

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

_____ магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: *«Проект цеху алюмінієвого литва потужністю 3300 т та дослідження динаміки теплопередачі в газовому зазорі коклю при литті корпусу насоса НШ 32»*

Виконав: магістрант ІІ курсу, групи ОЛ-20М-1,4
напряму підготовки 13 Механічна інженерія
спеціальності 131 Прикладна механіка
спеціалізація: "Обладнання та технології ливарного виробництва"

Магістрант _____ Олесь ІЗОВІТА

Науковий керівник: _____ Віктор ЛОМАКІН

Консультант:
з економічної частини _____ Наталія СИСОЛІНА

Допустити до захисту: _____ Володимир КРОПІВНИЙ

Рецензент: _____

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ механіко-технологічний _____

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

Напрямок підготовки _____ прикладна механіка _____

Спеціальність _____ 131 – Прикладна механіка _____

Затверджую:

Завідувач кафедри к.т.н., проф. Кропівний В. М.

« 2 » _____ серпня _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студенту

Ізовіті Олесю Леонідовичу

Тема магістерської роботи: «Проект цеху алюмінієвого литва потужністю 3300 т та дослідження динаміки теплопередачі в газовому зазорі кокілю при литті корпусу насоса НШ 32», затверджена наказом по університету від 2 серпня 2021 р., № 17-13.

1. Термін захисту студентом закінченої роботи: 24.12.2021 р.
2. Вихідні дані до роботи:
 - завдання на магістерську роботу;
 - матеріали переддипломної практики;
 - державні стандарти та технічні нормативи.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити):
 - загальна частина;
 - технологічна частина;
 - наукова частина (магістерська робота);
 - енергетична частина;
 - економічна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - план цеху;
 - деталь «Корпус НШ 32» з нанесеною технологією;
 - ліва половина кокілю;
 - права половина кокілю;
 - кокіль в зборі;
 - стрижень.

6. Консультанти по роботі із зазначенням розділів, що стосуються їх:

Частина	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Загальна частина	Ломакін В. М.		
Технологічна частина	Ломакін В. М.		
Наукова частина	Ломакін В. М.		
Енергетична частина	Ломакін В. М.		
Економічна частина	Сисоліна Н. П.		

7. Дата видачі завдання: 2.08.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Розрахунок по загальній частині	24.09.2021	
Креслення плану цеху	30.09.2021	
Розрахунок по технологічній частині	15.10.2021	
Креслення по технологічній частині	28.10.2021	
Наукова частина (магістерська робота)	25.11.2021	
Енергетична частина	6.12.2021	
Економічна частина	10.12.2021	
Оформлення пояснювальної записки	15.12.2021	
Оформлення рецензії	20.12.2021	
Захист магістерської роботи	22.12.2021	

Студент _____ Ізовіта О. Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ломакін В. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			ДП – 131.21.11.00.00.00.00	Пояснювальна записка	1	
				<u>Креслення</u>		
A1			ДП – 131.21.11.01.01.00.00	План цеху	1	
A1			ДП – 131.21.11.02.01.00.00	Технологічні вказівки	1	
A1			ДП – 131.21.11.02.02.00.00	Ліва половина кокілю	1	
A1			ДП – 131.21.11.02.03.00.00	Права половина кокілю	1	
A0			ДП – 131.21.11.02.04.00.00	Кокіль в зборі	1	
A2			ДП – 131.21.11.02.05.00.00	Стрижень	1	
A4				Специфікація	2	
					ДП – 131.21.11.00.00.00.00 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив		Ізовіта О.Л.			Відомість проекту	Літера
Перевірів		Ломакін В.М.				Аркуш
						Аркушів
Н. Контр.		Ломакін В.М.			ЦНТУ	
Затвердив		Кропівний В.М.			гр. ПМ (ОЛ) – 20М	

Анотація

стор. 138, рис. 23, табл. 43, бібліографічних назв 16

ПРОЕКТ, АЛЮМІНІЙ, ПРОГРАМА, ІНДУКЦІЙНА ПІЧ, ПЛАВКА,
КОКІЛЬ, КОКІЛЬНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЯ, ВИЛИВОК,
ЗАТВЕРДІННЯ, ГАЗОВИЙ ЗАЗОР, ОПТИМІЗАЦІЯ

Виконано проект цеху алюмінієвого литва за номенклатурою ПрАТ «Гідросила» з річною продуктивністю 3300 т придатних виливків.

