щ} + V_{п.з} \\ V_M &= 14,7 + 65,9 + 162 + 2205 + 50 + 1,47 = 2499 \text{ мм}^3 \approx 2,5 \text{ см}^3 \end{aligned} \quad (4.23)$$

По паспорту машини найближчий більший діаметр камери пресування , який вміщує таку порцію металу - $D_{пр}=60$ мм.

Площа проекції прес-залишка $F_{п.з}$ такої камери пресування:

$$F_{п.з} = \frac{\pi \cdot D_{пр}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3969}{4} = 2826 \text{ мм}^2$$

Сумарна площа проекції відливка з литниковою системою та прес-залишком на площину роз'єму:

$$\Sigma F_{пр} = F'_{пр(вдл+лжс)} + F_{пр+п.з} = 1977 + 2826 = 4803 \text{ мм}^2 \quad (4.24)$$

Діаметр камери пресування, виходячи з умов нерозкриття форми:

$$D_{\text{ПР}}^{\min} \geq 1,13 \sqrt{1,0 \frac{1,0 \cdot 4803}{2,5}} = 49,5 \text{ мм} \quad (4.25)$$

Приймаємо по паспорту машини $D_{\text{ПР}} = 60 \text{ мм}$.

Фактична площа проекції прес-залишка:

$$F_{\text{П.З}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ПР}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2$$

$F_{\text{П.З}} = S$ - площа перетину камери пресування. Фактична площа проекції відливка з литниками:

$$\Sigma F_{\text{ПР}} = 1977 + 2826 = 4803 \text{ мм}^2 = 0,0048 \text{ м}^2 \quad (4.26)$$

Дійсний тиск пресування:

$$P_{\text{Д}} = \frac{P_{\text{ПР}}}{S} = \frac{0,2}{0,003} = 66,7 \text{ МПа} , \quad (4.27)$$

що більше пропонуємого: $P_{\min} = 16 \text{ МПа}$

Швидкість пресування:

$$V = V \cdot \frac{f}{S} = 5 \cdot \frac{10,2 \cdot 10^{-6}}{0,071} = 0,36 \text{ м/с} \quad (4.28)$$

По паспорту машина забезпечує таку швидкість пресування

Механізм запирання.

Умови нерозкриття прес-форми:

$$K \cdot P_{\text{ЗАП}} \geq P_{\text{Д}} \cdot \Sigma F_{\text{ПР}} ;$$

$$K \cdot P_{\text{зат}} = 1,63 \cdot 2,5 = 4,075 \text{ МН};$$

$$P_{\text{д}} \cdot \Sigma F_{\text{пп}} = 66,7 \cdot 0,0048 = 0,32 \text{ МН}.$$

4.2 Конструкція прес-форми

Для отримання виливка «Палець натискний» використовується малогабаритна прес-форма з вертикальним роз'ємом плит, одногніздова, з автоматичним з'ємом виливка, з розташуванням виливка у пуансоні і матриці.

Деталі, формоутворюючі робочу порожнину виливка: вкладиші матриці і пуансона, стрижні й виштовхувачі – є основою прес-форми. Ці деталі обумовлюють зовнішні контури виливка, його якість – шорсткість поверхні та точність розмірів. Вкладиші формують зовнішні контури виливка, стрижні – внутрішні порожнини виливка, виштовхувачі використовуються для видалення виливків з прес-форми [8].

Деталі металопровіда: стакан, втулка, наконечник пресуючого плунжера.

Деталі працюють у важких умовах – вони оформлюють підводячі канали до виливка. Стакан, втулка та наконечник зроблено зі сталі 3Х2В8Ф, з наступним загартуванням і відпуском до HRC 40 – 50.

Деталі конструктивного призначення: плити, обойми матриць і пуансонів, плити штовхачів, опорні і підкладні, направляючі колонки і втулки, упори, різні деталі вузлів і механізмів. Основною вимогою до них є паралельність головних площин. Плити виконано з вуглецевої сталі 40, направляючі колонки та втулки зроблено з вуглецевої сталі У10А.

4.3 Технологічний процес виготовлення виливка

4.3.1 Плавка металу

Плавка і перегрів латунного сплаву здійснюється в індукційній печі ІЛТ – 0,4 М2. Технічна характеристика печі надана в таблиці 1.5. Плавильна піч призначена для переплаву чушок і вороття виробництва. Індукційна тигельна електропіч за принципом дії являє собою своєрідний трансформатор, у якого первинною обмоткою є водоохолоджуєма катушка – індуктор, а роль вторинної обмотки і одночасно навантаження виконує метал, що знаходиться у тиглі. Нагрівання і розплавлення металу відбувається за рахунок проникаючих у нього індукційних струмів, які виникають під дією електромагнітного поля, створеного індуктором. При цьому виникають також електродинамічні сили, що створюють інтенсивне перемішування металу, та забезпечують рівномірність температури і однорідність хімічного складу розплавленого металу.

Як шихтові матеріали для плавки латуні в печі використовуються чушки вторинної латуні ЛС відповідно ГОСТ 1020 – 77 (хімічний склад згідно ГОСТ 1020 – 77 наведено у таблиці 1.9) і вороття власного виробництва. Склад металозавалювання при плавці латунного сплаву ЛЦ40С наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Склад металозавалювання при плавці сплаву ЛЦ40С

Найменування матеріалів	Марка	ДСТУ, ГОСТ, ТУ	Норма витрат ЛЦ40С	
			%	кг
Латунь свинцева чушкова	ЛС	ГОСТ 1020-77Е	62,32	1050,65
Вороття власного виробництва	-	-	37,68	635,31
Усього	-	-	100,00	1685,96

Перед завантаженням у плавильну піч шихтові матеріали підсушуються і підігріваються. Підігрів шихти здійснюється у коробах в печі СНО 6,12. Вороття власного виробництва спочатку обробляється у обдув очній камері для видалення залишків стрижньової суміші та бруду, а потім також підігрівається у печі СНО 6,12. Також проводиться попередній переплав малогабаритних залишків ЛЖС. Вороття виробництва завантажується у піч за допомогою короба. Категорично заборонено застосовувати як шихтові матеріали закриті ємності, стружку, забруднену олією, брак виробництва механічного цеху, попередньо не очищений. Зважування шихти проводиться на технологічних вагах. Дозування чушкових матеріалів допускається робити по кількості чушок з перерахунком на вагу.

Шихта подається до плавильних печей у коробах вантажопідйомністю 1 т, за допомогою передавального візка та мостового крану. Завантаження шихти у піч проводиться у наступному порядку: спочатку за допомогою похилого короба завантажується вороття виробництва, а потім вручну чушкові матеріали. Завантаження шихти ведеться при вимкненій напрузі.

У період першої плавки, коли у тигель завантажується тільки тверда шихта, підйом потужності при розігріві до номінальної температури ведеться поступово з використанням кожної ступені напруги трансформатора. Швидкість наростання температури в цей період не більше 100°C в годину. Шихта завантажується у піч у три – чотири прийоми в міру розплавлювання садки, щоб уникнути перегріву металу, роз'єднання футеровки тигля і бурхливого перемішування металу.

У процесі плавки підтримується номінальна потужність, не допускається навантаження живильного трансформатору, підтримується $\cos \varphi = 1$, для цього використовується регульована частина ємності конденсаторної батареї. У випадку бурхливого перемішування металу в печі, що супроводжується викидами металу, негайно переключається установка на знижену напругу.

Під час роботи електропечі уважно стежать за процесом плавки, температурою металу, аварійною сигналізацією, температурою і витратою

охлаждающей воды, за станом футеровки тигля, періодично проводиться скачування шлаку з поверхні металу.

Температура води на виході з індуктора повинна бути не вище 50°C .

Плавка латунного сплаву ведеться під шаром покривного флюсу. Це покривно-рафінуючий флюс в кількості 2,5 % від маси металу. Склад та кількість флюсу для плавлення 1 тони сплаву надано у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Склад та кількість флюсу при плавці 1 т сплаву

Найменування матеріалів	Марка	ДСТУ, ГОСТ, ТУ	Норма витрат ЛЦ40С	
Фтористий калій	CaF_2 (50%)		1,25	21,00
Фтористий магній	MgF_2 (50%)		1,25	21,00
Усього	-	-	2,5	42,00

Після розплавлення шихтових матеріалів температура ванни доводиться до температури $1030 - 1150^{\circ}\text{C}$ і проводиться розкислення фосфористою міддю. Кількість розкислювача складає 0,15 % від маси металу.

Фосфористу мідь попередньо подрібнюють до невеличких розмірів. Розкислювач вводиться дзвоником, при цьому проводиться змішування і розплав. Піч включена на режим підігріву. Після розкислення сплаву проводиться скачування шлаку.

Злив розплавленого металу здійснюється шляхом нахилу печі в одну сторону на будь-який кут до 100° за допомогою двох гідравлічних плунжерів. Крайнє положення печі обмежується кінцевими вимикачами.

Транспортування рідкого металу від плавильних печей ІЛТ – 0,4 М2 до роздавальних печей ІЛК – 0,4/0,16 відбувається за допомогою мостового кану вантажопідйомністю 5 т. Подається попередньо за футерований, просушений і підігрітий до температури не нижче $400 - 450^{\circ}\text{C}$ ківш. За допомогою

гідравлічних плунжерів піч нахиляється і метал зливається у ківш. Метал з печі зливається не цілком, залишається третина ємності тигля. Ківш заповнюється на $\frac{2}{3}$ ємності від нижньої підстави горловини. Після заповнення ковша піч повертається у вихідне положення, ківш за допомогою мостового крану подається у заливальне відділення, де проводиться роздача рідкого металу по роздавальних печах ІЛК – 0,4/0,16.

Біля роздавальної печі кран зупиняється, ківш опускається. За допомогою штурвала ківш нахиляється на 90° і відбувається перелив металу в роздавальну піч. Сплав переливають спокійним безперервним струменем, не допускаючи розбризкування металу. Після закінчення заливання сплаву у піч ківш, за допомогою штурвала, повертається у вихідне положення і переміщується у плавильне відділення.

4.3.2 Контроль якості металу

Після розплавлення шихтових матеріалів і скачування шлаку проводиться відбір проб на спектральний аналіз і механічні іспити. Заливання зразків роблять заливальною ложкою з ізолюваною ручкою в кокіль. Заливання зразків роблять по мірі розплавлення кожної нової партії шихти, але не рідше одного разу в зміну. Проба повинна бути щільною, однорідною, без газових, усадочних раковин та неметалевих включень.

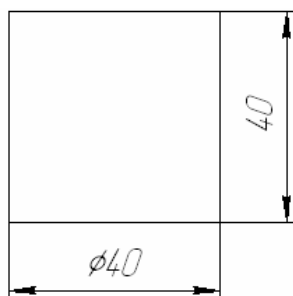


Рисунок 4.2 – Зразок для визначення хімічного складу методом спектрального аналізу

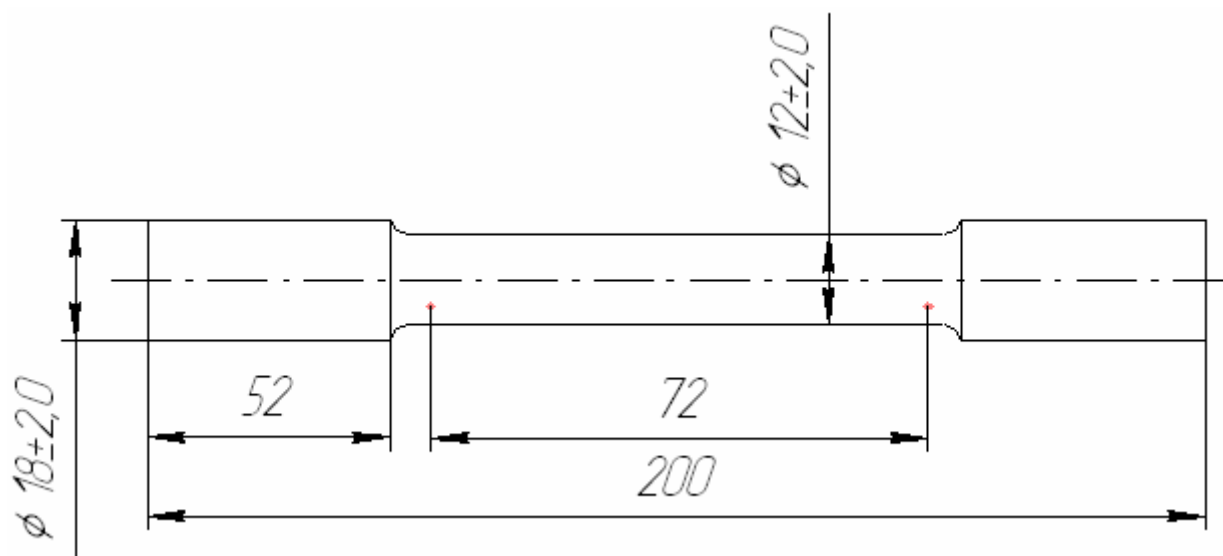


Рисунок 4.3 – Зразок для визначення механічних властивостей

Щодня проводиться контроль вмісту в сплаві міді, свинцю, цинку, заліза, алюмінію, кремнію, марганцю. Вміст інших домішок визначається хімічним методом.

Хімічний склад сплаву, який підлягає розливанню наведено у таблиці 1.3. Механічні властивості сплаву згідно ГОСТ 17711 – 80 наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Механічні властивості сплаву

Марка сплаву	Щільність, $г/см^3$	Тимчасовий опір розриву, $\sigma_B, МПа$	Відносне подовження, $\sigma, \%$	Твердість НВ, $кг/мм^2$
ЛЦ40С	8,5	215	20	80

Якщо креслення вилівка не вимагає контролю механічних властивостей сплаву, здавальною характеристикою є відповідність його хімічного складу вимогам ГОСТ 17711 – 80.

4.3.3 Виготовлення виливка на машинах лиття під тиском

Виливок виготовляється на автоматизованій машині лиття під тиском моделі 711A07 з горизонтальною холодною камерою пресування. Машина призначена для виробництва тонкостінних виливків з алюмінієвих та мідних сплавів. У комплект автоматизованої машини входить машина лиття під тиском, маніпулятор для змащення прес-форм і установка для змащення прес-плунжера. Технічна характеристика машини лиття під тиском наведена у таблиці 1.17.

Виконання технологічних операцій у напівавтоматичному режимі машини лиття під тиском здійснюється у наступному порядку:

- очищення і змащення прес-форми;
- змащення прес-плунжера і камери пресування;
- змикання і запирання прес-форми;
- заливання рідкого металу;
- запресування металу в прес-форму;
- кристалізація виливка;
- розкриття прес-форми;
- виштовхування виливка.

При експлуатації машини необхідно дотримувати: «Устаткування для ливарного виробництва. Вимоги безпеки» ГОСТ 12.2.046 – 80 ССБТ; «Правила безпеки і виробничої санітарії в ливарному виробництві, машинобудуванні і промисловості», «Правила пристроїв електроустановок».

Перед початком роботи або після тривалої перерви необхідно:

1. Зробити огляд і обслуговування машин литва під тиском кваліфікованим слюсарем згідно технічного паспорта на машину. Оглянути справність вентилів акумуляторів і систем високого тиску. Перевірити правильність свідчень манометрів. Змазати всі доступні частини машини, що піддаються тертю, набити сальники плунжерів насосів згідно паспорту машини.

2. Підготувати опорні площини машини під кріплення прес форми і постаменту, очистивши скребком, щіткою від бруду і мастила.
3. Установить кран-балкою постамент або закріпити на прес формі перехідні плити, що забезпечують кріплення прес форми до машини і з'їм відливки.
4. Поставить по діаметру ливникової втулки прес-форми пресуючий стакан і шток з поршнем.
5. За допомогою гідроциліндра або перехідних фланців поворотної обойми перестроїти (підняти або опустити) циліндр пресування відповідно до розташування ливникової втулки прес-форми.
6. Відкрити вентилі акумулятора і машини. Включити насос і індивідуальний пульт управління. Встановити і закріпити прес-форму на машині за допомогою кріпильних болтів, планок.
7. Під'єднати до прес-форми систему вакуумного відсмоктування повітря.

4.3.4 Підготовка прес-форми

Продути прес-форму стиснутим повітрям. Закрити прес-форму підігріти газовим пальником в продовж 15 хвилин. Триразовою залити рідкий метал у камеру пресування для прогрівання. Витримати прес-форму протягом 4-7 хвилин для вирівнювання температури нагріву.

Перевірити наявність і справність запобіжних щитків і пристосувань. Працювати тільки в спеціальному одязі, захисних окулярах.

Закрити рухому і нерухому частини прес-форми. Звірити показники температури металу в роздавальних печах контрольною термopарою занурення. Температура заливання латунного сплаву 960 - 990°C .

Зробити 4-6 запресувань на початку і середині зміни до отримання годної по чистоті поверхні відливання і до повного розігрівання прес-форми. У випадку невідповідності чистоти поверхні відливання контрольному зразку і

якості по металургійних параметрах проводити заливку і відробіток технологічних параметрів до отримання гідної виливки .

Залити метал мірною ложкою в стакан, температура металу в печі $990\pm 20^{\circ}\text{C}$, інструмент – заливальна ложка, термopapa. Запресувати метал в порожнину форми. Розігріти прес-форму заливками металу в камеру пресування. Витримати виливок у формі, розкрити прес-форму. Витягнути виливок з порожнини прес-форми (інструмент – кліщі ГОСТ 11388-75, набір гачків). Змазати місця вставок, розташованих поблизу підведення металу, поршень. Пред'явити виливок контролеру для перевірки. На виливках не допускаються дефекти, обумовлені прес-формою.

Примітка: склад мастила 1 – алюмінієва пудра 7,5%, масло Вапор 55 %, гас 13%, графіт 24,5 %. Склад мастила 2 – дисульфід молібдену – 15 %, масло Вапор 50%, гас 12 %, графіт 23 %.

Мастило 1- для формоутворюючих поверхонь прес-форми.

4.3.5 Обрубка виливка на пресах

Технічна характеристика обладнання, застосованого при обрубці, надана у таблиці 1.28. Необхідним інструментом для роботи на пресі є кліщі, та коробка для виливків. Перед початком роботи перевіряється кріплення штампа, наявність змащення в масло насосі та олії у масло розпилювачі. Зливається конденсат із вологовідділювача і ресивера. Перевіряється наявність робочого тиску стисненого повітря у пневмосистемі преса. Вмикається муфта-гальмо тільки після того, як маховик розів'є повне число обертів. Робиться кілька холостих ходів щоб переконатися у справній роботі преса.

При виконанні операції береться з коробка виливок за допомогою кліщів і вкладається у штамп, при цьому необхідно слідкувати щоб виливок не перекошувало у матриці. Проводиться обрубка. По мірі накопичення облоя на матриці він змитається щіткою. Штамп оберігається від улучення пилу або

окалини, періодично штамп змазується пензлем. Два рази в зміну нагнітається змащення до вузлів, які змащуються маслонасосом.

При закінченні роботи виключається муфта-гальмо, потім – електродвигун. Вимикається вимикач на електрошкафу преса. Очищується робоче місце, обтирається прес, змащуються відпрацьовані частини преса.