При виконанні проекту застосовані сучасні технологічні процеси виготовлення виливків та устаткування, що дало можливість забезпечити річний випуск придатних литих виробів.

Розроблена технологія виготовлення виливки корпусу насоса НШ 32 із застосуванням лиття в кокіль.

В науковій частині роботи сформульована теплова задача та виконано моделювання затвердіння виливки корпусу насоса НШ 32 в кокіль. За допомогою комп'ютерних розрахунків визначена кінетика затвердіння виливки та динаміка теплопередачі в газовому зазорі кокілью. На підставі отриманих даних оптимізовано технологію лиття корпусу насоса НШ 32 в кокілях на карусельній восьмипозиційній кокільній машині моделі 59K815.

Розрахована економічна частина проекту.

					ДП - 131.21.11.00.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Анотація		
Перевір.		Ломакін В.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Ломакін В.М.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ЦНТУ, ПМ (ОЛ)–20М		

ЗМІСТ

Стор.

Вступ.....	8
1. Загальна частина	9
1.1. Розрахунок фондів часу та виробничої програми	9
1.2. Розрахунок плавильного відділення	16
1.3. Розрахунок дільниці лиття в кокіль	41
1.4. Розрахунок очисного обладнання	47
1.5. Розрахунок відділення термічної обробки	52
2. Технологічна частина	56
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок	56
2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення виливки	58
2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи	63
2.4. Технологічний процес виготовлення виливки	69
2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки	71
2.6. Аналіз ливникової системи	74
3. Наукова частина (магістерська робота). Дослідження динаміки теплопередачі в газовому зазорі кокілю при литті корпусу насоса НШ 32	76
3.1. Формулювання теплової задачі затвердіння корпусу насоса НШ 32 в кокілі	76
3.2. Моделювання теплової задачі затвердіння корпусу насоса НШ 32 в кокілі	78
3.3. Теоретичний аспект утворення газового зазору в кокілі	82

					ДП-131.21.11.00.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.		Ізовіта О.Л.					
Перевір.		Ломакін В.М.					
Т. контр.							
Н. контр.		Ломакін В.М.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					ЦНТУ, ПМ (ОЛ)–20М		

3.4. Розробка методики розрахунку затвердіння виливки корпусу насоса НШ 32 в кокілі	85
3.5. Розрахунок на ЕОМ температурного поля, кінетики кристалізації виливки корпусу насоса НШ 32 та динаміки теплопередачі в газовому зазорі	96
3.6. Оптимізація технологічного процесу лиття корпусу насоса НШ 32	101
4. Енергетична частина	104
4.1. Річна потреба цеху в стисненому повітрі	104
4.2. Річна потреба цеху в електроенергії	104
4.3. Річна потреба цеху у воді	106
5. Економічна частина	107
5.1. Капітальні вкладення	107
5.2. Техніко-економічна частина	111
5.3. Фонди заробітної плати працівників	121
5.4. Калькуляція собівартості тони рідкого металу	124
5.5. Калькуляція собівартості тони придатних виливків	127
5.6. Техніко-економічні показники спроектованого цеху алюмінієвого литва	130
Висновки	132
Список літератури	133
Додатки	135

					ДП-131.21.11.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Розвиток ливарного виробництва обумовлений створенням нових технологічних процесів і обладнання, які дозволяють зменшити витрати матеріалів та енергії, підвищити продуктивність праці і якість литих виробів [1].

Для ливарного виробництва характерна різноманітність способів лиття, технологічних процесів, обладнання, пристроїв і матеріалів. Загальною тенденцією розвитку ливарного виробництва в Україні стало зростання виготовлення виливків із високоміцного чавуну та кольорових сплавів. Це є відображення загальносвітової тенденції, коли на провідних ливарних заводах Європи, Китаю, Північної Америки і Японії зростання виробництва виливків із зазначених матеріалів досягло 25-30% [2].

Алюмінієві ливарні сплави, зокрема силуміни, досить ефективний, не дорогий і практичний матеріал. Виливки із алюмінієвих сплавів характеризуються відсутністю корозії, легкістю, а міцність таких виробів не поступається міцності сірого чавуну [3]. Саме тому спостерігається невинне щорічне зростання виробництва алюмінієвого литва на підприємствах Кіровоградської області, зокрема в ливарному цеху ПрАТ “Гідросила”.

В загальній частині даної магістерської роботи виконано проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 3,3 тис. т придатних виливків із застосуванням карусельних кокільних машин.

В технологічній частині роботи розроблена технологія виготовлення виливки корпусу насоса НШ 32 в кокіль з вертикальним роз'ємом. Виконано усі необхідні креслення.

В спеціальній науковій частині роботи досліджено вплив динаміки теплопередачі в газовому зазорі, між стінкою кокілю і тілом виливки на кінетику затвердіння останнього. Оптимізовано технологію лиття корпусу насоса НШ 32.

					ДП-131.21.11.00.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Вступ		Літ.	Арк.
Перевір.		Ломакін В.М.						Аркуші
Т. кон								
Н. контр.		Ломакін В.М.					ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ)–20М	
Затверд.		Кропівний В.М.						

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Згідно із завданням, отриманим для виконання магістерської роботи, потужність ливарного цеху алюмінієвого литва становить 3300 т придатних виливків на рік.

Для складання виробничої програми цеху були взяті дані, отримані під час проходження переддипломної практики, а також номенклатура виливків ПрАТ «Гідросила».

Завдання для складання виробничої програми цеху алюмінієвого литва наведено в табл. 1.1.

1.1. Розрахунок фондів часу та виробничої програми

Приймаємо середньосерійний тип виробництва з двохзмінним неперервним режимом роботи ливарного цеху.

1.1.1. Розрахунок дійсних фондів часу роботи обладнання та робітників

Розраховуємо календарний фонд часу роботи обладнання та робітників [4]:

$$\Phi_K = n \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік}, \quad (1.1)$$

де $n = 365$ – кількість діб у році.

Номінальний фонд часу на одну зміну:

$$\Phi_H = 40 \cdot 52 - 8 \cdot T_{\text{св}} - 1 \cdot T_{\text{пд}}, \quad (1.2)$$

де 40 – кількість робочих годин за тиждень;

52 – кількість тижнів на рік;

$T_{\text{св}}=10$ – кількість святкових днів, що не співпадають з вихідними;

					ДП-131.21.11.01.01.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Загальна частина		Літ.	Арк.
Перевір.		Ломакін В.М.						Акрушів
Реценз.								
Н. Контр.		Ломакін В.М.					ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М	
Затверд.		Кропівний В.М.						

Таблиця 1.1

Завдання для складання виробничої програми цеху алюмінієвого литва

№ п/п	Назва вилив- ків	Позначення	Маса, кг		Брак, %	Плановий випуск на рік, шт. *	Сплав
			Вилив- ки	ЛЖС			
1	Корпус	НШ 10У-3-02	1,08	0,432	5,0	251460	АК5М2Ц4
2	Корпус т/у	НП 90-04-001	0,302	0,121	10,0	51480	АК5М2Ц4
3	Корпус	НП 90-05-004	0,545	0,218	4,0	11880	АК5М2Ц4
4	Кришка верхня	НП 90-05-001	0,376	0,151	5,0	10560	АК5М2Ц4
5	Кришка нижня	НП 90-05-100	0,79	0,316	6,0	9900	АК5М2Ц4
6	Кришка	НШ 250-4-03	4,368	1,747	4,0	1188	АК5М2Ц4
7	Корпус	НШ 32УК-3-00-02А	2,153	0,861	5,5	300960	АК5М2Ц4
8	Корпус	НШ 32УКП-0-01-00-01	2,256	0,902	5,5	7920	АК5М2Ц4
9	Корпус	НШ 50УК3-3-02	2,9	1,16	4,5	126720	АК5М2Ц4
10	Кришка задня	НШ 10Г-3-04	0,445	0,178	4,0	59400	АК5М2
11	Кришка	НШ 20М-4-01-01-01 (35М-4)	1,278	0,511	3,5	7920	АК5М2
12	Кришка	НШ 20М-4-01-01-16 (50М-4)	1,549	0,6196	3,5	29700	АК5М2
13	Кришка	НШ 100-3-02	2,094	0,838	2,0	100320	АК5М2
14	Кришка	НШ 32УК-3-00-01 (кокільна)	1,308	0,523	3,0	89100	АК5М2
15	Кришка	МШД 28Д-00-03	1,207	0,483	10,0	3960	АК5М2
16	Кришка	МШД 28Д-00-04	1,16	0,47	10,0	3960	АК5М2
17	Корпус фільтра	ФВ 10-00-01	0,917	0,367	10,0	10560	АК5М2
18	Кришка	НШ 10ДБ ліва	0,26	0,11	10,0	202356	АК5М2
19	Кришка	НШ 10ДБ права	0,26	0,11	10,0	89971	АК5М2
20	Кришка ліва	НШ 32УК-3-00-01 (ЛПТ)	0,58	0,23	6,0	200878	АК5М2
21	Кришка права	НШ 32УК-3-00-01 (ЛПТ)	0,58	0,23	6,0	74765	АК5М2
22	Корпус	НШ 100-3-01	7,78	3,11	4,5	4273	АК5М2

ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ

Арк.

Таблиця 1.1 (продовження)

23	Корпус	НШ 250-2-01	20,92	8,37	7,3	1452	AK5M2
24	Обойма підтискна	НШ 250-3-02	16,46	6,58	6,0	792	AK5M4MгМц
25	Обойма підшипникова	НШ 100-3-05	4,876	1,951	3,5	52140	AK5M4MгМц
26	Обойма підшипникова	НШ 50-3-03	2,064	0,826	3,0	31416	AK5M4MгМц
27	Обойма підшипникова	НШ 32-3-03	1,696	0,678	3,0	61248	AK5M4MгМц
28	Обойма підшипникова	НШ 250-4-05	14,2	5,68	6,0	792	AK5M4MгМц
29	Корпус	НШ 20М-4-01-01-01 (35М-4)	1,957	0,783	5,0	9900	AK5M4MгМц
30	Корпус	НШ 20М-4-01-01-16 (50М-4)	2,315	0,926	3,5	26730	AK5M4MгМц
31	Втулка права	НШ 63Г-4-01-01-01	0,624	0,249	10,0	3960	AK8M3ч
32	Втулка ліва	НШ 63Г-4-02-01-01	0,624	0,249	10,0	3960	AK8M3ч
33	Корпус	НШ 63Г-4-00-02-07	8,532	3,413	7,0	1914	AK8M3ч
34	Корпус	НШ 63Г-4-00-02-11	10,65	4,26	10,0	1584	AK8M3ч

ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ

Арк.

$T_{\text{пд}}=8$ – кількість передсвяткових днів;

1 і 8 – кількість годин.

$$\Phi_{\text{н}} = 40 \cdot 52 - 8 \cdot 10 - 1 \cdot 8 = 1992 \text{ год/рік} \quad (1.3)$$

Номінальний фонд часу за рік при двохзмінному режимі роботи:

$$\Phi'_{\text{н}} = \Phi_{\text{н}} \cdot 2 = 1992 \cdot 2 = 3984 \text{ год/рік}, \quad (1.4)$$

де 2 – кількість змін на один робочий день.

Дійсний фонд роботи обладнання на рік:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi'_{\text{н}} \cdot (1 - k), \quad (1.5)$$

де k – втрати робочого часу роботи обладнання.

Фактичний фонд роботи обладнання у дві зміни на рік:

- плавильне обладнання

$$\Phi_{\text{д, пл}} = 3984 \cdot (1 - 0,06) = 3745 \text{ год/рік} \quad (1.6)$$

- кокільні машини

$$\Phi_{\text{д, кок}} = 3984 \cdot (1 - 0,09) = 3625 \text{ год/рік} \quad (1.7)$$

- обрубно-очисне обладнання

$$\Phi_{\text{д, оч}} = 3984 \cdot (1 - 0,09) = 3625 \text{ год/рік} \quad (1.8)$$

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ремонтне обладнання

$$\Phi_{\text{д, пл}} = 3984 \cdot (1 - 0,11) = 3546 \text{ год/рік} \quad (1.9)$$

Фактичний фонд роботи працівників у дві зміну на рік:

$$\Phi_{\text{д, пр}} = 3984 \cdot (1 - 0,12) = 3506 \text{ год/рік} \quad (1.10)$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Відомість фактичних фондів часу на рік