Прийом і здача виливків по якості проводиться згідно положень СТП 23–13–01–17–79. «Порядок пред’явлення і здача продукції ВТК». Проводиться 100 % контроль обрублених виливків, перевіряються розміри контрольних виливків за допомогою шаблонів і універсального вимірювального інструменту у кількості 1% від партії. Виливки повинні відповідати вимогам креслення і вимогам ОСТ 26 – 07 – 1115 – 74 на виливок з латуні.

4.3.6 Обробка виливка на зачисному верстаті

Технічна характеристика обдирочно-шлифувального верстата моделі 3М636 приведена в таблиці 1.30.

Перед включенням обдирочно-шлифувального верстата перевіряється справність заземлення. Перевіряється наявність запобіжного кожуха, поручників, захисних екранів. Зазор між колом і запобіжним козирком повинен бути не більше 6 мм. Перевіряється робота верстата в холосту на робочій швидкості: при діаметрі кола від 150 до 400 мм протягом 2 хв., при діаметрі понад 400 мм протягом 5 хв. При обробці абразивними колами виливків утримуваних у руках, застосовуються поручники. Поручники повинні бути пересувними і встановлюватися в необхідному положенні по мірі спрацьовування кола. Поручники встановлюються так, щоб верхня точка дотику виробу зі шліфувальним колом знаходилася на горизонтальній площині, що проходить крізь центр кола, або вище її, але не більше ніж 10 мм. Зазор між краєм поручника і робочою поверхнею шліфувального кола повинен бути не менше половини товщини виробу, що шліфується, але не більше 3 мм. Робітник

ознайомлюється з вимогами, яким повинен відповідати зачищений виливок. Короб з виливками транспортується до обдирочно-шлифувального верстату.

При проведенні операції виливок береться із короба і встановлюється на поручник. Утримуючи виливок рукою на поручник зачищається залишок живильника і заливи. Виливок оглядається і кладеться в короб для обробленого лиття. Перебування робітника під час роботи верстата – збоку щодо площини обертання кола. Оброблювана деталь підводиться до кола плавно, не допускаються удари і поштовхи деталі об коло. По мірі спрацьовування кола переміщується запобіжний козирок і поручник. Переміщення робиться тільки після зупинки кола.

По закінченні роботи верстат вимикається, видаляється металевий пил з верстата і прибирається робоче місце.

4.3.7 Контроль якості продукції

Прийом і здача виливків по якості проводиться згідно положень СТП 23 – 13 – 01 – 127 – 79 «Порядок пред'явлення і здачі продукції». Перевіряються розміри контрольних виливків за допомогою шаблонів і універсального вимірювального інструмента. Виливки повинні відповідати ОСТ 26 – 07 – 1114 – 74.

Працівниками ВТК проводиться контроль якості лиття: візуально – 100 %, на відповідність розмірів виливка кресленню – 1 %. Обробка виливків на пресах, зачищення на верстаті і здача продукції ВТК проводиться відповідно до креслень і затверджених еталонів.

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Призначення і конструкції індукційних каналних печей

Індукційні каналні печі використовуються для плавки кольорових металів (сплави на основі міді, цинку, алюмінію), а також як міксери для тих же металів.

Індукційні каналні міксери призначені для перегріву рідкого металу, створення постійних температурних умов лиття, і у ряді випадків дозування і регулювання швидкості заливання металу в ливарні форми або кристалізатори ливарних машин.

Індукційні каналні печі краще використовувати в тих випадках, коли до виплавленого металу пред'являються підвищені вимоги по ненасиченості газами і по відсутності неметалевих включень.

Наявність у цих печах електродинамічного і теплового руху розплавленого металу забезпечують однорідність хімічного складу і рівномірності температури металу у ванні печі.

Індукційні каналні печі пристосовані до умов безперервного виробництва. Вони є практично ідеальним вторинним металургійним агрегатом, що дозволяє довго витримувати рідкий метал при стабільній температурі, перегрівати його і видавати відносно невеликими порціями. При перервах у роботі печі обов'язково повинний бути залишок рідкого металу, для забезпечення замкнутого вторинного ланцюга, що утворюється металом у плавильних каналах.

Сучасні індукційні каналні печі забезпечуються змінними індукційними одиницями, що міняються у випадку виходу з ладу новими, без зупинки печі. Індукційні каналні печі мають низький відсоток вигару металу (0,5-1,0%). Канальні печі можуть працювати самостійно з періодичними розливаннями розплавленого металу або в складі плавильно-роздавальних агрегатів. Для всіх типів каналних печей може використовуватися струм промислової частоти.

Індукційна канална піч представляє собою футеровану ванну шахтного або барабанного типу, яка міститься в кожусі, споряджену однією або декількома індукційними одиницями.

Індукційна одиниця – конструкторський вузол, який представляє електромагнітну систему, яка складається з індуктора, магнітопроводу, футеровки з плавильними каналами, замкнутими в кожух, який приєднується до печі. Канали можуть бути прямолінійні або кільцеві з прямокутним, круглим або овальним перерізом в залежності від марки металу, який розплавляється.

Індуктор індукційної одиниці роблять з мідного дроту прямокутного перерізу при повітряному охолодженні, або з профільної мідної трубки, яка охолоджується водою. Витки індуктора ізолюють спеціальними ізоляційними матеріалами.

Магнітопровід – звичайно стрижньового типу з від'ємним ярмом, що дозволяє швидко знімати і надівати індуктор на стрижень магнітопроводу. Магнітопровід виконується з листової трансформаторної холоднокатаної сталі марки 3412 з товщиною листів 0,35 або 0,5 мм; листи ізолюють лаком.

Футеровка каналної частини, в залежності від сплаву, який виплавляють, і потужності, має товщину від 65 до 150 мм, і повинна витримувати високі температури, термічні удари, механічні навантаження при завантаженні шихти, навантаження, обумовлені тиском, а також електродинамічним і тепловим рухом розплаву. Футеровка каналу повинна витримувати вібрації і бути стійкою до дії металу і шлаку.

Футеровка індукційних одиниць з'єднується з футеровкою ванни печі з допомогою прокладки і обмазки, як футерувальний матеріал індукційних одиниць, коли плавлять латунь, в печах ІЛК використовують суху масу, яка містить до 98% кварциту.

Струмопровід до печей та міксерів виконується гнучким кабелем, який в деяких випадках охолоджується водою.

Завантаження печей проводиться зверху крізь отвори, які перекриваються футерованими кришками, забезпеченими механізмами відкривання.

Зливання металу в печах шахтного типу проводять крізь зливний носик поворотом печі з допомогою гідравлічного механізму навколо вісі, яка знаходиться під носиком.

В конструкціях барабанного типу зливання металу проводиться крізь льотку, яка знаходиться на торцевій стінці. А поворот печі здійснюється цівковим, зубчатим або ланцюговим механізмом. Вісь льотки збігається з віссю обертання печі.

Електрична схема печі складається з нормальної чарунки; трансформаторної камери з трьохфазним трансформатором; щита з приладами, які показують напругу, потужність силу струму, сигнальними лампочками; пульта з приладами та штурвалами, які вимикають біля кожної печі [6].

5.2 Принцип роботи печі ІЛК – 0,4 /0,16

Електропід канална індукційна типу ІЛК – 0,4 /0,16 представляє собою короткозамкнутий трансформатор, на сердечнику якого укріплена первинна обмотка – індуктор, вторинною обмоткою є кільцевий плавильний канал у футеровці, заповнений рідким металом. Устя каналу виходить у дно ванни, де міститься вся маса розплавленого металу. Нагрівання металу здійснюється індуктором за рахунок тепла, яке виділяється металом, що знаходиться в кільцеподібному каналі.

Робота печі відбувається в наступних режимах: у режимі плавки і перегріву металу і у режимі підігріву металу при його розплавленні. Електропід працює з постійним залишком розплавленого металу.

У футеровці каналної частини печі розташовано датчик проїдання футеровки, що забезпечує постійний контроль її стану.

У комплект печі входять термopа і електронний потенціометр для автоматичного виміру температури.

Живлення печі здійснюється від мережі напругою 380 В через автотрансформатор.

Технічна характеристика індукційної каналної печі ІЛК – 0,4/0,16, призначеної для плавки і підігріву мідних сплавів приведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика печі ІЛК – 0,4 /0,16

Найменування параметрів	Величина
Ємність печі, т	
корисна	0,40
повна	0,56
Потужність встановлена, кВт	100,00
Потужність споживана, кВт	63,00
Частота струму, Гц	50,00
Номінальна напруга, В	
живильної мережі	380,00
контурної мережі	340,00
Номінальна температура, °C	1200,00
Продуктивність печі	
по розігріванню і перегріву, т/год.	0,25
добова, т	4,20
Час розплавлення і перегріву, год.	1,60
Маса електропечі (комплексу), т	2,50

5.3 Виготовлення футеровки індукційної каналної печі ІЛК – 0,4/0,16

Виготовлення футеровки печі повинно проводитись у суворій відповідності інструкції.

Футеровка електропечі робиться послідовно: підготовка матеріалів, укладання вогнетривкої цегли і набивання маси, сушіння і спікання маси.

Матеріали та їх кількість для футерування електропечі наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Матеріали для футерування печі

Найменування матеріалу	ДЕСТ, ТУ ГОСТ	Одиниця вимірювання	Кількість
Цегла пряма №5	ГОСТ 8691-73	шт.	140,0
Цегла пряма, ЩПБ – 0,4	504-68	шт.	52,0
Дріт х20Н80Н – 1 – 054	12766-77	м	5,1
Графіт кристалічний	5279-74	кг	0,3
Картон азбестовий, $\delta = 5$ мм	2850-80	м ²	5,0
Мартель шамотний, ШТ – 2	6137-80	м ³	0,1
Скло рідке натрієве	13078-81	кг	15,0
Кварцит дрібно мелений ПКМ	ТУ 14-8-31-71	кг	288,0
Борна кислота – „В”	ГОСТ 18704-78	кг	6,0
Глина вогнетривка	3226-77	кг	3,0
Скло віконне мелене (бій)	111-78	кг	3,0

Примітка. Футерувальні матеріали надані без урахування на втрати і бій.

5.3.1 Підготовка футерувальних матеріалів

Матеріали для кладки – аркушевий азбест, вогнетривка і теплоізоляційна цегла особливої підготовки не вимагають. Під час кладки вони повинні бути сухими і чистими.

Дрібномелений кварцит ПКМ просушують протягом 2-3 діб. Товщина шару кварциту на листі повинна бути не більше 80 мм. Сушіння кварциту проводять щоразу перед підготуванням маси. Вологість кварциту після сушіння повинна бути не більше 0,3%.

Вогнетривку глину очищують від включень часток сірки і заліза, просушують і просівають крізь сито з отвором у світлі 0,25 мм. Використовуються для готування маси просівши.

Борну кислоту просівають крізь сито з отвором у світлі 0,2 мм і просушують при температурі 30-40 °С протягом доби.

Бій віконного скла розмелюють у бігунах, просівають крізь сито з розміром отвору у світлі 0,2 мм, використовують у складі маси просівши. Відсотковий склад набивної суміші наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Відсотковий склад набивної суміші

Найменування компонентів	ДЕСТ, ТУ ГОСТ	Кількість у % по масі
Кварцит дрібномелений ПКМ	14-8-31-71	96
Борна кислота	18704-78	2
Глина вогнетривка	3226-77	1
Скло віконне мелене	111-78	1
Усього		100

5.3.2 Виконання футеровки

Для виконання футеровки електропечі необхідно верхню частину електропечі відокремити від нижньої каналної частини.

5.3.2.1 Футеровка нижньої частини електропечі

Внутрішню частину кожуха ретельно очищують від бруду та іржі. Стінки кожуху оклеюють азбестовим картоном, змащеним рідким склом і просушують його природним способом. Укладають теплоізоляційну легковагову цеглу марки ЩЛБ – 10. Підготовлюють шаблон каналу, заливають його внутрішню порожнину латунню.

Підготовлюють азбестовий лист, прошивають його ніхромовим дротом і з однієї сторони змащують сметаноподібною масою, що складається з рідкого скла і графіту. Товщина обмазки 0,2-0,5 мм.

Встановлюють у нижній кожух шаблон каналу, закріплюють його не центруючи. Встановлюють розрізний захисний циліндр в ізолююче кільце, розріз циліндра сполучають з ізольованим розрізом кожуха. У розріз циліндра встановлюють „Н” – образну планку, обмотують циліндр азбестовим листом, змащеною стороною назовні, стик листа знизу.

Джгут ніхромового дроту пропускають між циліндром і ізолюючим кільцем. Набивають кільцевий зазор масою між шаблоном і розрізаним циліндром. Знімають клини, що розширюють шаблон, продовжують набивання маси до верхнього рівня кожуха. Набивання маси роблять пошарово, товщиною 25-30 мм по всій площині.

Установлюють на нижню частину кожуха печі верхню частину і закріплюють її.

5.3.2.2 Футеровка верхнього кожуха

Внутрішню поверхню кожуха очищують від бруду і іржі, оклеюють шаром азбесту, змащеним рідким склом і просушують.

Укладають вздовж стінок кожуха легковагову цеглу з пересипанням швів шамотним порошком.

Роблять набивання маси до верхньої крайки шаблона, укладають джгут ніхромового дроту так, щоб один кінець виходив у порожнину ванни, а інший до ізольованого від маси печі наконечнику.

Викладають внутрішню поверхню ванни вогнетривкою шамотною цеглою на розчині. Розчин розводять до сметанообразної концентрації. Товщина шва не повинна перевищувати 2 мм.

Простір між двома шарами цеглин (теплоізоляційним і вогнетривким) набивають кварцитовою масою. Вогнетривку кладку і набивання маси доводять

до верхнього обрізу кожуха, а горизонтальну порожнину оклеюють азбестовим листом, змащеним рідким склом.

5.3.2.3 Футеровка зливального носика печі

Внутрішню порожнину очищують від бруду та іржі. Змащують поверхню рідким склом і оклеюють азбестовим листом. Викладають форму зливального носика вогнетривкою шамотною цеглою на розчині (30% вогнетривкої глини, 70% меленого шамоту).

5.3.2.4 Футеровка кришки

Для футеровки нерухомої кришки знімають задню кришку, виймають з каркаса піддон, знімають верхню планку, укладають на піддон вогнетривкі цеглини, вставляють піддон у каркас, ставлять задню кришку, обмазують цеглини розчином, прокладають шар азбесту, встановлюють верхню планку.

Для футеровки рухомої кришки знімають верхню планку, виймають піддон з каркаса, укладають на піддон цеглини, встановлюють піддон у каркас, обмазують цеглини розчином, прокладають шар азбесту, установлюють верхню планку.

Після футеровки кришки просушити протягом доби при кімнатній температурі.

Встановлюють кришку на електропіч. Продувають стисненим повітрям порожнину шаблона і ванну електропечі. Встановлюють тимчасову термопару в устя шаблона каналу на глибину 100-150 мм нижче вісі шаблона. Вмикають електропіч і піднімають температуру шаблона каналу до 1000°C протягом 15 годин, при цьому не допускають підйому температури більш 70°C в годину. Режим сушіння повинен бути рівномірно східчастим.

Заливають у піч 250 кг розплавленої латуні, перегрітої до 1200°C . Витримують піч при цій температурі 8 годин. Роблять трохи перехідних плавок при потужності близько 30 кВт до розплавлення шаблону.

5.4 Підготовка печі ІЛК – 0,4/0,16 до роботи

При підготовці електропечі до першого пуску необхідно виконати наступні заходи:

- перевірити якість усіх монтажних робіт;
- перевірити наявність і надійність кріплення огорожень, а також заземлення металоконструкцій;
- в робочий журнал занести результати вимірів параметрів процесу, час пуску і зупинки печі, запис по обліку терміну служби футеровки, а також випадки відхилення від нормального режиму, дозвіл на виробництво ремонтних робіт, запис дозволу на включення електропечі після ремонту або простою і передачі її по змінах.

При підготовці електричної частини печі до роботи необхідно:

- включити всі автоматичні вимикачі на щитах керування ЩУ1 і ЩУ2, при цьому загоряється сигнальна лампа;
- перевірити роботу вентилятора і звукового сигналу, а також роботу сигналізатора проїдання футеровки;
- установити перемикач режиму регулювання температури в положення „автоматичне”;
- перевірити стан і працездатність кінцевих вимикачів і блокувань механізмів.

5.5 Робота печі в режимі плавки і перегріву

Для нормальної роботи електропечі канална частина її заповнюється рідким металом, попередньо розплавленим у печі ІЛТ – 0,4М2 . Для першого пуску печі необхідно 150-200 кг латуні ЛЦ40С перегрітої на 100-150⁰С .

Шихтові матеріали, що завантажуються в піч, повинні бути сухими. Щоб уникнути викидів металу з печі категорично забороняється завантажувати в піч мокру і сиру шихту. Не допускається завантажувати в піч шихту, забруднену олією, мазутом, землею, а також сторонні металеві предмети і закриті ємності.

Чушки латуні завантажують в піч вручну, обережно, щоб не зруйнувати футеровку. Брак лиття і вороття власного виробництва завантажують в піч за допомогою лопати. Укладання шихти в піч проводять компактно, щоб забезпечити гарну щільність і відсутність зазорів між шихтою і футеровкою.

Завантаження шихти в піч ведеться крізь завантажувальне вікно. Піч в цей час відключена.

Після завантаження шихти накривають піч кришкою. У випадку відключення напруги або аварії на печі, негайно звільняють її від розплавленого металу. Метал зливають в ізложниці.

Піднімають температуру ванни печі, включаючи послідовно кожну ступінь напруги трансформатору. Переключення печі з робочої ступені напруги на ступень „Розливання” і навпаки, здійснюється з щита керування, встановленого в печі.

Регульовальний трансформатор, що має 8 ступенів напруги, забезпечує сушіння, розігрів і пуск печі, роботу печі в режимі розплавлення і перегріву металу, а також підігрів металу в повному обсязі й в обсязі залишкової ємності.

При налагодженні технологічного режиму черговий електрик на автотрансформаторі дослідним шляхом підбирає і підключає до вихідних клем одну ступень напруги для періоду розплавлення, та одну ступень для періоду розливання.

Для максимального використання в режимі плавки піч включається на максимальну робочу напругу. Після розплавлення і перегріву металу до необхідної температури, піч включається на більш низьку напругу, при якій потужність печі достатня для підтримання температури металу в процесі його розливання.

Після розплавлення металу обережно шумівкою з ізольованою рукояткою відбирається метал з печі для заливання зразків на спектральний аналіз, та на механічні іспити.

При необхідності зливу великої порції металу або повного звільнення печі, піч цілком відключається. Метал з печі переливається в суху ізложницю. Індукційна канална піч ІЛК – 0,4/0,16 може працювати в режимі перегріву і підтримки заданої температури металу. У цьому випадку завантаження шихти в піч не відбувається. У піч заливається рідкий метал, попередньо розплавлений у печі ІЛТ – 0,4М2. Оператор налаштовує піч на режим підігріву. Температура металу контролюється і регулюється автоматично термopарою в комплекті з електронним потенціометром.