№ п/п	Група обладнання	Ном. фонд часу на 1 зміну на рік	Кількість змін	Коеф. втрат часу обладнання, %	Дійсний фонд часу роботи обладнання, год		Коеф. втрат часу робітників, %	Дійсний фонд часу роботи працівників, год	
					На 1 зм.	За рік (2 зміни)		На 1 зм.	За рік (2 зміни)
1	Плавильне обладнання	1992	2	6	1873	3745	12	1753	3506
3	Кокільні машини і верстати	1992	2	9	1813	3625	12	1753	3506
4	Обрубно – очисне обладнання	1992	2	9	1813	3625	12	1753	3506
5	Ремонтне обладнання	1992	2	11	1773	3546	12	1753	3506

1.1.2. Розрахунок виробничої програми ливарного цеху

Виробничу програму цеху алюмінієвого лиття приведено в таблиці 1.3.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3

Розрахунок виробничої програми ливарного цеху алюмінієвого литва

№ п/п	Назва відливка	Позначення	Вихідні дані							Кількість відливоків, шт.					Маса відливоків, кг			Маса литників на річний випуск, кг	Маса рідкого металу на річний випуск відливок, кг	Кількість заливок (залівок)	Вид сплаву
			Кількість відливоків у групі на виріб, штук	Кількість виробів на програму, штук	Відсоток запасних частин, %	Відсоток браку відливоків%	Чорнова маса одного відливка, кг	Чорнова маса ливникової системи, кг	Кількість відливоків у формі, штук	На річну програму основної продукції	На запасні частини	Всього на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск	Загальна на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск				
1	Корпус	НШ 10У	1	314325	0	5	1,08	0,432	2	314325	0	314325	15716	330041	339471	16974	356445	142578	499023	165021	АК5М2Ц4
2	Корпус т/у	НП 90	1	64350	0	10	0,335	0,121	8	64350	0	64350	6435	70785	20555	3159	23714	7965	31679	8846	
3	Корпус	НП 90	1	14850	0	4	0,545	0,218	4	14850	0	14850	594	15444	8094	324	8418	3366	11784	3861	
4	Кришка верхня	НП 90	1	13200	0	5	0,376	0,151	8	13200	0	13200	660	13860	4964	249	5213	2093	7306	1733	
5	Кришка нижня	НП 90	1	12375	0	6	0,79	0,316	4	12375	0	12375	743	13118	9776	586	10362	4145	14507	3280	
6	Кришка	НШ 250	1	1485	0	4	4,368	1,747	1	1485	0	1485	60	1545	6486	260	6746	2698	9444	1545	
7	Корпус	НШ 32УК	1	376200	0	5,5	2,153	0,861	1	376200	0	376200	20690	396890	809959	44548	854507	341724	1196231	396891	
8	Корпус	НШ 32УКП	1	9900	0	5,5	2,256	0,902	1	9900	0	9900	545	10445	22335	1229	23564	9421	32985	10445	
9	Корпус	НШ 50УЗ	1	158400	0	4,5	2,9	1,16	1	158400	0	158400	7128	165528	459360	20671	480031	192010	672041	165528	
	Всього для сплаву									965085	0	965085	52571	1017656	1681000	88000	1769000	706000	2475000	757150	АК5М2
10	Кришка задня	НШ 10Г	1	74250	0	4	0,445	0,178	4	74250	0	74250	2970	77220	33041	1321	34362	13745	48107	19305	
11	Кришка	НШ 20М	1	9900	0	3,5	1,278	0,511	2	9900	0	9900	346	10246	12653	443	13096	5236	18332	5123	
12	Кришка	НШ 20М	1	37125	0	3,5	1,549	0,6196	2	37125	0	37125	1300	38425	57506	2013	59519	23808	83327	19213	

13	Кришка	НШ 100	1	125400	0	2	2,094	0,838	1	125400	0	125400	2508	127908	263257	5794	269051	107404	376455	127908	AK5M2
14	Кришка	НШ 32УК	1	111375	0	3	1,308	0,523	1	111375	0	111375	3341	114716	145679	4370	150049	59996	210045	114716	
15	Кришка	МШД 28Д	1	4950	0	10	1,207	0,483	2	4950	0	4950	495	5445	5975	598	6573	2630	9203	2723	
16	Кришка	МШД 28Д	1	4950	0	10	1,16	0,47	2	4950	0	4950	495	5445	5743	574	6317	2559	8876	2723	
17	Корпус фільтра	ФВ 10	1	13200	0	10	0,917	0,367	4	13200	0	13200	1320	14520	12105	1210	13315	5329	18644	3630	
18	Кришка	НШ 10ДБ ліва	1	252945	0	10	0,26	0,11	8	252945	0	252945	25295	278240	65766	6576	72342	30606	102948	34779	
19	Кришка	НШ 10ДБ права	1	112464	0	10	0,26	0,11	8	112464	0	112464	11246	123710	29240	2924	32164	13608	45772	15463	
20	Кришка ліва	НШ 32УК	1	251098	0	6	0,58	0,23	6	251098	0	251098	15066	266164	146305	9283	155588	61635	217223	44361	
21	Кришка права	НШ 32УК	1	93456	0	6	0,58	0,23	6	93456	0	93456	5608	99064	54205	3253	57458	22785	80243	16511	
22	Корпус	НШ 100	1	5341	0	4,5	7,78	3,11	1	5341	0	5341	240	5581	41555	1870	43425	17359	60784	5581	
23	Корпус	НШ 250	1	1815	0	7,3	20,92	8,37	1	1815	0	1815	133	1948	37970	2771	40741	16300	57041	1948	AK5M4MГM
	Всього для сплаву									1098269	0	1098269	70363	1168632	911000	43000	954000	383000	1337000	413984	
24	Обойма підтискна	НШ 250	1	990	0	6	16,46	6,58	1	990	0	990	60	1050	16295	978	17273	6905	24178	1050	
25	Обойма підшипникова	НШ 100	1	65175	0	3,8	4,876	1,951	1	65175	0	65175	2281	67456	317179	11933	329112	128063	457175	67456	
26	Обойма підшипникова	НШ 50	1	39270	0	3	2,064	0,826	1	39270	0	39270	1178	40448	81054	2431	83485	33410	116895	40448	
27	Обойма підшипникова	НШ 32	1	76560	0	3	1,696	0,678	1	76560	0	76560	2296	78856	129846	3895	133741	53465	187206	78856	
28	Обойма підшипникова	НШ 250	1	990	0	6	14,2	5,68	1	990	0	990	60	1050	14058	844	14902	5960	20862	1050	
29	Корпус	НШ 20М	1	12375	0	5	1,957	0,783	1	12375	0	12375	618	12993	24218	1211	25429	10174	35603	12993	
30	Корпус	НШ 20М	1	33413	0	3,5	2,315	0,926	1	33413	0	33413	1170	34583	77350	2708	80058	32023	112081	34583	
	Всього для сплаву									228773	0	228773	7663	236436	660000	24000	684000	270000	954000	236436	
31	Втулка права	НШ 63Г	1	4950	0	10	0,624	0,249	4	4950	0	4950	495	5445	3089	309	3398	1356	4754	1361	AK8M3ч
32	Втулка ліва	НШ 63Г	1	4950	0	10	0,624	0,249	4	4950	0	4950	495	5445	3089	309	3398	1356	4754	1361	
33	Корпус	НШ 63Г	1	2393	0	7	8,532	3,413	1	2393	0	2393	168	2561	20573	1351	21924	8374	30298	2561	
34	Корпус	НШ 63Г	1	1980	0	10	10,65	4,26	1	1980	0	1980	197	2177	21249	2031	23280	8914	32194	2177	
	Всього для сплаву									14273	0	14273	1355	15628	48000	4000	52000	20000	72000	7460	
	Всього									2306400	0	2306400	131952	2438352	3300000	159000	3459000	1379000	4838000	1415030	

1.2. Розрахунок плавильного відділення

Для плавки алюмінієвих сплавів АК5М2Ц4, АК5М2, АК5М7Мц, АК8М3ч приймаємо індукційну тигельну піч типу ІСТ-1/0,8. Такі печі найчастіше застосовують для плавки алюмінієвих сплавів в цехах алюмінієвого литва [5]. При цьому втрати металу на угар невеликі, а також вони задовольняють санітарно-гігієнічним умовам праці.