В міру витрати рідкого металу, піч довантажується. При довантаженні піч вимикається.

При першому пуску печі допускається замість рідкого металу використовувати латунний шаблон, що розплавляється в процесі плавки.

5.6 Розрахунок індукційної каналної печі ІЛК – 0,4/0,16

Основні технічні показники індукційних каналних печей визначаємо виходячи з їх призначення, початкової та кінцевої температури металу, продуктивності і маси порцій металу, що заливаються одночасно, характеру загрузки, тобто умовам технологічного процесу.

При проектуванні печі визначають її геометричні розміри, проводять тепловий розрахунок, розробляють індукційну одиницю, визначають ККД, питомі витрати електроенергії, та продуктивність.

5.6.1 Визначення геометричних розмірів ванни

По паспорту продуктивність печі 0,35 т/г. Тривалість розплавлення і перегріву 1,6 г, а завантаження, розвантаження, злив і т. і. – 0,4 г.

Кількість плавов за добу:

$$m_n = \frac{24}{\tau_1 + \tau_2}, \quad (5.1)$$

де m_n - кількість плавов за добу;

τ_1 - тривалість розплавлення та перегріву, г;

τ_2 - тривалість завантаження, розвантаження, зливу, г.

$$m_n = \frac{24}{1,6 + 0,4} = 12$$

Корисна місткість печі:

$$G_n = \frac{A_n \cdot 10^3}{m_n}, \quad (5.2)$$

де G_n - корисна місткість печі, т;

A_n - добова продуктивність, т/добу;

$$G_n = \frac{0,35 \cdot 10^3 \cdot 24}{12} = 700$$

Обсяг ванни, заповнений рідким металом:

$$V_B = \frac{G_n}{\rho_P}, \quad (5.3)$$

де V_B - обсяг ванни, заповнений металом, м^3 ;

ρ_p - густина рідкого металу, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho_p = 7400 \text{ кг}/\text{м}^3$.

$$V_B = \frac{700}{7400} = 0,09$$

Приймаємо висоту ванни $h_B = 0,467 \text{ м}$. Тоді переріз ванни буде

$$G_B = \frac{V_B}{h_B} \quad (5.4)$$

де G_B - переріз ванни, м^2 ;

$$G_B = \frac{0,09}{0,467} = 0,211$$

Приймаємо ширину ванни печі $a = 0,37 \text{ м}$, тоді довжина ванни печі $b = 0,211/0,37 = 0,57 \text{ м}$.

Місткість болота:

$$G_B = K_B \cdot G_n, \quad (5.5)$$

де G_B - місткість болота, кг ;

K_B - коефіцієнт, рівний 0,4;

$$G_B = 0,4 \cdot 700 = 280$$

Обсяг, який займає болото:

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_P} \quad (5.6)$$

де V_B - обсяг, який займає болото, $м^3$;

$$V_B = \frac{280}{7400} = 0,04$$

Оскільки перетин ванни дорівнює $0,211 \text{ м}^3$, то висота болота згідно формулі (5.7) буде:

$$h_B = \frac{V_B}{G_B}, \quad (5.7)$$

де h_B - висота болота, $м$;

$$h_B = \frac{0,04}{0,211} = 0,2$$

Загальна висота, яка зайнята рідким металом:

$$h_3 = h_B + h_B, \quad (5.8)$$

де h_3 - загальна висота, зайнята рідким металом, $м$;

$$h_3 = 0,447 + 0,2 = 0,647$$

Повна місткість печі:

$$G = G_B + G_B, \quad (5.9)$$

де G - повна місткість печі, кг ;

$$G = 700 + 280 = 980$$

Згідно кресленню футеровку умовно поділяю на 4 зони з різною товщиною та різними шарами футерування.

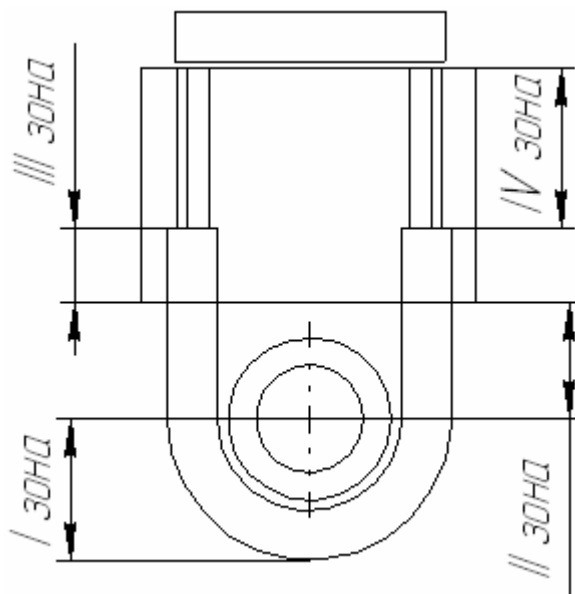


Рисунок 5.1 – Умовні зони для розрахунку печі

5.6.2 Тепловий розрахунок печі

Для досягнення заданої продуктивності, корисна потужність, необхідна для нагріву, розплавлення та перегріву металу до температури розливки розраховується згідно рівнянню (5.10):

$$P_{\text{кор}} = Q[C_{\text{ТВ}}(T_{\text{пл}} - T_o) + C_p(T_p - T_{\text{пл}}) + g_{\text{пл}}] \cdot 10^{-3}, \quad (5.10)$$

де $P_{\text{КОР}}$ - корисна потужність, кВт ;

Q - продуктивність печі, кг/год. ;

$C_{\text{ТВ}}$ - питома теплоємність металу в твердому стані, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

$C_{\text{Р}}$ - питома теплоємність металу в рідкому стані, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

$T_{\text{О}}$ - початкова температура металу, K ;

$T_{\text{ПЛ}}$ - температура плавлення металу, K ;

$T_{\text{Р}}$ - температура розливки (випуску) металу, K .

$$P_{\text{КОР}} = 350[0,385(1356 - 293) + 0,49(1393 - 1356) + 200]2,78 \cdot 10^{-3} = 61,04$$

Проводимо розрахунки для І зони. Теплові витрати крізь циліндричні бокові поверхні розраховуємо по рівнянню (5.11):

$$P_{\text{КОР}} = \frac{(T - T_{\text{ЗОВ}}) \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda_1 \cdot H_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2 \cdot H_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_n \cdot H_n} \ln \frac{d_{n+1}}{d_n}}, \quad (5.11)$$

де T - температура внутрішньої поверхні, K , внутрішня температура поверхні, яка знаходиться в контакті з розплавленим металом приймається рівній $T_{\text{Р}}$; а кришок, заслінок та ін. на $100-150^{\circ}$ нижче $T_{\text{Р}}$;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ - коефіцієнт теплопровідності відповідних частин кладки та теплової ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$;

H_1, H_2, \dots, H_n - повідного теплопровідного шару, м ;

d_1, d_2, \dots, d_n - внутрішні і зовнішні діаметри відповідних теплопровідних шарів, м .

Футеровка виконується з шамоту, крім того з загальної товщини $B_{\phi} = 0,150 : 0,005$ м роблять з азбесту, а $0,145$ м з шамоту. Тоді виходячи з внутрішнього діаметру $0,5$ м, та зовнішнього діаметру набивки ванни:

$$d_{\text{ш}} = d_{\text{вн}} + 2 \cdot \delta_{\text{ш}}$$

$$d_{\text{ш}} = 0,5 + 2 \cdot 0,145 = 0,79 \text{ м}$$

$$d_{\text{азб}} = d_{\text{зн}} + 2 \cdot \delta_{\text{азб}}$$

$$d_{\text{азб}} = 0,79 + 2 \cdot 0,005 = 0,8 \text{ м}$$

Для визначення коефіцієнтів теплопровідності при теплопередачі крізь багат шарову стінку користуємося даним [7], знаходимо:

$$\lambda_{\text{ш}} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{ср.ш}} \quad (5.12)$$

$$\lambda_{\text{азб}} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{ср.азб}} \quad (5.13)$$

Визначаємо температури шарів, значення теплопровідності та інші параметри.

Повний перепад температур стінки:

$$\Delta t = 1120 - 50 = 1070^{\circ} \text{C}$$

Площа поверхні набивки та теплоізоляційного шару:

$$F_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot h_{\text{вн}} \cdot (d_{\text{зн}} + d_{\text{ш}})}{2} \quad (5.14)$$

$$F_{\text{азб}} = \frac{\pi \cdot h_{\text{вн}} \cdot (d_{\text{зн}} + d_{\text{азб}})}{2} \quad (5.15)$$

$$F_{\text{ш}} = \frac{3,14 \cdot 0,45 \cdot (0,5 + 0,79)}{2} = 0,911 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{азб}} = \frac{3,14 \cdot 0,45 \cdot (0,79 + 0,8)}{2} = 1,123 \text{ м}^2$$

Тепловий опір в холодному стані всієї стінки та її окремих шарів:

$$R'_T = R'_{ui} + R'_{a3b} = \frac{S_{ui}}{\lambda'_{ui} \cdot F_{ui}} + \frac{S_{a3b}}{\lambda'_{a3b} \cdot F_{a3b}} \quad (5.16)$$

$$R'_T = \frac{0,145}{0,9 \cdot 0,911} + \frac{0,005}{0,128 \cdot 1,123} = 0,17685 + 0,03478 = 0,21163 \text{ } \kappa Bm$$

Визначаємо перепади температур.

$$\Delta t'_{ui} = \Delta t \cdot \frac{R'_{ui}}{R'_T} \quad (5.17)$$

$$\Delta t'_{a3b} = 1070 \cdot \frac{0,17685}{0,21163} = 894 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{a3b} = \Delta t \cdot \frac{R'_{a3b}}{R'_T} \quad (5.18)$$

$$\Delta t'_{a3b} = 1070 \cdot \frac{0,03478}{0,21163} = 176 \text{ } ^\circ C$$

Визначаємо середні температури окремих шарів стінки:

$$t'_{c.ui} = t_1 - 0,5 \cdot \Delta t'_{ui} \quad (5.19)$$

$$t'_{a3b} = t_1 - \Delta t'_{ui} \quad (5.20)$$

$$t'_{c.a3b} = t'_{a3b} - 0,5 \cdot \Delta t'_{a3b} \quad (5.21)$$

$$t'_{c.ui} = 1120 - 0,5 \cdot 894 = 673 \text{ } ^\circ C$$

$$t'_{a3b} = 1120 - 894 = 226 \text{ } ^\circ C$$

$$t'_{c.a3b} = 226 - 0,5 \cdot 176 = 138 \text{ } ^\circ C$$

Визначаємо коефіцієнт теплопровідності з врахуванням середніх температур:

$$\lambda'_{ui} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 673 = 1,1019 \text{ } Bm / (m \cdot K)$$

$$\lambda'_{a3b} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 359 = 0,2195 \text{ } Bm / (m \cdot K)$$

Тепловий опір в гарячому стані:

$$R_T = R_{\text{ш}} + R_{\text{азб}} = \frac{S_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}} \cdot F_{\text{ш}}} + \frac{S_{\text{азб}}}{\lambda_{\text{азб}} \cdot F_{\text{азб}}} \quad (5.22)$$

$$R_T = \frac{0,145}{1,1019 \cdot 0,911} + \frac{0,005}{0,2195 \cdot 1,123} = 0,1444466 + 0,0202841 = 0,1647 \text{ } \kappa / Bm$$

Перепади температур в гарячому стані:

$$\Delta t_{\text{ш}} = \Delta t \frac{R_{\text{ш}}}{R_T} \quad (5.23)$$

$$\Delta t_{\text{азб}} = \Delta t \frac{R_{\text{азб}}}{R_T} \quad (5.24)$$

$$\Delta t_{\text{ш}} = 1070 \frac{0,17685}{0,21163} = 894 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t_{\text{азб}} = 1070 \frac{0,03478}{0,21163} = 176 \text{ } ^\circ C$$

Середні температури окремих шарів:

$$t_{\text{с.ш}} = t_1 - 0,5 \cdot \Delta t'_{\text{ш}} \quad (5.25)$$

$$t_{\text{азб}} = t_1 - \Delta t_{\text{ш}} \quad (5.26)$$

$$t_{\text{с.азб}} = t_{\text{азб}} - 0,5 \cdot \Delta t_{\text{азб}} \quad (5.27)$$

$$t_{\text{с.ш}} = 1120 - 0,5 \cdot 894 = 673 \text{ } ^\circ C$$

$$t'_{\text{азб}} = 1120 - 894 = 226 \text{ } ^\circ C$$

$$t'_{\text{с.азб}} = 226 - 0,5 \cdot 176 = 138 \text{ } ^\circ C$$

Визначенні значення температур не відрізняються від раніше прийнятих, тому перерахунку не потребують.

Визначаємо коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_{и} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 673 = 1,1019 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda_{аз} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 138 = 0,163 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Визначаємо теплові втрати крізь бокову поверхню по рівнянню (5.11):

$$P_I = \frac{(1120 - 50) \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,1019 \cdot 0,467} \ln \frac{0,79}{0,5} + \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,163 \cdot 0,467} \ln \frac{0,8}{0,79}} = 6,37 \text{ кВт}$$

Теплові витрати крізь бокову плоску стінку II зони розраховуємо за формулою (5.28) для багатошарової плоскої стінки:

$$P_{II} = \frac{(T - T_{нав}) \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{S_1}{\lambda_1 \cdot F_1} + \frac{S_2}{\lambda_2 \cdot F_2} + \dots + \frac{S_n}{\lambda_n \cdot F_n} + \frac{1}{\alpha_{зов} \cdot F_{зов}} \right)}, \quad (5.28)$$

де $T_{нав}$ - температура навколишнього середовища, К;

S_1, S_2, \dots, S_n - товщина відповідного шару футеровки, м;

F_1, F_2, \dots, F_n - середня розрахункова площа шару, м²;

$\alpha_{зов}$ - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки в навколишнє середовище, Вт/(м² · К).

Середні розрахункові площі:

$$F_{и} = 0,296 \cdot 0,516 = 0,153 \text{ м}^2$$

$$F_{аз} = 0,301 \cdot 0,526 = 0,158 \text{ м}^2$$

Визначаємо температури шарів та коефіцієнти теплопровідності:

$$\Delta t = 1120 - 50 = 1070 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R'_T = R'_{uu} + R'_{a3\delta} = \frac{S_{uu}}{\lambda'_{uu} \cdot F_{uu}} + \frac{S_{a3\delta}}{\lambda'_{a3\delta} \cdot F_{a3\delta}}$$

$$R'_T = \frac{0,145}{0,9 \cdot 0,153} + \frac{0,005}{0,128 \cdot 0,158} = 1,053014 + 0,247231 = 1,300245 \text{ } \kappa Bm$$

$$\Delta t'_{uu} = 1070 \frac{1,053014}{1,300245} = 867 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{a3\delta} = 1070 \frac{0,247231}{1,300245} = 203 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{cp.uu} = 1120 - 0,5 \cdot 867 = 687 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{uu} = 1120 - 867 = 253 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{cp.a3\delta} = 253 - 0,5 \cdot 203 = 152 \text{ } ^\circ C$$

$$\lambda'_{uu} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 687 = 1,1061 \text{ } Bm / (m \cdot K)$$

$$\lambda'_{a3\delta} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 152 = 0,16676 \text{ } Bm / (m \cdot K)$$

$$R_T = R_{uu} + R_{a3\delta} = \frac{S_{uu}}{\lambda_{uu} \cdot F_{uu}} + \frac{S_{a3\delta}}{\lambda_{a3\delta} \cdot F_{a3\delta}},$$

$$R_T = \frac{0,145}{1,1061 \cdot 0,153} + \frac{0,005}{0,16676 \cdot 0,158} = 0,856805 + 0,189767 = 1,046572 \text{ } \kappa Bm$$

$$\Delta t_{uu} = 1070 \frac{0,856805}{1,046572} = 876 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t_{a3\delta} = 1070 \frac{0,189767}{1,046572} = 194 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{cp.uu} = 1120 - 0,5 \cdot 876 = 682 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{uu} = 1120 - 876 = 244 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{c.a3\delta} = 244 - 0,5 \cdot 194 = 147 \text{ } ^\circ C$$

$$\lambda_{uu} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 682 = 1,1046 \text{ } Bm / (m \cdot K)$$

$$\lambda_{a3\delta} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 147 = 0,1654 \text{ } Bm / (m \cdot K)$$

Визначаємо теплові витрати крізь плоску багат шарову стінку II зони за формулою (5.28):

$$P_{II} = \frac{(1120 - 20) \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{0,145}{1,1046 \cdot 0,153} + \frac{0,005}{0,1654 \cdot 0,158} + \frac{1}{10,6 \cdot 0,158} \right)} = 0,668 \text{ } \kappa Bm$$

Визначаємо теплові витрати крізь бокову стінку III зони за формулою (5.28) для багат шарової плоскої стінки.

Середні розрахункові площі:

$$F_{uu} = 0,214 \cdot 0,82 = 0,175 \text{ } m^2$$

$$F_{uu.n} = 0,214 \cdot 0,95 = 0,203 \text{ } m^2$$

$$F_{az} = 0,214 \cdot 0,96 = 0,205 \text{ } m^2$$

Визначаємо температури шарів та коефіцієнти теплопровідності:

$$\Delta t = 1120 - 50 = 1070 \text{ } ^\circ C$$

$$R'_T = R'_{uu} + R'_{uu.n} + R'_{az\bar{o}} = \frac{S_{uu}}{\lambda'_{uu} \cdot F_{uu}} + \frac{S_{uu.n}}{\lambda'_{uu.n} \cdot F_{uu.n}} + \frac{S_{az\bar{o}}}{\lambda'_{az\bar{o}} \cdot F_{az\bar{o}}}$$

$$R'_T = \frac{0,145}{0,9 \cdot 0,175} + \frac{0,065}{0,76 \cdot 0,203} + \frac{0,005}{0,128 \cdot 0,205} = 0,92063 + 0,42131 + 0,19054 = 1,53249 \text{ } \kappa Bm$$

$$\Delta t'_{uu} = 1070 \frac{0,920635}{1,532496} = 643 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{uu.n} = 1070 \frac{0,421312}{1,532496} = 294 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{az\bar{o}} = 1070 \frac{0,190549}{1,532496} = 133 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{cp.uu} = 1120 - 0,5 \cdot 643 = 799 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{uu} = 1120 - 643 = 477 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{cp.u.n} = 477 - 0,5 \cdot 294 = 330 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t'_{u.n} = 477 - 294 = 183 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t'_{cp.a\bar{z}\bar{o}} = 183 - 0,5 \cdot 133 = 117 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda'_{u} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 799 = 1,1397 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\lambda'_{u.n} = 0,76 + 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 330 = 0,8359 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\lambda'_{a\bar{z}\bar{o}} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 117 = 0,1578 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$R_T = R_u + R_{u.n} + R_{a\bar{z}\bar{o}} = \frac{S_u}{\lambda_u \cdot F_u} + \frac{S_{u.n}}{\lambda_{u.n} \cdot F_{u.n}} + \frac{S_{a\bar{z}\bar{o}}}{\lambda_{a\bar{z}\bar{o}} \cdot F_{a\bar{z}\bar{o}}},$$

$$R_T = \frac{0,145}{1,1397 \cdot 0,175} + \frac{0,065}{0,8359 \cdot 0,203} + \frac{0,005}{0,1578 \cdot 0,205} = 0,727 + 0,3831 + 0,1546 = 1,26463 \text{ } \kappa\text{Bm}$$

$$\Delta t_u = 1070 \frac{0,727008}{1,264629} = 615 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{u.n} = 1070 \frac{0,383057}{1,264629} = 324 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a\bar{z}\bar{o}} = 1070 \frac{0,154564}{1,264629} = 131 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp.u} = 1120 - 0,5 \cdot 615 = 813 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_u = 1120 - 615 = 505 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp.u.n} = 1120 - 0,5 \cdot 324 = 343 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{u.n} = 505 - 324 = 181 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{c.a\bar{z}\bar{o}} = 181 - 0,5 \cdot 131 = 116 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_u = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 813 = 1,1439 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\lambda_{u.n} = 0,76 + 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 343 = 0,83889 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\lambda_{a\bar{z}\bar{o}} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 116 = 0,15758 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Визначаємо теплові витрати крізь плоску багат шарову стінку III зони за формулою (5.28):

$$P_{III} = \frac{(1120 - 20) \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{0,145}{1,1439 \cdot 0,175} + \frac{0,065}{0,83889 \cdot 0,203} + \frac{0,005}{0,15758 \cdot 0,205} + \frac{1}{10,6 \cdot 0,205} \right)} = 0,639 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові витрати крізь бокову стінку IV зони за формулою (5.28) для багат шарової плоскої стінки.