В таблиці 1.4 показано хімічний склад сплавів, що виплавляються в цеху.

Таблиця 1.4

Хімічний склад сплавів

Сплав	Cu	Zn	Mg	Si	Mn	Fe	Ti
АК5М2Ц4	1,5-3,5	6,0-8,0	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	1,0-1,3	0,05-0,20
АК5М2	1,5-3,5	до 1,5	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	1,0-1,3	0,05-0,20
АК5М7Мц	6,0-8,0	до 1,5	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	до 1,3	0
АК8М3ч	2,5-3,5	0,5-1,0	0,3-0,5	7,0-8,0	до 0,5	до 0,4	0,1-0,25

Як правило, попередньо розплавляють шихтові матеріали, які містять основний компонент сплаву, а потім в цей розплав вводять інші компоненти шихти.

Якщо метали, які входять в склад шихти, сильно відрізняються по температурі плавлення та хімічній активності по відношенню до газів, футеровки та флюсів, а попередити взаємодію розплаву неможливо, то одночасне завантаження їх в піч недопустиме оскільки це приведе до великих втрат та випаровування, окислення та забруднення розплаву.

Легколетючі, та компоненти, що легко окислюються вводять в розплав в останню чергу перед розливкою.

Одним із заходів зниження втрат металу на випаровування є введення легколетючих компонентів сплаву у вигляді лігатур. Лігатури з тугоплавкими та важкорозчинними елементами розчиняються в розплаві значно легше, ніж інші

компоненти. Це надає можливість виключити перегрів розплаву та зменшити витримку його при високій температурі.

При виготовленні сплавів частину компонентів, які не змішуються в рідкому стані або схильні до ліквідації за густиною, обирають таку послідовність завантаження, щоб складові шихти, що вміщують компоненти, які не змішуються та ліквують, вводять в останню чергу безпосередньо перед розливкою. Такий порядок завантаження забезпечує отримання найбільш однорідних сплавів.

Перед плавкою необхідно підготувати тигель. Підготовка тигля проводиться в наступному порядку:

- перед установкою в плавильну піч тигель очищують на галтовочній установці від пригорівшої суміші та інших включень;
- тигель встановлюють за допомогою електроталі в піч;
- вмикають піч та нагрівають тигель до температури 150 – 180 ° С;

Склад вогнетривкого покриття, що наноситься на тигель повинен відповідати складу наведеному в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Склад покриття для тигля

Найменування компонента	Склад покриття № 1	Найменування компоненту	Склад покриття № 2
Вода технічна	14 об'ємів	Окис цинку	250 г
Сіль поварена NaCl	3 об'ємів	Рідке скло	100 г
Сіль калійна KCl	1 об'ємів	Вода технічна	1 л
Криоліт Na_3AlF_6	1 об'ємів	—	—

Приготування вогнетривкого покриття проводять в наступному порядку:

- в ємкість для приготування покриття треба налити воду, підігріту до температури 40-50 ° С;
- в воді розчинити поварену сіль; розчинення проводити в мішку;
- засипати хлоритстий калій та криоліт;

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перед використанням покриття ретельно перемішати до повного розчинення осаду;

Нанесення вогнетривкого покриття проводиться в такій послідовності :

- після нанесення першого шару покриття товщиною 0,2–0,3 мм за допомогою кисті КФ – 62 ГОСТ 10597 – 87, тигель просушити при температурі 180–200 °С;
- при цій температурі нанести другий шар покриття товщиною 0,8–1,2 мм методом обмазки;
- підняти температуру в печі до 750 °С. При цій температурі тигель прожарити на протязі 0,5 години.
- після кожної розливки тигель слід чистити не порушуючи цілісність покриття.