Середні розрахункові площі. У IV зоні футеровка печі складається з 4 шарів. Згідно кресленню розраховуємо:

$$F_{uu} = 0,445 \cdot 0,7 = 0,312 \text{ м}^2$$

$$F_n = 0,445 \cdot 0,742 = 0,33 \text{ м}^2$$

$$F_{uu.n} = 0,445 \cdot 0,97 = 0,432 \text{ м}^2$$

$$F_{az} = 0,445 \cdot 0,98 = 0,436 \text{ м}^2$$

Визначаємо температури шарів та коефіцієнти теплопровідності:

$$\Delta t = 1120 - 50 = 1070 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R'_T = R'_{uu} + R'_n + R'_{uu.n} + R'_{azb} = \frac{S_{uu}}{\lambda'_{uu} \cdot F_{uu}} + \frac{S_n}{\lambda'_n \cdot F_n} + \frac{S_{uu.n}}{\lambda'_{uu.n} \cdot F_{uu.n}} + \frac{S_{azb}}{\lambda'_{azb} \cdot F_{azb}}$$

$$R'_T = \frac{0,065}{0,9 \cdot 0,312} + \frac{0,021}{0,82 \cdot 0,33} + \frac{0,114}{0,76 \cdot 0,432} + \frac{0,005}{0,128 \cdot 0,436} =$$

$$= 0,231481 + 0,07761 + 0,347222 + 0,089593 = 0,745906 \text{ кВт}$$

$$\Delta t'_{uu} = 1070 \frac{0,231481}{0,745906} = 332 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t'_n = 1070 \frac{0,07761}{0,745906} = 111 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t'_{uu.n} = 1070 \frac{0,347222}{0,745906} = 498 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t'_{a3\delta} = 1070 \frac{0,089593}{0,745906} = 129 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_{cp.uu} = 1120 - 0,5 \cdot 332 = 954 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_{uu} = 1120 - 332 = 788 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_{cp.n} = 788 - 0,5 \cdot 111 = 733 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_n = 788 - 111 = 677 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_{cp.uu.n} = 677 - 0,5 \cdot 498 = 428 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_{uu.n} = 677 - 498 = 179 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t'_{cp.a3\delta} = 179 - 0,5 \cdot 129 = 115 \text{ }^{\circ}C$$

$$\lambda'_{uu} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 954 = 1,1862 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$\lambda'_n = 0,82 + 0,235 \cdot 10^{-3} \cdot 733 = 0,992255 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$\lambda'_{uu.n} = 0,76 + 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 428 = 0,85844 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$\lambda'_{a3\delta} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 115 = 0,157325 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$R_T = R_{uu} + R_n + R_{uu.n} + R_{a3\delta} = \frac{S_{uu}}{\lambda_{uu} \cdot F_{uu}} + \frac{S_n}{\lambda_n \cdot F_n} + \frac{S_{uu.n}}{\lambda_{uu.n} \cdot F_{uu.n}} + \frac{S_{a3\delta}}{\lambda_{a3\delta} \cdot F_{a3\delta}},$$

$$R_T = \frac{0,065}{1,1862 \cdot 0,312} + \frac{0,021}{0,992255 \cdot 0,33} + \frac{0,114}{0,85844 \cdot 0,432} + \frac{0,005}{0,157325 \cdot 0,436} =$$

$$= 0,175631 + 0,064133 + 0,307405 + 0,072893 = 0,620062 \text{ } \kappa Bm$$

$$\Delta t_{uu} = 1070 \frac{0,175631}{0,620062} = 303 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t_n = 1070 \frac{0,064133}{0,620062} = 111 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t_{uu.n} = 1070 \frac{0,307405}{0,620062} = 530 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta t_{a3\delta} = 1070 \frac{0,072893}{0,620062} = 126 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{cp.uu} = 1120 - 0,5 \cdot 303 = 969 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{uu} = 1120 - 303 = 817 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{cp.n} = 817 - 0,5 \cdot 111 = 762 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_n = 817 - 111 = 706 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp.u.n} = 706 - 0,5 \cdot 530 = 441 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{u.n} = 706 - 530 = 176 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{c.azb} = 176 - 0,5 \cdot 126 = 113 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_u = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 969 = 1,1907 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda_n = 0,82 + 0,235 \cdot 10^{-3} \cdot 762 = 0,99907 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda_{u.n} = 0,76 + 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 441 = 0,86143 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda_{azb} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 113 = 0,156815 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Визначаємо теплові витрати крізь плоску багат шарову стінку IV зони за формулою (5.28):

$$P_{IV} = \frac{(1120 - 20) \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{0,065}{1,1907 \cdot 0,312} + \frac{0,021}{0,99907 \cdot 0,33} + \frac{0,114}{0,86143 \cdot 0,432} + \frac{0,005}{0,156815 \cdot 0,436} + \frac{1}{10,6 \cdot 0,436} \right)} =$$

$$= 1,318 \text{ кВт}$$

Втрати випромінюванням з відкритої поверхні металу знаходимо за рівнянням (5.29):

$$P_{вин} = C_{вин} \cdot F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{наб}}{100} \right)^4 \right] \cdot \Phi \cdot 10^{-3} \quad (5.29)$$

де $P_{вин}$ - втрати випромінюванням з відкритої поверхні металу, кВт;

F - поверхня металу, яка випромінює, м^2 ;

Φ - коефіцієнт діафрагмування, $\Phi = 0,72$;

$C_{вин}$ - коефіцієнт випромінювання, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$; $C_{вин} = C_0 \cdot \varepsilon_{мет}$

Через те, що на поверхні металу завжди знаходиться шлак, то $\varepsilon_{\text{шл}} = 0,65$, тоді коефіцієнт випромінювання буде дорівнювати:

$$C_{\text{вип}} = 5,67 \cdot 0,65 = 369 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4);$$

Визначаємо втрати випромінюванням з відкритої поверхні за формулою (5.29):

$$P_{\text{вип}} = 3,69 \cdot 0,211 \left[\left(\frac{1356}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,72 \cdot 10^{-3} = 18,9 \text{ кВт}$$

Теплові втрати крізь кришку розраховуємо за формулою (5.11). Внутрішня температура кришки 1000°C , навколишня – 20°C . Товщина футеровки шамотного шару $0,15 \text{ м}$, та азбесту – $0,005 \text{ м}$.

Розрахунки аналогічні попереднім. Теплові витрати крізь кришку розраховуємо за формулою (5.28) для багатошарової плоскої стінки.

Середні розрахункові площі:

$$F_{\text{ш}} = 0,802 \cdot 0,65 = 0,521 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{аз}} = 0,812 \cdot 0,66 = 0,536 \text{ м}^2$$

Визначаємо температури шарів та коефіцієнти теплопровідності:

$$\Delta t = 1000 - 20 = 980^\circ\text{C}$$

$$R'_T = R'_{\text{ш}} + R'_{\text{азб}} = \frac{S_{\text{ш}}}{\lambda'_{\text{ш}} \cdot F_{\text{ш}}} + \frac{S_{\text{азб}}}{\lambda'_{\text{азб}} \cdot F_{\text{азб}}}$$

$$R'_T = \frac{0,15}{0,9 \cdot 0,521} + \frac{0,005}{0,128 \cdot 0,536} = 0,319898 + 0,072878 = 0,392776 \text{ кВт}$$

$$\Delta t'_{\text{ш}} = 980 \frac{0,319898}{0,392776} = 798^\circ\text{C}$$

$$\Delta t'_{a36} = 980 \frac{0,072878}{0,392776} = 182 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{cp.uu} = 1000 - 0,5 \cdot 798 = 601 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{uu} = 1000 - 798 = 202 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t'_{cp.a36} = 202 - 0,5 \cdot 182 = 111 \text{ } ^\circ C$$

$$\lambda'_{uu} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 601 = 1,0803 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$\lambda'_{a36} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 111 = 0,156305 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$R_T = R_{uu} + R_{a36} = \frac{S_{uu}}{\lambda_{uu} \cdot F_{uu}} + \frac{S_{a36}}{\lambda_{a36} \cdot F_{a36}},$$

$$R_T = \frac{0,15}{1,0803 \cdot 0,521} + \frac{0,005}{0,156305 \cdot 0,536} = 0,266507 + 0,05968 = 0,326187 \text{ } \kappa Bm$$

$$\Delta t_{uu} = 980 \frac{0,266507}{0,326187} = 801 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t_{a36} = 980 \frac{0,05968}{1,326187} = 179 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{cp.uu} = 1000 - 0,5 \cdot 801 = 600 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{uu} = 1000 - 801 = 199 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{c.a36} = 199 - 0,5 \cdot 179 = 110 \text{ } ^\circ C$$

$$\lambda_{uu} = 0,9 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 600 = 1,08 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

$$\lambda_{a36} = 0,128 + 0,255 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 0,15605 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot K)$$

Визначаємо теплові витрати крізь плоску кришку за формулою (5.28):

$$P_K = \frac{(1120 - 20) \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{0,15}{1,08 \cdot 0,521} + \frac{0,005}{0,15605 \cdot 0,536} + \frac{1}{10,6 \cdot 0,536} \right)} = 1,95 \text{ } \kappa Bm$$

Теплові втрати в печі становитимуть:

$$P = \sum P_{\text{оік}} + P_{\text{чер}} + \alpha_1 \cdot P_{\text{вин}} + \alpha_2 \cdot P_{\text{кр}} + P_{\text{невр}} \quad (5.29)$$

де $\sum P_{\text{бік}}$ - сумарні теплові втрати боковою поверхнею печі, кВт;

$P_{\text{чер}}$ - теплові втрати крізь черинь печі, кВт;

$P_{\text{вип}}$ - втрати випромінюванням з відкритої поверхні металу, кВт;

$P_{\text{кр}}$ - витрати теплопровідністю крізь кришки та заслінки печі, кВт;

α_1, α_2 - відповідно коефіцієнти, які визначають відносний час, протягом якого піч працювала з відкритою або закритою кришкою чи заслінкою ($d_1 + d_2 = 1$);

$P_{\text{невр}}$ - невраховані втрати, які становлять 15-20% сумарних втрат, кВт.

$$P = 6,37 + 0,668 + 0,636 + 1,318 + 0,1 \cdot 18,9 + 0,9 \cdot 1,318 = 12,1 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{невр}} - 20\%, P_{\text{невр}} = 0,2 \cdot 12,1 = 2,42 \text{ кВт}$$

Теплові втрати в печі:

$$P = 12,1 + 2,42 = 14,52 \text{ кВт}$$

Підрахувавши теплові втрати в печі, визначаємо ККД печі за формулою (5.30):

$$\eta_T = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{кор}} + P} \quad (5.30)$$

Тепловий ККД печі моделі ІЛК – 0,4/0,16 становитиме:

$$\eta_T = \frac{61,04}{61,04 + 14,52} = 0,8$$

5.6.3 Розрахунок індукційної одиниці

Електричний ККД печі приймаємо $\eta_e = 0,95$

$$\eta_n = \eta_e \cdot \eta_T \quad (5.31)$$

$$\eta_n = 0,95 \cdot 0,8 = 0,76$$

Потужність індукційної каналної печі

$$P_n = \frac{Q \cdot P_{\text{кор}} \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1}}{3,6 \cdot 10^3 \cdot K_{\text{вил}} \cdot \eta_n} \quad (5.32)$$

де $K_{\text{вил}}$ - коефіцієнт використання номінальної потужності печі, $K_{\text{вил}} = 0,9$.

Кількість індуктивних одиниць m , та їх потужність P_i вибирають з наступних міркувань: потужність індукційної одиниці P_i для плавлення латуні 350-400 кВт.

$$P_n = \frac{350 \cdot 61,04 \frac{1,2 + 0,4}{1,2}}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,76} = 11,57 \text{ кВт}$$

Для розрахунку кількості індукційних одиниць приймаємо потужність для латуні $P_i = 350$ кВт, тоді:

$$m = \frac{P_n}{P_i} = \frac{11,57}{350} = 0.033 \quad (5.33)$$

Приймаємо одну індукційну одиницю.

Площа поперечного перерізу магнітопроводу індуктора

$$F'_{мг} = 0,3 \sqrt{\frac{P_i \cdot \psi \cdot 10^5}{B_m \cdot J_i \cdot f \cdot \cos \varphi}} \quad (5.34)$$

де ψ - коефіцієнт, який враховує відношення маси сталі магнітопроводу до маси міді індуктора; при повітряному охолодженні індуктора $\psi=5-25$; при водяному $\psi=25-30$, але не більше 70;

B_m - індукція магнітна, Тл; приймають рівній 0,9-1,2 Тл для гарячекатаної сталі та 1,0-1,5 Тл – для холоднокатаної;

J_i - допустима густина електричного струму в індукторі; при повітряному охолодженні $J_i \leq 4$ А/мм², а при водяному $J_i \leq 15$ А/мм²;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності індуктору. В печах для плавки латуні, цинку, бронзи $\cos \varphi=0,60-0,70$; міді та алюмінію $\cos \varphi=0,35-0,50$; чавуну - $\cos \varphi=0,50-0,80$;

f - частота струму, Гц.

$$F'_{мг} = 0,3 \sqrt{\frac{350 \cdot 45 \cdot 10^5}{1,2 \cdot 10 \cdot 50 \cdot 0,65}} = 592 \text{ см}^2$$

Площа поперечного перерізу магнітопроводу з урахуванням ізоляції:

$$F_{мг} = \frac{F'_{мг}}{K_{із}}, \quad (5.35)$$

де $K_{із}$ - коефіцієнт ізоляції, $K_{із}=0,9$

$$F_{мг} = \frac{592}{0,9} = 658 \text{ см}^2$$

Через те, що для печей, які виплавляють латунні сплави канали мають форму кола і магнітопровід робиться ступінчатим, визначаємо діаметр кола, яке описане навколо магнітопроводу:

$$D_{\text{мг}} = 11,3 \sqrt{\frac{F_{\text{мг}}}{K_3}}, \quad (5.36)$$

де K_3 - коефіцієнт заповнення кола магнітопроводу. Він залежить від кількості щаблів перерізу магнітопроводу. При числі щаблів від 4 до 6 $K_3 = 0,78-0,89$.

$$D_{\text{мг}} = 11,3 \sqrt{\frac{658}{0,88}} = 254 \text{ мм}$$

Обираємо трансформатор ЄОМ/10-72, тоді визначаємо кількість витків індуктора:

$$n_i = \frac{u_i \cdot 10^3}{4,44 \cdot B_m \cdot f \cdot F_{\text{мг}}} \quad (5.37)$$

де u_i - напруга на індукторі (напруга низької сторони), яка залежить від трансформатора, який обрано, Вт. Трансформатор обирають в залежності від потужності печі (P_n).

$$n_i = \frac{510 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 1,5 \cdot 50 \cdot 658} = 23,3 \approx 24$$

Сила струму в індукторі:

$$J_i = \frac{P_i \cdot 10^3}{u_i \cdot \cos \varphi} \quad (5.38)$$

$$J_i = \frac{350 \cdot 10^3}{510 \cdot 0,6} = 1144 \text{ A}$$

Площа поперечного перерізу витка індуктора:

$$F_{\text{вит}} = \frac{J_i}{I_i} \quad (5.39)$$

$$F_{\text{вит}} = \frac{1144}{3} = 400 \text{ мм}^2,$$

Для виготовлення індуктора беремо мідний дріт прямокутного перерізу 3x10 мм. Кількість дротин у вітці $\frac{400}{3 \cdot 10} = 13.3$. Приймаємо 14 дротин.

Враховуючи ізоляцію, приймаємо $h_{\text{вит}} = 10,6 \cdot B_{\text{вит}} = 31,6 \text{ мм}$.

Довжина, яку має індуктор

$$l_i = \frac{n_i \cdot b_{\text{вит}}}{K_{\text{и}}},$$

де $K_{\text{и}}$ - число шарів в індукторі, $K_{\text{и}} = 1$.

$$l_i = \frac{24 \cdot 31,6}{1} = 760 \text{ мм}.$$

Зовнішній діаметр індуктора:

$$D_{\text{інд}} = D_{\text{мг}} + 2(\delta_{\phi} + \delta_2),$$

де δ_{ϕ} - товщина футеровки між каналом та індуктором, мм. В печах для плавки сплавів на мідній основі та цинку рекомендується – 65-70 мм; в печах для плавки алюмінієвих сплавів – 70-120 мм; в печах для чавуну – 120-140 мм;

δ_2 - товщина зазору між індуктором та футеровкою, приймають 10-30 мм.

$$D_{ind} = 296 + 2(70 + 20) = 476 \text{ мм.}$$

Сила струму в каналі:

$$J_K = J_i \cdot n_i \quad (5.40)$$

$$J_K = 1144 \cdot 24 = 27456 \text{ A}$$

Площа поперечного перерізу каналу:

$$F_k = \frac{J_k}{i_k} \quad (5.41)$$

де J_k - допустима густина струму в металі каналу, для латуні $J_k = 15 \text{ A/мм}^2$.

$$F_k = \frac{27456}{15} = 1830,4 \approx 1850 \text{ мм}^2.$$

В поперечному перетині канал має форму кола з діаметром $D_k = 48,3 \text{ мм}$.

Активний опір каналу:

$$R = \frac{\rho_m \cdot l_k \cdot 10^3}{F_k},$$

де ρ_m - питомий електричний опір металу в рідкому стані, $\text{Ом} \cdot \text{м}$;

l_k - довжина каналу (креслення);

$$R = \frac{24 \cdot 10^{-8} \cdot 827 \cdot 10^3}{1830,4} = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}$$

Зовнішня індукція каналу:

$$L_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot l_p \cdot l_k \cdot 10^{-3} \cdot \ln \left(\frac{R_1}{R_2} \right),$$

де R_1 - відстань від осі каналу до поверхні індуктора плюс глибина проникнення струму в індуктор (0,1 мм), м;

R_2 - відстань від осі каналу до поверхні каналу, м;

l_p - коефіцієнт, який враховує розсіяння енергії індуктором в залежності від індукції магнітопроводу. З достатньою для практики точністю можна прийняти: при B_M до 1 Тл – $l_p=1$; при $B_M=1,5$ Тл – $l_p=1,5$; при $B_M=1,85$ Тл – $l_p=1,55$.

$$L_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 827 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \left(\frac{150}{14} \right) = 8,25 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$$

Внутрішня індуктивність каналу:

$$L_\epsilon = \frac{10^{-7} \cdot l_k \cdot 10^{-3}}{2} \quad (5.42)$$

$$L_\epsilon = \frac{10^{-7} \cdot 827 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,87 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$$

Загальна індуктивність каналу:

$$L = L_3 + L_\epsilon \quad (5.43)$$

$$L = 8,25 \cdot 10^{-7} + 0,87 \cdot 10^{-7} = 9,12 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$$

Індуктивний опір каналу:

$$X_l = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (5.44)$$

$$X_l = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 9,12 \cdot 10^{-7} = 2,86 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}$$

Повний опір каналу:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_l^2} \quad (5.45)$$

$$Z = \sqrt{(2,28 \cdot 10^{-4})^2 + (2,86 \cdot 10^{-4})^2} = 3,66 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}$$

Коефіцієнт потужності каналу:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \quad (5.46)$$

$$\cos \varphi = \frac{2,28 \cdot 10^{-4}}{3,66 \cdot 10^{-4}} = 0,62$$

Активна напруга каналу:

$$U_{ka} = \sqrt{R \cdot P_i} \quad (5.47)$$

$$U_{ka} = \sqrt{2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 350 \cdot 10^3} = 8,9 \text{ В.}$$

Повна напруга в каналі:

$$U_k = \frac{U_{ka}}{\cos \varphi} \quad (5.48)$$

$$U_k = \frac{8,9}{0,62} = 14,4 \text{ В}$$

Повна потужність індуктора:

$$S_i = \frac{P_i}{\cos \varphi} \quad (5.49)$$

$$S_i = \frac{350}{0,62} = 564,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Реактивна потужність, яка виділяється в індукторі:

$$Q_i = \sqrt{S_i^2 - P_i^2} \quad (5.50)$$

$$Q_i = \sqrt{564,5^2 - 350^2} = 443 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Повна потужність печі

$$P_n = m \cdot S_i \quad (5.51)$$

$$P_n = 3 \cdot 564,5 = 1693,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Приймаємо конденсатор КСЄ – 1,05 – 75 – У4.

Місткість конденсаторної батареї для компенсації реактивної потужності до $\cos \varphi = 1$ знаходимо по формулі:

$$C = \frac{10^9 \cdot Q_i}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot u_{\kappa\phi}^2} \quad (5.52)$$

де $u_{\kappa\phi}$ - напруга на якій працює вибрана конденсаторна батарея, В

$$C = \frac{10^9 \cdot 443}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1050^2} = 1279 \text{ мкФ}.$$

Кількість конденсаторних батарей:

$$N = \frac{C}{C_{\kappa\delta}} \quad (5.53)$$

де $C_{\kappa\delta}$ - місткість конденсаторної батареї, мкФ.

$$N = \frac{1279}{217} = 5,9 \approx 6 \text{ шт.}$$

Приймаємо 6 конденсаторних батарей типу КСЄ – 1,05 – 75 – У4 [10].

Таким чином у конструкторській частині виконано розрахунок індукційної каналної печі ІЛК – 0,4/0,16, розрахунок індукційної одиниці, тепловий розрахунок печі і визначені геометричні розміри ванни. Також наведено опис, призначення, конструкції і принцип роботи індукційних каналних печей, а також технологія виготовлення футеровки індукційної каналної печі ІЛК – 0,4/0,16.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Виходячи з того, що цех кольорового лиття складається з шихтового, плавильного, заливального, стрижньового та очисного відділень, проводимо аналіз потенційних небезпек для кожного з цих відділень.

Шихтове відділення. Транспортування шихтових матеріалів здійснюється за допомогою консольного крану; при недотриманні правил техніки безпеки механізми, що рухаються можуть привести до травмування. Також на шихтовому відділенні підвищений фактор запилення.

Плавильне відділення. Плавка металу ведеться в індукційних тигельних печах промислової частоти моделі ІАТ-0,4/0,16 для алюмінієвого сплаву, та ІЛТ – 0,4М2. Робота на цих печах може привести до поразки електричним струмом, термічних опіків та теплового удару. В плавильному відділенні підвищений рівень забрудненості повітря виробничого середовища. При транспортуванні рідкого металу з плавильної печі до роздавальної печі у ковші може відбутися розбризкування металу, що призводить до термічних опіків.

Заливальне відділення. В цьому відділенні виготовляють виливки на машинах литтям під тиском, та кокільних машинах. При недотриманні правил техніки безпеки на цих машинах можливі травмування від механізмів, поразка електричним струмом, термічні опіки. Також в заливальному відділенні підвищений рівень шуму, внаслідок роботи основних механізмів машин.

Стрижньове відділення. В цьому відділенні відбувається виготовлення стрижнів за допомогою піскодувних полуавтоматів. Також використовуються конвеєри, змішуючи бігуни, та прохідна піч для сушіння стрижнів після фарбування. При недотриманні правил техніки безпеки при роботі з конвеєром можливі травмування. При роботі з піччю, якщо не дотримуватися правил

безпеки можливі термічні опіки. У цьому відділенні підвищений рівень шуму, та шкідливих випарів від застосування фарби.

Очисне відділення. Обладнання очисного відділення складається з фрикційних пресів моделі ДО2130, вібраційних установок моделі 695, стрічково пильного верстату моделі ЛС80-4, обдирочно-шліфувальних верстатів моделі ЗБ636. У цьому відділенні підвищений рівень струму та вібрації. При не дотримуванні правил техніки безпеки можливе травмування від механізмів, поразка електричним струмом.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Робота в ливарному цеху передбачає проведення цілого комплексу робіт, які повинні використовуватися в строгій відповідності з діючими правилами техніки безпеки і охорони праці.

Широке використання електроенергії в ливарному цеху додає питання захисту від впливу електричного струму на людину велике значення. Загальні вимоги до електробезпечності відображені в ГОСТ 12.1.019-79 «Електробезпечність. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту».

Причинами, які викликають поразку електричним струмом у цеху, є випадкове доторкування до струмоведучих частин і проводів, помилкова подача напруги при ремонті або огляді, зіткнення з конструкціями, які випадково опинилися під напругою. Тому в цеху всі струмоведучі частини надійно огороженні від доторкання до них або розташовані в недоступному місці (на висоті, під підлогою, у стінах), устаткування і агрегати, які працюють із застосуванням електроенергії, відповідно ГОСТ 12.1.019-79 надійно заземлені і обладнання запобіжниками. При ремонті або огляді електроустановок на рубильник вішається табличка, що забороняє подачу напруги.

Навіть при розвинутій системі захисних заходів не слід вважати, що вони створюють умови абсолютної безпеки. В усіх випадках необхідна висока дисципліна і виконання правил безпеки.

До роботи на електроустаткуванні допускаються люди, що пройшли спеціальний інструктаж з техніки безпеки. Такі інструктажі періодично повторюються.

Одним з основних видів робіт, що проводяться у ливарному цеху є плавка металу в електропечах і його розливка. Безпека роботи в цеху при плавці і розливці металу забезпечується наступним:

- усі струмоведучі частини електричних печей, що знаходяться під напругою і доступні для доторкання, надійно ізольовані і огороженні;
- усі металеві частини печей і електрообладнання, які у випадку ушкодження, можуть виявитися під напругою, добре заземлені;
- усе керування електроустаткуванням здійснюється тільки кваліфікованим електриком;
- плавильник під час плавки знаходиться тільки на гумовому килимі , який розташовується біля печі;
- додавання легуючих елементів, розкислювачів, флюсу, перемішування і скачування шлаку проводиться тільки при знятій напрузі на індукторі;
- огляд, ремонт печі і блоку живлення генератора проводиться тільки після вимикання всієї електричної системи;
- механізми для обертання печі мають блокування, що включає мимовільне включення механізму і перекидання печі під час плавки.

Робота з розплавленим металом зв'язана з небезпекою одержання опіків. Тому , при роботі з рідким металом та біля печі кожний робітник забезпечується засобами індивідуального захисту. Спецодяг з вовняної тканини або брезенту є вогнестійким, що відповідає умовам роботи. В якості взуття використовуються чоботи. Голову при роботі з рідким металом покривають повстяним капелюхом із широкими полями або брезентовим шоломом. Для

захисту очей застосовують окуляри з склом темно-синього кольору і бічною захисною сіткою.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Санітарний стан ливарного цеху відповідає вимогам санітарних норм СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств».

Ефективним засобом забезпечення потрібних гігієнічних якостей повітря є вентиляція. На плавильний ділянці цеху згідно ГОСТ 12.1.005-88-ССБТ «Загальні санітарно - гігієнічні вимоги до повітря робочої зони», може бути застосована природна і механічна вентиляція. Для забезпечення загальної природної вентиляції служать віконні і дверні пройми, аераційні ліхтарі. Загальна вентиляція здійснює обмін повітря у всьому об'ємі приміщення. Місцева витяжна вентиляція забрудненого повітря і шкідливих виділень безпосередньо розташована біля джерел їх утворення. У цеху, місцеві відсоси, встановлені над плавильними печами і над ділянкою заливки.

У системах механічної проточної вентиляції передбачають очищення повітря від пилу, якщо запиленість його перевищує 30% допустимих концентрацій пилу в робочій зоні приміщення.

Приточне повітря подають у виробниче приміщення в робочу зону, тому що в робочій зоні при заливці розплавленого металу у форму відбувається виділення тепла і газів. Для цього місцеві відсоси встановлюються над плавильними печами, над ділянкою заливки.

Джерелом вібрації в ливарному цеху є, вібраційні установки моделі 695. Параметри вібрації регламентовані ГОСТ 12.1.012-90-ССБТ «Віробезпека. Загальні вимоги» .

Робітники, які знаходяться біля індукційної печі, зазнають електромагнітний вплив. Інтенсивність електромагнітного поля залежить від потужності генератора і відстані до нього. Електромагнітні поля чинять тепловий вплив на людину.

Електромагнітні хвилі можуть викликати гострі і хронічні поразки, що виявляються в порушенні нервової системи, серцево-судинній системі, системі кровообігу, інших органів.

Санітарними нормами і правилами при роботі з джерелами електромагнітних полів установлені гігієнічні нормативи ГОСТ 12.1.006-84-ССБТ «Електромагнітні поля промислової частоти напругою промислової частоти 400 кВт і вище. Допустимі рівні напруженості і вимоги к проведенню контролю на робочих місцях».

Кожна промислова установка має технічний паспорт, у якому зазначені електрична схема, захисні пристосування, місце застосування, діапазони хвиль, припустима потужність.

По кожній установці ведеться експлуатаційний журнал. Перебування персоналу в зоні впливу електромагнітних полів обмежується мінімально припустимим для проведення робіт часом.

Надійний спосіб захисту – екранування. Використовують захисні матеріали двох видів: електромагнітні хвилі, які відображують і поглинають їх. Для екранування застосовують екрани у виді листів товщиною не менш 0,5 мм або сітки з осередками не більш 4х4 мм.

Для створення сприятливих умов праці обслуговуючого персоналу цеху важливе місце має раціональне освітлення робочого місця і всієї площі цеху. Освітленість повинна бути такою, щоб працюючий тривалий час міг вести спостереження без напруги і стомлення зору. У ливарному цеху сполучаються природне і штучне освітлення.

Природне освітлення в приміщенні створюється світловими прорізами, вікнами і відражаючими поверхнями (стінами, стелею, підлогою і ін.).

Утворене в результаті прямого і відражаючого світла, дифузійне освітлення створює сприятливий розподіл яскравості, що позитивно впливає на зір. Коефіцієнт природного освітлення в приміщенні цеху $K_{по} = 2 \%$, що відповідає будівельним нормам СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

Для штучного освітлення ливарного цеху застосовують ліхтарі загального освітлення типу УПМ-15 і місцевого типу НСП-07 з лампами накаливання. Ліхтарі загального освітлення встановлюють на висоті не менш 3-4 м від рівня підлоги, а ліхтарі місцевого призначення – на висоті 2,5 м і менше. Місцеве освітлення проектується з напругою не більш 26 В, переносне – не вище 12 В. У ливарному цеху також передбачається аварійне освітлення величина якого на робочих місцях складає 10% норми місцевого освітлення. У ливарному цеху забезпечено загальне освітлення $E_H = 150 \text{ лк}$, що відповідає будівельним нормам СНиП II-4-79 [8].

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Пожежі становлять велику небезпеку для працюючих і заподіють значний матеріальний збиток. Причини виникнення пожеж різноманітні: недоліки в будівельних конструкціях, у плануванні приміщень; несправність електроустаткування (коротке замикання, перевантаження і великі перехідні опори); самозаймання іскри при плавці, розливанні рідкого металу; порушення режимів технологічних процесів; неправильне проведення робіт; необережність персоналу та інші.

При проектуванні ливарного цеху враховані загальні положення пожежної безпеки відповідно ГОСТ 12.1.004-91-ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования».

По ступені пожежної безпеки відповідно до норм СНиП II - 90-81 ливарний цех відноситься до категорії Г, тому, що робота пов'язана з обробкою незгоряємих речовин у розплавленому стані.

Пожежна безпека ливарного цеху забезпечується наступним:

- системою запобігання пожежі;
- системою протипожежної охорони;
- організаційно-технічними заходами.

Запобігання утворення загоряння забезпечується максимально можливим застосуванням речовин, що не горять, та матеріалів; застосуванням пристроїв захисту обладнання від ушкоджень і аварій; застосуванням в обладнанні швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел живлення (система контролю прогару індукційних печей); застосуванням обладнання, що задовольняє вимогам електробезпечності; виконання встановлених правил протипожежної безпеки ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ.

Тверді речовини, що при нагріванні, терті і у суміші з іншими речовинами можуть викликати вибух, а також легкозаймисті і здатні до самозаймання речовини зберігаються в герметичній тарі, горючі рідини – у спеціальній тарі. Усі перераховані речовини, а також балони з газом зберігаються у ізольованих металевих сараях, розташованих за будівлею цеху. Кількість пальних матеріалів, що зберігаються у виробничому приміщенні обмежено, як правило, не більше добової потреби.

Протипожежний захист забезпечується:

- застосуванням засобів пожежегасіння і відповідних видів пожежної техніки;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації і пожежегасіння;
- застосуванням системи проти димного захисту.

Для захисту робочого місця від пожежі використовуються наступні групи техніки:

- установки пожежної сигналізації;
- пожежні крани, рукава, щити, вогнегасники;
- пожежні рятувальні пристрої.

Для забезпечення захисту використовується пожежна сигналізація на базі автоматичних комбінованих (димових і теплових) пожежних оповісників. У випадку загорання передбачається використання пожежних кранів, рукавів, щитів, переносних ручних вогнегасників з газовим вогнегасним зарядом (вуглекислота, хладон, азот) і ящиків з піском. Для порятунку людей у випадку

загорання застосовуються протидимні маски з фільтрами респіраторного типу. Вогнегасники і захисні маски розміщаються в легкодоступних і помітних місцях, де виключене на них прямих сонячних променів. Ручні вогнегасники розміщаються методом навішення на вертикальні конструкції на висоті 1,5 м. При спрацьовуванні автоматичних установок пожежної сигналізації автоматично відключаються системи вентиляції і кондиціонування повітря. Локалізація вогнища загорання і запобігання поширення вогню забезпечується застосуванням вогнеперешкоджаючих пристроїв устаткування і протипожежних перешкод [9].

Шляхи евакуації визначені виходячи з об'ємного планування і технічного виконання будівель і споруджень з урахуванням їх вогнестійкості.

У цеху забезпечена можливість швидкої і безпечної евакуації людей у випадку виникнення пожежі. Евакуаційні виходи і проходи відповідають нормам (ширина дверей 1,2 м; ширина проходів 1,5-4 м). передбачено пожежні виходи і сходи. Організовано мовне оповіщення і світлові покажчики для керування рухом по евакуаційних шляхах. Система проти димного захисту забезпечує не задимлення, зниження температури і удаління продуктів горіння на шляхах евакуації протягом часу для евакуації людей.

В організаційно-технічні заходи включаються:

- навчання робітників правилам протипожежної безпеки;
- реалізація норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про дотримання протипожежного режиму і про дії людей при виникненні пожежі;
- заходи щодо дій адміністрації на випадок виникнення пожежі і організації евакуації людей.

В результаті проведення аналізу стану ливарного цеху можна зробити висновок, що він відповідає всім перерахованим вище вимогам і нормам. Отже, при виконанні працівниками і співробітниками цеху зі своєї сторони всіх правил техніки безпеки, робота в ливарному цеху безпечна для здоров'я людини.

6.5 Розрахунок освітлення

Проводимо розрахунок освітленості приміщення експрес-хімічної лабораторії. Визначаємо площу освітлюваної поверхні. $S = 57,42 \text{ м}^2$. Визначаємо нормовану освітленість, яка залежить від розряду зорової роботи, та розміру об'єкта розпізнавання. Оскільки зорова робота (по СНиП II – 4 – 79) належить до середньої точності, найменший розмір об'єкта розпізнавання становить 0,5-1 мм, то розряд та під розряд зорової роботи є IV а, а штучне освітлення при загальному освітленні становитиме 300 лк. Обираємо тип світильника. Оскільки висота приміщення становить 3,5 метри то обираємо тип світильника ЛПО. Розраховуємо загальний світловий потік за формулою (7.1):

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (7.1)$$

де Φ - загальний світловий потік, лм;

E_H - нормована освітленість, лк;

S - площа освітлюваної поверхні, м^2 ;

K - коефіцієнт запасу, $(1,3 \div 1,8)$;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $(1,1 \div 1,15)$;

N - кількість світильників;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Цей коефіцієнт залежить від індексу приміщення i , та типу світильника.

$$i = \frac{A \cdot B}{H \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

де i - індекс приміщення;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина, м;

H – висота приміщення, м.

При розрахунках умовно приймаємо $N = 1$.

$$i = \frac{9,9 \cdot 5,8}{3,5 \cdot (9,9 + 5,8)} = 1,04$$

Згідно (7.1) маємо:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 57,42 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{1 \cdot 0,45} = 54740 \text{ лк}$$

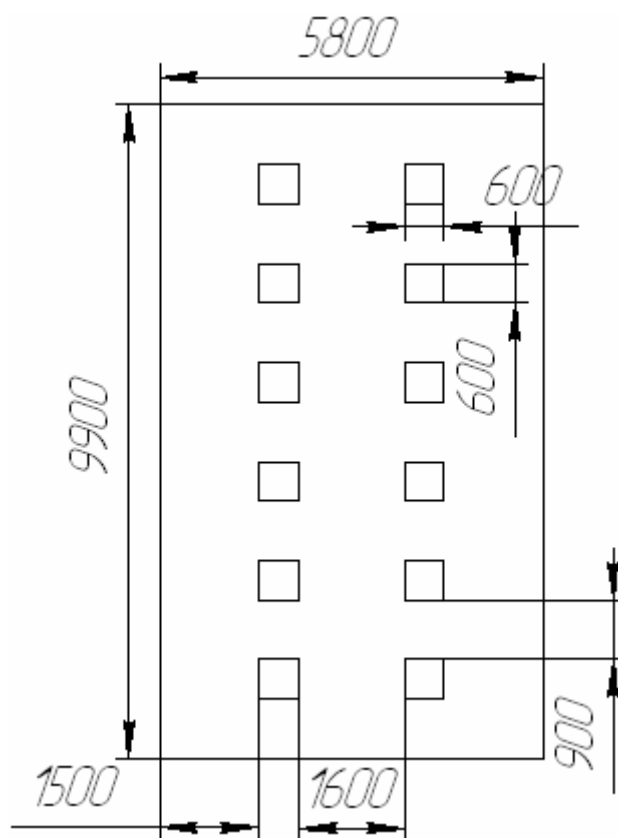


Рисунок 7.1 – План розташування світильників

Кількість ламп розраховуємо за формулою (7.3):

$$N = \frac{\Phi_{з.с.п.}}{\Phi_{\text{лампи}}} \quad (7.3)$$

Тоді обираємо лампу ЛД (світловий потік дорівнює 1200 лм). Необхідна кількість ламп становитиме:

$$N = \frac{54740}{1200 \cdot 4} = 12$$

Згідно проведених розрахунків необхідна кількість світильників для освітлення експрес-хімічної лабораторії становить 12 штук, з урахуванням використання чотирьох ламп у світильнику.

План розташування світильників наведено на малюнку 7.1.

6.6 Висновки

Виходячи з написаного вище, можна зробити висновок, що дотримуючись правил і норм встановлених законодавством по техніці безпеки зводиться до мінімуму імовірність нещасного випадку або захворювання робітника з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній виборчій праці.

Внаслідок проведення аналізу стану ливарного цеху можна зробити висновок, що ливарний цех відповідає нормам виробничої санітарії, пожежної безпеки при дотриманні робітниками цеху зі свого боку всіх правил техніки безпеки, роботу у ливарному цеху можна вважати безпечною для здоров'я людини.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Розрахунок основних техніко-економічних показників ливарного цеху

7.1.1 Виробнича програма та її матеріальне забезпечення

Виробнича програма цеху кольорового лиття розрахована у загальній частині, та наведена у додатку А. Вона є основою розрахунку техніко-економічних показників ливарного цеху. Виходячи із виробничої програми, яка становить 600 т на рік (частка алюмінієвого литва складає 240 тон на рік, а латунного – 360 тон), та розрахунків основних та допоміжних матеріалів, проведених попередньо, проводимо розрахунок витрат основних та допоміжних матеріалів на річну програму. Дані розрахунків зведено у таблиці (7.1), (7.2).

Таблиця 7.1 – Розрахунок витрат основних та допоміжних матеріалів на річну програму для латунного литва

Шихтові матеріали	Державний стандарт, сорт, марка	Витрати матеріалів			
		на 1 т придатних виливків, кг	на програму, т	вартість однієї тони, грн..	вартість на програму, тис. грн..
1	2	3	4	5	6
1. Основні матеріали					
1.1 Латунь свинцева чушкова	ЛС	1050,650	378,231	32000	12103,392
1.3 Латунне вороття	-	635,310	228,687	31800	7272,247
1.5 Фтористий калій	KF_2	21,00	7,586	42200	320,129
1.6 Фтористий магній	MgF_2	21,00	7,586	42200	320,129
1.7 Фосфориста мідь		2,530	0,910	28340	25,789
<i>Усього</i>		<i>1730,49</i>	<i>623</i>	<i>176540</i>	<i>20041,69</i>
2. Допоміжні матеріали					
1.1 Смола	БС-40	18,80	4,23	12000	50,760
1.2 Каталізатор	ЛСФ-А	4,88	1,1	9500	10,450

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6
1.3 Окис заліза	160.509.001-73	3,90	0,88	1520	1,3380
1.4 Стеарат цинку	ТУ 3-7-69	0,98	0,22	2300	0,506
1.5 Сріблястий графіт	5279-74	0,98	0,22	1850	0,407
1.6 Пісок	1КО2А	947,05	241,498	50	12,075
1.7 Футерувальна суміш	100196035.007-2001	120	43,2	186000	8035,2
1.8 Цегла № 5	8691-73	50	18	466	8,388
1.9 Шамотна цегла		50	18	530	9,540
1.10 Азбест	2850-80	6	2,16	239	0,516
1.11 Кварцит	ПМК	150	54	150	8,1
1.12 Фарба для кокілів для ЛЦ	100196035.007-2001	0,4	0,144	25980	3,471
1.14 Фарба для інструменту	100196035.006-2001	0,4	0,144	19500	2,808
1.15 Фарба для тигля	100196035.006-2001	0,4	0,144	41500	5,976
1.16 Емульсія для ЛПТ		6	2,16	5450	11,772
1.17 Змашувачі	100196035.007-2001	0,5	0,18	25500	4,59
<i>Усього</i>		<i>1360,29</i>	<i>386,28</i>	<i>332535</i>	<i>8165,897</i>
Разом		3090,78	1009,28	509075	28207,587
Транспортно-заготівельні витрати, %					2820,759
Разом з урахуванням транспортно-заготівельних витрат					31028,346
Вартість вороття та відходів, що реалізуються					7272,247
Разом з вирахуванням вартості вороття та відходів, які реалізуються					23756,099

Таблиця 7.2 – Розрахунок витрат основних та допоміжних матеріалів на річну програму для алюмінієвого литва

Шихтові матеріали	Державний стандарт, сорт, марка	Витрати матеріалів			
		на 1 т придатних виливків, кг	на програму, т	вартість однієї тони, грн.	вартість на програму, тис. грн.
1	2	3	4	5	6
1. Основні матеріали					
1.2 Алюміній чушковий	AK12	1030,696	247,366	14000	3463,124
1.4 Алюмінієве вороття	-	503,306	120,793	13880	1676,607
1.8 Хлористий натрій	NaCl	32,981	7,916	220	7,256
1.9 Хлористий калій	KCl	20,709	4,969	2141	10,634
1.10 Фтористий натрій	NaF	7,69	1,841	6420	11,819
<i>Усього</i>		<i>1595,382</i>	<i>382,885</i>	<i>36661</i>	<i>5169,44</i>

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6
2. Допоміжні матеріали					
1.7 Футерувальна суміш	100196035.007-2001	120	28,8	186000	5356,8
1.8 Цегла № 5	8691-73	50	12	466	5,592
1.9 Шамотна цегла		50	12	530	6,36
1.10 Азбест	2850-80	6	1,44	239	0,344
1	2	3	4	5	6
1.11 Кварцит	ПМК	150	36	150	5,4
1.13 Фарба для кокілів для АК	100196035.007-2001	0,4	0,096	25980	2,494
1.14 Фарба для інструменту	100196035.006-2001	0,4	0,096	19500	1,872
1.15 Фарба для тигля	100196035.006-2001	0,4	0,096	41500	3,984
1.16 Емульсія для ЛПТ		6	1,44	5450	7,848
1.17 Змащувачі	100196035.007-2001	0,5	0,12	25500	3,06
Усього		383,7	92,088	305315	5393,754
Разом		1979,082	474,973	341976	5563,194
Транспортно-заготівельні витрати, %					556,319
Разом з урахуванням транспортно-заготівельних витрат					6119,513
Вартість вороття та відходів, що реалізуються					1676,607
Разом з вирахуванням вартості вороття та відходів, які реалізуються					4442,906

7.1.2 Основні фонди цеху

Основні фонди цеху включають будівлі та споруди, передаточні пристрої, обладнання, вимірювальні прилади та пристрої, транспортні засоби, інструмент, виробничий та господарський інвентар [13]. Розрахунок основних фондів цеху починаємо з визначення кількості виробничого обладнання: технологічного, допоміжного та підйомно-транспортного для кожного потоку сплаву. Спочатку розраховуємо виробниче обладнання. Отримані дані заносимо в таблицю (7.3).

Таблиця 7.3 – Розрахунок виробничого обладнання

Обладнання	Модель, тип, марка	Кількість обладнання		Коефіцієнт використання	Вартість, тис. грн.				Амортизація		Потужність електродвигунів, кВт	
		розрахункового	прийнятого		одиниці обладнання	усього обладнання	коефіцієнт транспортно-монтажних витрат	початкова балансова вартість	норма, %	сума, тис. грн.	одиниці	усього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Технологічне (для латуні)												
1.1 Піч плавильна	ЛПТ-0,4М2	0,6	1	0,6	150,371	150,371	0,1	165,408	24	39,698	85,0	85,0
1.2 Машина ЛПТ	117А07	1,69	2	0,6	105,673	211,346	0,1	232,481	24	55,795	22,8	45,6
1.3 Кокільна машина	5912	7,1	6	0,78	58,351	350,106	0,1	385,117	24	92,428	7,5	45
1.4 Прес	ДО2130	1,4	1	0,7	32,473	32,473	0,1	35,720	24	8,573	2,4	2,4
1.5 Верстат	ЗБ636	2,72	2	0,68	28,134	56,268	0,1	61,895	24	14,857	7,5	15
1.6 Вібраційна машина	695	1,54	2	0,77	34,261	68,522	0,1	75,374	24	18,090	35	70
1.7 Верстат	6720ПФ1	1,4	2	0,7	19,356	38,712	0,1	42,583	24	10,220	5	10
1.8 Піскодувний полуавтомат	23225А1А	3,12	4	0,78	38,726	154,904	0,1	170,394	24	40,895	70	280
1.9 Бігуни	15411	0,2	1	0,2	15,171	15,171	0,1	16,688	24	4,005	8,7	8,7
1.10 Піч роздавальна	ІЛК-0,4/0,16	5,6	8	0,7	75,50	604,000	0,1	664,4	24	159,456	63	504
Усього	-	-	29	-	-	1681,873	-	1850,06	-	444,017	-	1056,7

Продовження таблиці 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2. Технологічне (для алюмінію)												
2.1 Піч плавильна	ІАТ-0,4/0,16	0,84	1	0,84	145,256	145,256	0,1	159,782	24	38,348	180,0	180,0
2.2 Машина ЛПТ	117A07	1,69	1	0,6	105,673	105,673	0,1	116,240	24	27,898	22,8	22,8
2.3 Кокільна машина	5912	7,1	3	0,78	58,351	175,053	0,1	192,558	24	46,214	7,5	22,5
2.4 Прес	ДО2130	1,4	1	0,7	32,473	32,473	0,1	35,720	24	8,573	2,4	2,4
2.5 Верстат	ЛС80-4	0,6	1	0,6	26,056	26,056	0,1	28,662	24	6,879	4,5	4,5
2.6 Верстат	ЗБ636	2,72	2	0,68	28,134	56,268	0,1	61,895	24	14,855	7,5	15
2.7 Піч	СНО-3,4	1,48	2	0,74	35,894	71,788	0,1	78,967	24	18,952	30	60
2.8 Піч роздавальна	САТ-0,06	3,2	4	0,8	68,350	273,4	0,1	300,740	24	72,178	60	240
Усього	-	-	15	0,72	-	885,967	-	974,564	-	233,897	-	547,2
3. Допоміжне												
3.1 Бігуни	15411	0,3	1	0,3	15,261	15,261	0,1	16,787	24	4,029	8,7	8,7
3.2 Стенд для сушіння ковшів	-	0,6	1	0,6	10,163	10,163	0,1	11,179	24	2,683	-	-
3.3 Піч	СНО-6,12	0,4	1	0,4	28,364	28,364	0,1	31,200	24	7,488	71	71
3.4 Піч		0,5	1	0,5	120,050	120,050	0,1	132,055	24	31,693	100	100
3.5 Обдувочна камера	4222	0,4	1	0,4	11,270	11,270	0,1	12,397	24	2,975	50	50
3.6 Верстат	2М112	1,2	2	0,6	25,350	50,700	0,1	55,770	24	13,385	12	24
3.7 Конвеєр	-	0,7	1	0,7	12,250	12,250	0,1	13,475	24	3,234	3,3	3,3
3.8 Піч		0,4	1	0,4	98,368	98,368	0,1	108,205	24	25,969	15	15
3.9 Верстат	6720ПФ1	0,5	1	0,5	19,356	19,356	0,1	21,292	24	5,110	5	5
3.10 Верстат	16К20	1,2	2	0,6	18,247	36,494	0,1	40,143	24	9,634	8	16
3.11 Комплект для підготовки свіжого піску		0,3	1	0,3	68,000	68,000	0,1	74,800	24	17,952	20	20
3.12 Ваги		0,7	2	0,7	0,950	1,900	0,1	2,090	24	0,502	-	-
Усього	-	-	15	0,54	-	472,176	-	519,393	-	124,654	-	313

Продовження таблиці 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4. Підйомно-транспортне												
4.1 Кран мостовий	Q=5т	2,4	3	0,8	350,00	1050,000	0,25	1312,500	24	315,000	24,2	72,6
4.2 Кран-балка	Q=2т	0,7	1	0,7	30,00	30,000	0,25	37,500	24	9,000	7	7
<i>Усього</i>	-	-	4	-	-	1080,000	-	1350,000	-	324,000	-	79,6
Разом по цеху	-	-	63	-	-	4120,016	-	4694,017	-	1126,568	-	1996,5

Вартість обладнання для латунного потоку литва становитиме: 2784,757 тис. грн., а для алюмінієвого – 1909,260.

Витрати на споруди і будівлі визначаються із вартості 1 м^3 цеху та побутових приміщень. Об'єм будівлі визначається за формулою:

$$V = F_{\text{зов}} \cdot h = 1,1 \cdot \sum F_{\text{вн}} \cdot h_i \quad (7.1)$$

де $F_{\text{зов}}$, $F_{\text{вн}}$ - площа цеху (побутових приміщень), відповідно зовнішня та внутрішня, м^2 ;

h_i - висота будівлі цеху (побутових приміщень), м .

Об'єм та вартість будівлі цеху складає:

$$V_{\text{бюд}} = 1,1 \cdot 78 \cdot 48 \cdot 9,6 = 39536,64 \text{ м}^2$$

$$B_{\text{бюд}} = 39536,64 \cdot 100 = 3953,664 \text{ тис. грн.}$$

Об'єм та вартість адміністративної будівлі складає:

$$V_{\text{адм}} = 1,1 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 7 = 4158 \text{ м}^2$$

$$B_{\text{адм}} = 4158 \cdot 100 = 415,8 \text{ тис. грн.}$$

Сумарна вартість становитиме:

$$B = 3953,664 + 415,8 = 4369,464 \text{ тис. грн.}$$

Але у відсотковому відношенні вартість будівель для латунного литва приймаємо – 60 % від загальної вартості, та 40 % для алюмінієвого литва. Тому: вартість споруд для латунного потоку – 2621,678, а для алюмінієвого – 1747,786 тис. грн.

Капітальні вкладення в інші види основних фондів приймаються у відсотках від вартості виробничого обладнання:

- передаточні пристрої – 6% - для латуні – $2784,757 \cdot 0,06 = 167,085$,

для алюмінію – $1909,260 \cdot 0,06 = 114,556$;

- силові обладнання – 8% - для латуні – $2784,757 \cdot 0,08 = 222,781$,

для алюмінію – $1909,260 \cdot 0,08 = 152,741$;

- вимірювальні пристрої, прилади – 2% - для латуні – $2784,757 \cdot 0,02 = 55,695$,

для алюмінію – $1909,260 \cdot 0,02 = 38,185$;

- транспортні засоби – 3% - для латуні – $2784,757 \cdot 0,03 = 83,543$,

для алюмінію – $1909,260 \cdot 0,03 = 57,278$;

- інструмент – 5% - для латуні – $2784,757 \cdot 0,05 = 139,238$,

для алюмінію – $1909,260 \cdot 0,05 = 95,463$;

- виробничий та господарський інвентар – 3% - для латуні – $2784,757 \cdot 0,03 = 83,543$,

для алюмінію – $1909,260 \cdot 0,03 = 57,278$.

Сума амортизаційних відрахувань визначається згідно з нормами амортизації. Результати розрахунків вносимо до таблиці (7.4).

Таблиця 7.4 – Структура та склад основних фондів

Група	Латунне литво				Алюмінієве литво			
	Початкова балансова вартість		Амортизація		Початкова балансова вартість		Амортизація	
	тис. грн.	%	%	сума річної амортизації, тис.грн.	тис. грн.	%	%	сума річної амортизації, тис.грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Будівлі та споруди	2621,678	42,57	8	209,734	1747,786	41,89	8	139,823
2. Передаточні пристрої	167,085	2,71	8	13,367	114,556	2,75	8	9,164
3. Силові обладнання	222,781	3,62	24	53,467	152,741	3,66	24	36,658
4. Виробниче обладнання	2784,757	45,21	24	668,342	1909,261	45,76	24	458,222
5. Вимірювальні прилади та пристрої	55,695	0,94	40	22,278	38,185	0,92	40	15,274

Продовження таблиці 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. Транспортні засоби	83,543	1,36	40	33,417	57,278	1,37	40	22,911
7. Інструмент	139,238	2,26	40	55,695	95,463	2,28	40	38,185
8. Виробничий та господарський інвентар	83,543	1,36	40	33,417	57,278	1,37	40	22,911
Усього	6158,32	100	-	1089,717	4172,547	100	-	743,148

7.1.2.1 Праця та заробітна плата

В цьому пункті визначаємо чисельність працюючих за категоріями (виробничі і допоміжні робочі, керівники, спеціалісти, службовці), фонд заробітної плати, середня заробітна плата працюючих.

7.1.2.2 Розрахунок чисельності працюючих

Чисельність працюючих розраховуємо за наступними нормами: чисельності, трудомісткості, виробки, обслуговування.

Метод розрахунку згідно з нормами чисельності використовується для визначення чисельності виробничих робітників, які виконують роботи з управління агрегатами, печами, машинами та іншим обладнанням та контролю за технологічним процесом.

Середньоспискова кількість робітників визначається за формулою:

$$R = K_{СП} \cdot \sum_{i=1}^m R_{ЯВ} \cdot S_i = K_{СП} \cdot \sum_{i=1}^m n_i \cdot H_{ЧИ} \cdot S_i \quad (7.2)$$

де $K_{СП}$ - коефіцієнт приведення явочного складу до спискового (приймається рівним 1,12 - 1,13);

m - кількість типорозмірів обладнання, яке установлене у цеху, шт.;

$R_{яв}$ - явочна чисельність робітників, необхідних для обслуговування і-го обладнання, чол.;

S_i - кількість змін роботи обладнання, зм.;

n_i - кількість обладнання і-го типу, шт.;

$H_{чл}$ - норма численності робітників для обслуговування одиниці обладнання, чол.

Розрахунки по чисельності робітників виконуються у таблиці 7.5, 7.6.

Таблиця 7.5 – Розрахунок явочної кількості робітників для латунного потоку литва

Робітники	Обладнання, робоче місце		Кількість робітників в одну зміну, чол.	
	найменування	кількість, шт.	згідно норми чисельності	усього
Плавильник	індукційна піч	1	2	2
Стрижневщик	стрижньова машина	4	1	4
Ливарник	кокільна машина та машина ЛПТ	8	1	8
Пресовщик	прес	1	1	1
Обрубник	шліфувальна машина	2	1	2
Фрезерувальник	фрезерний верстат	1	1	1
Усього	-	-	-	18

Таблиця 7.6 – Розрахунок явочної кількості робітників для алюмінієвого потоку литва

Робітники	Обладнання, робоче місце		Кількість робітників в одну зміну, чол.	
	найменування	кількість, шт.	згідно норми чисельності	усього
1	2	3	4	5
Плавильник	індукційна піч	1	2	2
Ливарник	кокільна машина та машина ЛПТ	4	1	4

Продовження таблиці 7.6

1	2	3	4	5
Обрізник	стрічково пильний верстат	1	1	1
Пресовщик	прес	1	1	1
Обрубник	шліфувальна машина	2	1	2
Терміст	термічна піч	2	1	2
Усього	-	-	-	12

Середньоспискова чисельність робітників для латунного литва становитиме:

$$R = 1,12 \cdot (1 \cdot 2 + 4 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1) = 20,1 \approx 20 \text{ чол.}$$

Середньоспискова чисельність робітників для алюмінієвого литва становитиме:

$$R = 1,12 \cdot (1 \cdot 2 + 4 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1) = 13,44 \approx 14 \text{ чол.}$$

Середньоспискова кількість робітників складає: 34 чол. в одну зміну, це 68 чол. в дві зміни. Розрахункова чисельність виробничих й допоміжних робітників розподіляється за професіями, тарифними умовами, розрядами і зводиться у таблицю 7.7.

Таблиця 7.7 – Розрахунок тарифного фонду заробітної плати робітників-погодинників.

Категорія робітників, професія	Тарифні умови	Розряд робітника	Чисельність робітників, чол.	Дійсний річний фонд часу, год.	Годинна тарифна ставка, грн.	Тарифний фонд заробітної плати, тис. грн.
1	2	3	4	5	6	7
1. Виробничі робітники (латунні виливки)						
1.2 Плавильник		5	5	1820	7,88	70,171
1.3 Стрижневщик		5	9	1820	6,83	109,478

Продовження таблиці 7.7

1	2	3	4	5	6	7
1.4 Ливарник		5	17	1820	6,57	198,920
1.6 Пресовщик		4	2	1820	5,80	20,660
1.7 Обрубник		4	5	1820	5,80	51,649
1.8 Фрезерувальник		4	2	1820	5,80	20,660
<i>Усього</i>			40			471,538
1. Виробничі робітники (алюмінієві виливки)						
1.2 Плавильник		5	5	1820	7,88	70,171
1.4 Ливарник		5	9	1820	6,57	105,311
1.5 Обрізник		4	3	1820	5,80	30,989
1.6 Пресовщик		4	3	1820	5,80	30,989
1.7 Обрубник		4	4	1820	5,80	41,319
1.9 Терміст		4	4	1820	7,19	51,222
<i>Усього</i>			28			330,001
2. Допоміжні робітники						
2.1 Які обслуговують обладнання:						
2.1.1 Ковшовий		4	2	1820	5,53	19,698
2.1.2 Шихтовик		4	2	1820	5,17	18,416
2.1.3 Вагар		4	2	1820	5,17	18,416
2.1.4 Пирометрист		4	2	1820	5,53	19,698
2.1.5 Крановик		4	6	1820	5,17	55,247
2.1.6 Слюсар-ремонтник		5	4	1820	5,06	36,047
2.1.7 Наладчик		5	2	1820	5,88	20,945
2.1.8 Слюсар-електрик		5	4	1820	5,27	37,543
2.1.9 Пічник		4	2	1820	5,17	18,416
2.1.10 Фарбувальник -стрижньовщик		4	4	1820	4,46	31,773
2.1.11 Механік		4	4	1820	5,88	41,889
<i>Усього</i>			34			318,088
% для латунного потоку			20			190,853
% для алюмінієвого потоку			14			127,235
2.2 Які не обслуговують обладнання						
2.2.1 Лаборант		3	4	1820	4,51	32,129
2.2.2 Підсобний робітник		3	4	1820	4,19	29,850
2.2.3 Розподільник робіт		4	2	1820	4,35	15,495
2.2.4 Слюсар-сантехнік		4	2	1820	4,46	15,887
2.2.5 Прибиральник виробничих приміщень		2	4	1820	4,02	28,638
2.2.6 Комірник		3	2	1820	4,35	15,495
<i>Усього</i>			18			137,494
% для латунного потоку			11			82,496
% для алюмінієвого потоку			7			54,998

Чисельність керівників, службовців, спеціалістів визначається за нормами обслуговування та розподіляється за посадами і включається в таблицю 7.8.

7.1.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати

Вся сума заробітної плати, яка сплачується робітникам цеху (без премій з фонду споживання), утворює фонд заробітної плати. Цей показник розраховують окремо за категоріями в цілому цеху [13].

Річний фонд заробітної плати складається з тарифного фонду (або окладу) та додаткової заробітної плати.

Тарифний фонд заробітної плати робітників, які знаходяться на почасовій оплаті праці визначається за формулою:

$$Z_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot \Phi_{ди} \cdot R_{ij} \quad (7.3)$$

де n – кількість тарифних умов праці робітників;

m – кількість розрядів робітників;

C_{ij} – годинна тарифна ставка робітника j -того розряду, грн.;

$\Phi_{ди}$ – дійсний річний фонд часу робітника, год.;

R_{ij} – чисельність робітників, чол.

Розрахунок тарифного фонду заробітної плати робітників-погодинників проводиться в таблиці 7.7.

Фонд додаткової заробітної плати робітників містить премії та доплати за роботу в нічний час, навчання учнів, оплату відпусток та інше.

Сума премій визначається збільшено від тарифного фонду:

а) для виробничих робітників у розмірі – 60%;

б) для допоміжних робітників – 40%.

Доплати, які обумовлені законодавством, приймаються у розмірі 20% тарифного фонду для виробничих і допоміжних робітників.

Річний фонд заробітної плати керівників, спеціалістів, службовців розраховується в таблиці 7.8, виходячи з їх кількості, окладів, фонду часу роботи та доплат за шкідливі умови праці.

Не включаються у фонд заробітної плати, але вираховуються під час розрахунку середнього рівня заробітної плати премії з фонду споживання. Розмір премій складає для робітників – 5%, для керівників та спеціалістів – 30%, для службовців – 10% тарифного фонду.

Таблиця 7.8 – Розрахунок фонду заробітної плати керівників, спеціалістів, службовців

Посада	Чисельність, чол.	Місячний оклад, грн.	Сума місячних окладів, грн.	Доплати за шкідливі умови праці	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
			%	грн.	
1	2	3	4	5	6
1. Керівники					
1.1 Начальник цеху	1	2 100	2100		25,2
1.2 Заступник по виробництву	1	1 600	1600		19,2
1.3 Заступник по технології	1	1 600	1600		19,2
1.4 Енергетик	1	1 500	1500		18,
1.5 Начальник ТБ	1	1 400	1400		16,8
1.6 Старший майстер	1	1 100	1100	110	13,2
1.7 Майстер	4	950	3800	380	45,6
Усього	10			490	157,2
% для латунного потоку	6			294	94,32
% для алюмінієвого потоку	4			196	62,88
2. Фахівці					
2.1 Економіст	1	1 300	1300		15,6
2.2 Бухгалтер	1	1 200	1200		14,4
2.3 Інженер по плануванню	1	950	950		11,4
2.4 Інженер-нормувальник	1	950	950		11,4
2.5 Інженер технолог (б/к)	1	850	850		10,2
Інженер технолог (І к)	2	1000	1000		24,0
Інженер технолог (ІІ к)	1	950	950		11,4
Усього	8				98,4
% для латунного потоку	5				59,04
% для алюмінієвого потоку	3				39,36

Продовження таблиці 7.8

1	2	3	4	5	6
3. Службовці					
3.1 Табельник-секретар	1	800	800		9,6
3.2 Прибиральник приміщень	2	600	1200		14,4
Усього	3				24
% для латунного потоку	2				14,4
% для алюмінієвого потоку	1				9,6
Разом	21				279,6

Рівень окладу начальнику цеху, механіка та енергетика цеху залежить від групи цеху за оплатою, яка визначається за заводськими даними.

Рівень окладів начальників дільниць, старших майстрів та майстрів залежить від групи дільниць за оплатою. Дільниці ливарних цехів за оплатою праці поділяються на три групи:

До першої групи належать дільниці:

- виготовлення складних моделей та шаблонів;
- виготовлення високоточного складного та спеціального інструменту, спеціальних вимірюючих пристроїв та приладів;
- плавлення та заливки металів;
- формування деталей складної конфігурації та великих розмірів.

До другої групи належать основні дільниці, що не належать до першої групи.

До третьої групи належать решта дільниць цеху.

Розмір доплат за шкідливі умови праці встановлюються майстрам та змінним інженерам при їх постійній зайнятості на дільницях у розмірі 10 % їх місячного окладу, а на роботах з особливо шкідливими умовами праці до 24 %.

Посадові оклади службовців встановлюються незалежно від групи цеху та складності продукції.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 7.9.

Таблиця 7.9 – Чисельність і фонди заробітної плати працюючих у цеху

Категорія працюючих	Чисельність, чол.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.				Премії з ФС, тис грн.	Усього фонд заробітної плати, тис грн.	Середня заробітна плата, грн. /міс
		тарифн ий	додаткова заробітна плата		усього			
			Премії	Доплата (20%)				
Для латунного литва								
1.Виробничі робітники	40	471,538	282,923	94,308	848,769	42,438	891,207	1856,68
2.Допоміжні робітники:	31	273,349	109,340	54,670	437,359	21,868	459,227	1234,48
2.1.Які обслуговують обладнання	20	190,853	76,342	38,171	305,366	15,268	320,634	1335,98
2.2.Які не обслуговують обладнання	11	82,496	32,998	16,499	131,993	6,600	138,593	1049,95
3.Керівники	6	94,320	-	5,659	99,979	39,992	139,971	1944,04
4.Спеціалісти	5	59,040	-	-	59,040	23,616	82,656	1377,60
5.Службовці	2	14,400	-	-	14,400	1,44	15,84	660,00
Усього	84	1185,996	501,603	209,307	1896,91	151,222	1588,92	1576,31
Для алюмінієвого литва								
1.Виробничі робітники	28	330,001	198,001	66,000	594,002	29,700	623,702	1856,26
2.Допоміжні робітники:	21	182,233	72,893	36,447	291,573	14,579	306,152	1214,89
2.1.Які обслуговують обладнання	14	127,235	50,894	25,447	203,576	10,179	213,755	1272,35
2.2.Які не обслуговують обладнання	7	54,998	21,999	11,000	87,997	4,400	92,397	1099,96
3.Керівники	4	62,88	-	3,773	66,653	26,661	93,314	1944,04
4.Спеціалісти	3	39,36	-	-	39,36	15,744	55,104	1548,44
5.Службовці	1	9,6	-	-	9,6	0,96	10,56	880,00
Усього	57	806,307	343,787	142,667	1292,76	102,223	1088,83	1591,86
Разом	141	1992,303	845,39	351,974	3189,67	253,445	3443,11	3168,17

7.2 Собівартість продукції

Собівартість продукції розраховується за наступними калькуляційними статтями витрат:

- основні та допоміжні матеріали за вирахуванням вороття та відходів, які реалізуються;
- паливо та енергія на технологічні цілі;
- основна заробітна плата виробничих робітників;
- додаткова заробітна плата виробничих робітників;
- відрахування на соціальні заходи виробничих робітників;
- витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
- цехові витрати.

Стаття 1. Витрати на основні та допоміжні матеріали розраховані в таблиці 7.1 та 7.2 і складають 23756,099 тис. грн. для латунного литва, 4442,906 тис. грн. для алюмінієвого литва.

Стаття 2. В цій статті враховуються затрати на усі види палива та енергії, які витрачаються безпосередньо в процесі виробництва виливків. Дані затрати визначаються на основі норм витрат різних видів енергії на виробництво однієї тони придатного литва. Витрати на технологічну електроенергію розраховані у енергетичній частині проекту. Необхідна кількість електроенергії для латунного потоку литва становитиме – 576000 кВт, для алюмінієвого – 320400 кВт. Вартість технологічної електроенергії для латунного литва становитиме:

$$C_{m.e.} = 576000 \cdot 0,33 = 190,08 \text{ тис.грн.}$$

Вартість технологічної електроенергії для алюмінієвого литва становитиме:

$$C_{m.e.} = 320400 \cdot 0,33 = 105,732 \text{ тис.грн.}$$

Сумарні витрати технологічної електроенергії складають:

$$\sum C_{m.n.} = 190,08 + 105,732 = 295,812 \text{ тис.грн.}$$

Стаття 3. Основна заробітна плата виробничих робітників розрахована в таблиці 7.7 і становить 471,538 тис. грн. для латунного потоку та 330,001 тис. грн. для алюмінієвого.

Стаття 4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників розрахована в таблиці 7.7 і складає 377,231 тис. грн. для латунного потоку, та 264,001 тис. грн. для алюмінієвого.

Стаття 5. Відрахування на соціальні заходи виробничих робітників визначаються у розмірі 37,5% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників з урахуванням премій із ФС і складають 891,207 тис. грн. для латунного потоку, та 623,702 для алюмінієвого.

Стаття 6. Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання є комплексною статтею і визначаються за окремим кошторисом (таблиця 7.10).

Таблиця 7.10 – Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Стаття витрат	Сума, тис. грн.		
	латунь	алюміній	всього по цеху
1	2	3	4
1. Амортизація обладнання, інструмента, вимірювальних приладів та транспортних засобів	833,199	571,25	1404,449
2. Експлуатація обладнання:			
2.1 допоміжні матеріали	15,734	10,787	26,521
2.2 заробітна плата робітників, які обслуговують обладнання з відрахуванням на соціальні заходи	425,603	283,734	709,338
2.3 силова електроенергія	69,320	40,051	26,521
2.4 стиснуте повітря	24,192	16,128	40,32
2.5 вода	1,200	1,090	0,138
2.6 паливо	168,048	112,032	280,08

Продовження таблиці 7.10

1	2	3	4
3. Поточний ремонт обладнання та транспортних засобів	188,807	129,448	243,638
4. Зношення малоцінних та швидкозношуваних інструментів та пристроїв	12,587	8,630	21,217
5. Інші витрати	87,097	58,751	156,745
Усього	1829,04	1233,78	3291,641

Стаття 6.1 Сума витрат за даною статтею розрахована у таблиці (7.4).

Стаття 6.2.

а) Вартість допоміжних матеріалів, які витрачаються на експлуатацію обладнання приймаємо у розмірі 0,5% від суми початкової вартості обладнання та транспортних засобів:

$$B_0 = (222,781 + 2784,757 + 55,695 + 83,543) \cdot 0,005 = 15,734 \text{ тис.грн.}$$

- для латунного литва, та:

$$B_0 = (152,741 + 1909,26 + 38,185 + 57,278) \cdot 0,005 = 10,787 \text{ тис.грн.}$$

- для алюмінієвого литва.

б) заробітна плата допоміжних робітників, які обслуговують обладнання розрахована у таблиці 7.9. Відрахування на соціальні заходи визначаються у розмірі 37,5% від фонду заробітної плати з урахуванням премії із ФС. Для латунного потоку - $Z_0 = 0,375 \cdot 320,634 + 305,366 = 425,603 \text{ тис.грн.}$, для алюмінієвого - $Z_0 = 0,375 \cdot 213,755 + 203,576 = 283,734 \text{ тис.грн.}$

в) розрахунок витрат на силову енергію проведено у енергетичній частині проекту (210060 кВт – для латуні, та 121368 кВт для алюмінію). Використовуючи розрахункові данні отримуємо(тариф – 0,33): для латунного потоку:

$$C_E = \frac{210060 \cdot 0,33}{1000} = 69,320 \text{ тис.грн.},$$

для алюмінієвого:

$$C_E = \frac{121368 \cdot 0,33}{1000} = 40,051 \text{ тис.грн.}$$

г) витрати на стиснуте повітря, яке розраховано у енергетичній частині проекту (403200 м^3 - для латунного, та 268800 м^3 - для алюмінію), розраховуємо аналогічно попереднім: для латунного литва – 24,192 тис. грн., для алюмінієвого – 16,128 тис. грн. ($0,6 \text{ грн} / \text{м}^3$).

д) витрати на технічну воду, які розраховані у енергетичній частині проекту ($175,050 \text{ м}^3$ - для латуні, $27,230 \text{ м}^3$ - для алюмінію) розраховуємо аналогічно попереднім: для латунного литва – 1,200 тис. грн., для алюмінієвого литва – 1,090 тис. грн.

е) паливо, яке призначене на утримання обладнання і використовується на сушіння та підігрів ковшів, спікання футеровки розраховано у енергетичній частині проекту (186720 м^3 - для латуні, 124480 м^3 - для алюмінію). Вартість палива становитиме: для латунного литва – 168,048 тис. грн., для алюмінієвого – 112,032 тис. грн.

Стаття 6.3. Витрати на поточний ремонт обладнання та транспортних засобів приймаються у розмірі 5% вартості обладнання та транспортних засобів по таблиці 6.4 і складають для латунного литва – 188,807 тис. грн., для алюмінієвого – 129,4489 тис. грн.

Стаття 6.4. Сума витрат на зношення малоцінних та швидкозношуваних інструментів та пристосувань визначаються у розмірі 0,4% вартості обладнання та транспортних засобів (таблиця 7.4) і складає 12,587 тис. грн. для латунного литва, та 8,630 тис. грн. для алюмінієвого литва.

Стаття 6.5. Інші витрати розраховуються у розмірі 5% від суми витрат за статтями 1 – 4 даного кошторису і дорівнюють сумі 87,097 тис. грн. для латунного литва, та 58,751 тис. грн. для алюмінієвого.

Відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання визначається за формулою:

$$K_{об} = 100 \cdot C_{об} / Z_m, \% \quad (7.4)$$

де $C_{об}$ – сума витрат на утримання та експлуатацію обладнання, тис. грн.;

Z_m – тарифний фонд заробітної плати виробничих робітників, тис. грн.

(таблиця 7.9).

Тому для латунного, та алюмінієвого литва відповідно становитиме:

$$K_{об} = \frac{1829,04 \cdot 100}{471,538} = 388 \%$$

$$K_{об} = \frac{1233,78 \cdot 100}{330,001} = 374\%$$

Стаття 7. Розрахунок загальновиробничих (цехових) витрат.

Загальновиробничі (цехові) витрати є комплексною статтею і визначаються за окремим кошторисом – таблиця (7.11).

Таблиця 7.11 – Кошторис загально виробничих (цехових) витрат

Стаття витрат	Сума, тис. грн.		
	латунь	алюміній	усього по цеху
1	2	3	4
1. Утримання цехового персоналу:			
а) керівників, спеціалістів, службовців	262,844	175,230	438,074
б) допоміжних робітників, які не обслуговують обладнання	183,965	122,646	306,611

Продовження таблиці 7.11

1	2	3	4
2. Амортизація будівель, передаточних пристроїв, інвентаря	256,518	171,898	428,416
3. Утримання будівель та інвентаря:			
а) електроенергія для освітлення	28,056	18,704	46,760
б) опалення	292,14	194,76	486,900
в) вода для господарських потреб	3,050	2,969	6,019
г) допоміжні матеріали	78,650	52,434	131,084
4. Поточний ремонт будівель, споруд та інвентаря	60,788	40,684	101,472
5. Випробування, досліді, раціоналізація та винахідництво	16,8	11,4	28,2
6. Охорона праці	6,72	4,56	11,28
7. Зношення малоцінного та швидкозношуваного інвентаря	16	11,2	27,2
8. Інші витрати	60,277	40,324	100,601
Усього	1265,808	846,809	2112,617

Стаття 7.1. Витрати на утримання цехового персоналу включають заробітну плату керівників, спеціалістів, службовців та допоміжних робітників, які зайняті на загально-цехових роботах з відрахуванням на соціальні заходи:

а) заробітна плата керівників, спеціалістів, службовців розрахована у таблиці 7.7. Відрахування на соціальні заходи приймаються у розмірі 37,5% від заробітної плати з урахуванням премії з ФС. Тому для латунного литва – $173,419 + 0,375 \cdot 238,467 = 262,844$ тис. грн., а для латунного – $115,613 + 0,375 \cdot 158,978 = 175,230$ тис. грн.

б) заробітна плата допоміжних робітників, які не зайняті в обслуговуванні обладнання, розрахована у таблиці 7.9. Відрахування на соціальні заходи у розмірі 37,5% від фонду заробітної плати з урахуванням премії з ФС. Для латунного литва становитиме $-131,993 + 0,375 \cdot 138,593 = 183,965$ тис. грн., а для алюмінієвого – $87,997 + 0,375 \cdot 92,397 = 122,646$ тис. грн.

Стаття 7.2. Амортизація відрахування будівель, передаточних пристроїв та інвентарю (таблиця 7.4) складають $209,734 + 13,367 + 33,417 = 256,518$ тис. грн. для латунного литва, та $139,823 + 9,164 + 22,911 = 171,898$ тис. грн. для алюмінієвого.

Стаття 7.3. Утримання будівель та інвентарю:

а) розрахунок електроенергії на освітлення проведено в енергетичній частині (85,018 кВт – для латуні, та 56,0679 кВт - для алюмінію), тому визначаємо затрати. Для латунного литва – $85,018 \cdot 0,33 = 256,518$ тис. грн., для алюмінієвого – $56,679 \cdot 0,33 = 18,704$ тис. грн.(тариф – 0,33 грн.).

б) витрати на опалення розраховані в енергетичній частині (для латуні – 324600 м^3 , для алюмінію – 216400 м^3), тому визначаємо затрати. Для латунного литва – $324600 \cdot 0,9 = 292,14$ тис. грн., для алюмінієвого – $216400 \cdot 0,9 = 194,76$ тис. грн.(тариф – 0,9 грн.).

в) витрати на воду для господарських потреб розраховані в енергетичній частині (для латуні – $1903,35 \text{ м}^3$, для алюмінію – $1268,9 \text{ м}^3$), тому визначаємо затрати. Для латунного литва – $1303,35 \cdot 2,34 = 3,050$ тис. грн., для алюмінієвого – $1268,9 \cdot 2,34 = 2,969$ тис. грн.(тариф – 2,34 грн.).

г) допоміжні матеріали визначаються у розмірі 3% від вартості будівель та споруд. Для латунного литва – $0,03 \cdot 2621,678 = 78,650$ тис. грн., для алюмінієвого – $0,03 \cdot 1747,786 = 52,434$ тис. грн.

Стаття 4. Витрати на поточний ремонт будівель, споруд та інвентаря розраховуються у розмірі 2% вартості будівлі і 10% вартості інвентаря та складають: для латунного литва – $0,02 \cdot 2621,678 + 0,01 \cdot 83,543 = 60,788$ тис. грн., для алюмінієвого – $0,02 \cdot 1747,786 + 0,01 \cdot 57,278 = 40,684$ тис. грн.

Стаття 5. Витрати на випробування, досліді, раціоналізацію та винахідництво приймаються у розмірі 200 грн. на одного працюючого і дорівнюють $200 \cdot 84 = 16,800$ тис. грн. для латунного литва, та $200 \cdot 57 = 11,400$ тис. грн. для алюмінієвого.

Стаття 6. Витрати на охорону праці визначаються у розрахунку 80 грн. на одного працюючого і складають $80 \cdot 84 = 6,72$ тис. грн. для латунного литва, та $80 \cdot 57 = 4,56$ тис. грн. для алюмінієвого.

Стаття 7. Витрати на відшкодування зносу малоцінного та швидкозношуваного інвентаря розраховується у розмірі 400 грн. на одного

виробничого робітника і становить $400 \cdot 40 = 16,000$ тис. грн. для латунного литва, та $400 \cdot 28 = 11,200$ тис. грн. для алюмінієвого.

Стаття 8. Інші витрати складають 5% суми всіх попередніх цехових витрат і становлять $1205,531 \cdot 0,05 = 60,277$ тис. грн. для латунного литва, та $806,485 \cdot 0,05 = 40,324$ тис. грн. для алюмінієвого.

Відсоток цехових витрат визначається за формулою:

$$K_y = 100 \cdot C_y / Z_m, \% \quad (7.5)$$

де C_y - сума цехових витрат, тис. грн.;

Z_m – тарифний фонд заробітної плати виробничих робітників, тис. грн.

Тому відсоток цехових витрат для латунного та алюмінієвого литва відповідно становитиме:

$$K_u = \frac{1265,808 \cdot 100}{471,538} = 270 \%$$

$$K_u = \frac{846,809 \cdot 100}{330,001} = 260 \%$$

Калькуляція собівартості складається у таблиці 7.12

Таблиця 7.12 – Калькуляція собівартості продукції

Стаття витрат	Витрати для латуні			Витрати для алюмінію		
	по проекту		по базовому цеху на 1 т литва, грн.	по проекту		по базовому цеху на 1 т литва, грн.
	усього тис. грн.	на 1 т литва, грн.		усього тис. грн.	на 1 т литва	
1	2	3	4	5	6	7
1. Основні та допоміжні матеріали за вирахуванням вороття, яке реалізується	23756,099	65989-16	65918-75	4442,906	18512-11	20102-63

Продовження таблиці 7.12

1	2	3	4	5	6	7
2. Паливо та енергія на технологічні цілі	190,08	528-00	559-80	105,732	440-55	465-18
3. Основна заробітна плата виробничих робітників	471,538	1309-83	1305-38	330,001	1375-00	1302-19
4. Додаткова заробітна плата виробничих робітників	377,231	1047-86	1044-30	264,001	1100-00	1041-75
5. Відрахування на соціальні заходи виробничих робітників	891,207	2475-58	2567-16	623,702	2598-76	2461-13
6. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1829,04	5080-67	5198-67	1233,78	5140-75	5428-20
7. Цехові витрати	1265,808	3516-13	3622-45	846,809	3528-38	3725-67
8. Цехова собівартість	28781,003	79947-23	80216-51	7846,931	32695-55	34526-75

7.3 Економічне обґрунтування проектного цеху

Економічна ефективність проектних рішень, що приймаються, визначається за допомогою економічного аналізу, який зводиться до визначення та зіставлення показників порівняльної економічної ефективності базового та проектного цеху.

Основні показники порівняльної економічної ефективності, які приймаються в даному розділі: собівартість 1 т литва; питомі капітальні вкладення; фондвіддача; строк окупності додаткових капітальних вкладень; випуск литва з 1 м² виробничої площі; продуктивність праці; приведені затрати; річний економічний ефект.

Питомі капітальні вкладення визначаються за формулою:

$$k = \frac{K}{Q_P}, \quad (7.6)$$

де k - питомі капітальні вкладення, грн.;

K - загальний обсяг капітальних вкладень, грн.;

Q_p - річний випуск придатного литва, т.

Питомі капітальні вкладення в базовому цеху латунного литва:

$$k_1 = \frac{4921932}{300} = 16406,321$$

Питомі капітальні вкладення в проектованому цеху для латунного литва сягають:

$$k_2 = \frac{6158320}{360} = 17106,444$$

Питомі капітальні вкладення в базовому цеху алюмінієвого литва:

$$k_1 = \frac{3346322,6}{200} = 16731,613$$

Питомі капітальні вкладення в проектованому цеху для алюмінієвого литва сягають:

$$k_2 = \frac{4172547}{240} = 17385,613$$

Продуктивність праці в цеху на одного працюючого:

$$P_{пр.робытн.} = \frac{Q_r}{R_n + R_{\theta} + R_{ИТР} + R_{сп} + R_{сл}} \quad (7.7)$$

де Q_r - річна програма цеху придатного лиття, т;

$R_n, R_{\theta}, R_{ИТР}, R_{сп}, R_{сл}$ - чисельність виробничих, допоміжних робітників, ІТР, спеціалістів, службовців, чол.;

Продуктивність праці в цеху на одного працюючого латунного потоку:

$$P_{\text{пр.робытн.}} = \frac{360}{40+31+6+5+2} = 4,3 \text{ т / чол.}$$

Продуктивність праці в цеху на одного працюючого алюмінієвого потоку:

$$P_{\text{пр.робытн.}} = \frac{240}{28+21+4+3+1} = 4,2 \text{ т / чол.}$$

Приріст продуктивності праці одного працюючого:

$$\Delta P_{\text{пр.робітн.}} = \frac{P_{\text{пр.роб.2}} - P_{\text{пр.роб.1}}}{P_{\text{пр.роб.1}}} \cdot 100 \quad (7.8)$$

де $P_{\text{пр.роб.2}}$, $P_{\text{пр.роб.1}}$ – продуктивність праці в базовому та проектованому цеху на 1 чол. т.

Приріст продуктивності праці одного працюючого для латунного литва:

$$\Delta P_{\text{пр.робітн.}} = \frac{4,3 - 3,55}{3,55} \cdot 100 = 21,1 \%$$

Приріст продуктивності праці одного працюючого для алюмінієвого литва:

$$\Delta P_{\text{пр.робітн.}} = \frac{4,2 - 3,5}{3,5} \cdot 100 = 20 \%$$

Приріст продуктивності праці одного робітника:

$$\Delta P_{\text{пр.робітн.}} = \frac{P_{\text{пр.роб.2}} - P_{\text{пр.роб.1}}}{P_{\text{пр.роб.1}}} \cdot 100 \quad (7.9)$$

Приріст продуктивності праці одного робітника для латунного потоку:

$$\Delta P_{\text{пр.робітн.}} = \frac{5,1-4,3}{4,3} \cdot 100 = 18,6 \%$$

Приріст продуктивності праці одного робітника для латунного потоку:

$$\Delta P_{\text{пр.робітн.}} = \frac{4,9-4,1}{4,1} \cdot 100 = 19,5 \%$$

Приведені затрати в базовому та проектованому цеху:

$$Z_1 = Z_1 + E_H \cdot K_1 \quad (7.10)$$

$$Z_2 = Z_1 + E_H \cdot K_2 \quad (7.11)$$

де Z_1, Z_2 - приведені затрати на 1 т придатного литва в базовому та проектованому цеху;

E_H - нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень.

Приведені затрати в базовому та проектованому цеху для латунного литва:

$$Z_1 = 80216,51 + 0,15 \cdot 16406,321 = 82677,46$$

$$Z_2 = 79947,23 + 0,15 \cdot 17106,444 = 82513,20$$

Приведені затрати в базовому та проектованому цеху для алюмінієвого литва:

$$Z_1 = 34526,75 + 0,15 \cdot 16731,613 = 37036,49$$

$$Z_2 = 32695,55 + 0,15 \cdot 17385,613 = 35303,39$$

Річний економічний ефект від упровадження проекту:

$$E = (Z_1 - Z_2) \cdot A_2 \quad (7.12)$$

Річний економічний ефект від упровадження проекту для латунного литва:

$$E = (82677,46 - 82513,20) \cdot 360 = 59,134 \text{ тис.грн.}$$

Річний економічний ефект від упровадження проекту для алюмінієвого литва:

$$E = (37036,49 - 35303,39) \cdot 240 = 415,944 \text{ тис.грн.}$$

Розраховані техніко-економічні показники і показники базового цеху приведені в таблиці 7.13.

Таблиця 7.13 – Техніко-економічні показники

Показник	Одиниця	латунь		алюміній	
		по проекту	по базовому цеху	по проекту	по базовому цеху
1	2	3	4	5	6
1. Річний випуск литва: – в натуральному виразі – в вартісному виразі	т тис. грн.	360 28781,003	300 24064,953	240 7846,931	200 6905,350
2. Кількість найменувань виливків	шт.	10	10	8	8
3. Чисельність працюючих:					
– усього	чол.	141			
– із них робітників	чол.	71	70	49	48
4. Загальна площа цеху:					
– усього	м ²	3744			
– із них виробнича	м ²	1974	1974	1316	1316

Продовження таблиці 7.13

1	2	3	4	5	6
5. Вартість основних фондів – усього – із них обладнання	тис. грн. тис. грн.	6158,32 2784,757	4921,932 3065,263	4172,547 1909,261	3346,323 2245,873
6. Продуктивність праці – одного працюючого – одного робітника	т. чол. т. чол.	4,3 5,1	2,13 4,3	4,2 4,9	1,42 4,2
7. Випуск литва 1 м ² виробничої площі	т	0,18	0,15	0,18	0,15
8. Вихід придатного	%	59,32	58,12	65,14	65,01
9. Фондовіддача	грн./чол.	4,6	4,2	1,9	1,7
10. Фондоозброєність	грн./чол.	43676,03	56392,38	29592,53	31668,47
11. Середня місячна заробітна плата – одного робітника – одного працюючого	грн. грн.	1856,68 1576,31	1850,36 1570,25	1856,26 1591,86	1757,96 1507,56
12. Цехова собівартість 1т литва	грн.	79947,23	80216,51	32695,55	34526,75
13. Відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання	%	388	424	374	394
14. Відсоток цехових витрат	%	270	281	260	270
15. Строк окупності капітальних вкладень	рік	2,6	-	2,8	-
16. Річний економічний ефект	тис. грн.	59,134	-	415,944	-

7.4 Висновки

В організаційно-економічній частині дипломного проекту проведено розрахунок собівартості продукції ливарного цеху кольорового лиття. Собівартість латунного литва складає – 28781,003 тис. т, алюмінієвого – 7846,931 тис. т. Собівартість 1 т придатного – 79947,23 для латунного потоку литва, та 32695,55 – для алюмінієвого потоку.

Проведено розрахунок потреби в основних та допоміжних матеріалах, вартості основних фондів цеху, чисельності працюючих і їх заробітної плати. При цьому отримано такі техніко-економічні показники: випуск лиття з 1 м² виробничої площі – 0,18 т; приріст продуктивності праці одного працюючого –

21,1 (для латуні), 20 (для алюмінію) %. Строк окупності – 2,5, та 2,6 року для латуні та алюмінію відповідно.

ВИСНОВОК

Відповідно до завдання на дипломування спроектовано ливарний цех кольорового литва електровозоремонтного заводу з випуском 600 тон виливків на рік.

У загальній частині пояснювальної записки приведені розрахунки виробничої програми цеху, вибір і розрахунки обладнання основних виробничих відділень, площі складів і допоміжних відділень цеху.

Обрано основні будівельні елементи і конструкції виробничого і адміністративно-побутового будинків, а також системи опалення, водопостачання, вентиляції, каналізації і освітлення цеху. Розроблено норми проектування адміністративно-побутових приміщень.

Зроблено розрахунок річної потреби цеху в електроенергії, стиснутому повітрі, воді для технічних і побутових потреб, а також паливі і парі для опалення.

Виконано розрахунок основних технологічних параметрів лиття під тиском. Розроблено технологічний процес виготовлення виливків лиття під тиском.

Приведено опис призначення, конструкції і принципу роботи каналної печі, а також технології виготовлення футеровки каналної печі ІЛК – 0,4/0,16. Визначено геометричні розміри ванни, виконано тепловий розрахунок печі і розрахунок індукційної одиниці.

В організаційно-економічній частині проведено розрахунок потреби в основних і допоміжних матеріалах, вартості основних фондів цеху, чисельності працюючих і їх заробітної плати, собівартості продукції. Визначено основні техніко-економічні показники. Строк окупності додаткових капітальних вкладень.

Розроблено заходи щодо охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Туманський Б.Ф. Проектування ливарних цехів: Навч. посібник . – К.: НМК ВО, 1992. – 188 с.
2. Пелих В.Ф., Пономаренко О.І. Вибір та розрахунок обладнання плавильних відділень ливарних цехів: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 224 с.
3. Логинов И.З. Проектирование литейных цехов. – Минск: Вышэйш. школа, 1975. – 320.
4. Основы проектирования литейных цехов и заводов: Учебник / Б.В. Кнорре, Л.И. Фанталов, С.И. Четверухин и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.
5. Скоров Б.М. Гражданские и промышленные здания: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1978. – 439 с.
6. Дятков С.В. Архитектура промышленных зданий: Учебн. пособие для строит. Вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1984. – 415 с.
7. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Спеціальні методи лиття», практичних робіт з дисципліни «Проектування та виробництво оснастки» та дипломного проектування для студентів спеціальностей 8.09025 «Обладнання ливарного виробництва» та 8.090403 «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів». Укладачі – В.М. Юзвак, В.І. Мінакова, А.А. Шаломєєв – Запоріжжя: ЗДТУ, 1998 – 48 с.
8. Беккер М.Б. Литье под давлением. – Высшая школа, 1985. – 164 с.
9. ГОСТ 19933 – 74 – ГОСТ 19946 – 74. Пресс-формы для литья под давлением из цветных сплавов. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 115 с.
10. Методические указания к выполнению курсового проекта «Индукционные тигельные печи» по дисциплине «Теплотехника и энергетика» для студентов специальности 1106 «Литейное производство черных и цветных металлов» Сост. А.А. Шерстюк. – Запорожье: ЗМИ, 1990. – 44 с.

11. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

12. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН 245 – 63). Госстрой СССР, 1963.

13. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічного розділу дипломних проектів для студентів спеціальностей 7.090205 «Обладнання ливарного виробництва» та 7.090403 «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів». / Укладачі – І.І. Азаров, Л.В. Жупіна, Т.А. Антонечко. – Запоріжжя: ЗТДУ, 2005. – 34 с.