Для очищення сплаву перед розливкою від газових та неметалевих включень, щоб запобігти утворенню газових раковин та інших ливарних дефектів, проводять рафінування з використанням Пробат-флюса АЛ224. Пробат-флюс АЛ224 представляє собою світло-білий порошок без запаху. Порядок проведення рафінування наступний:

- провести відбір флюса спеціальною міркою (рис. 1.1). Для первинного рафінування алюмінієвих сплавів використовувати навіску 0,400 кг, а для повторного 0,200 кг;

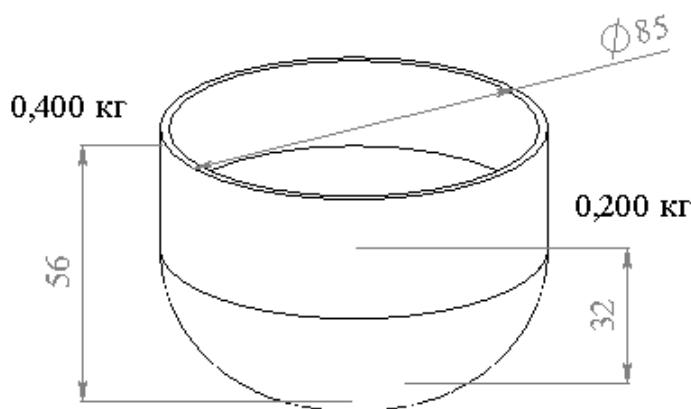


Рис. 1.1. Мірка для відбору флюсу

- загорнути навіску в папір у вигляді конверта. Слідкувати за тим щоб товщина конверта не перевищувала 10 мм (рис. 1.2);

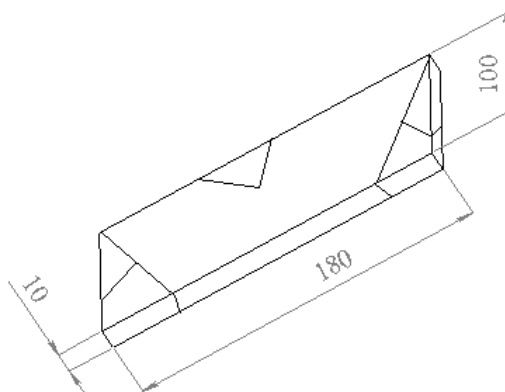


Рис. 1.2. Навіска флюсу загорнута в папір

- підготувати плавильний інструмент до рафінування: поринальний дзвоник, зчищалка повинні бути пофарбовані вогнетривкою фарбою на основі окису цинку та ретельно просушені, виливниці для збору шлаку повинні бути очищені та просушені;
- помістити навіску флюсу в поринальний дзвоник (рис. 1.3)

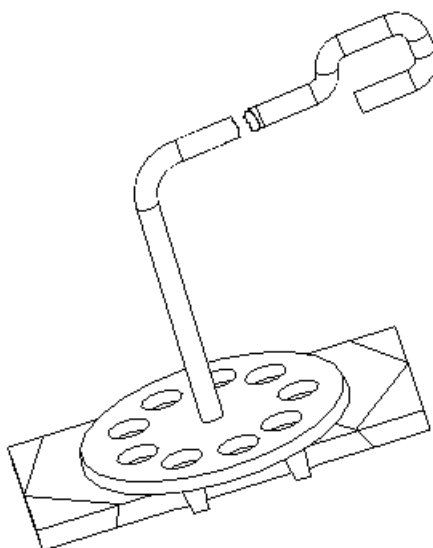


Рис. 1.3 Дзвоник з навіскою флюсу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ

Арк.

19

- поринальний дзвоник з флюсом вводити в середину ванни з металом на глибину 50–100 мм від дна ванни, температура металу при цьому повинна бути 720–730 °С.
- при рафінуванні виконувати рухи поринальним дзвоник по спіралі від центра до перефірій та в зворотньому напрямку, а також знизу до гори на протязі 5–8 хвилин;
- по закінченню рафінування поринальний дзвоник витягти з розплаву та ретельно очистити. Закінченням рафінування вважати зупинення кипіння металу;
- після рафінування розплав витримати на протязі 10-15 хвилин;
- поверхню сплаву ретельно очистити від шлаку зчищалкою. Шлак зібрати в підготовлену виливницю;
- провести розливку металу;
- в випадку вистоявання сплаву після рафінування більше 60 хвилин провести повторне рафінування;
- по закінченню роботи вибити шлак з виливниці в спеціально виділену тару.

В результаті плавки частина металу втрачається в результаті утворення шлаку, оксидних плівок та угару. Втрати при плавці алюмінієвих сплавів приведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Втрати при плавці алюмінієвих сплавів

Марка сплаву	Види втрат, %			
	Шлак	Оксидні плівки	Угар	Загальні втрати
AK5M2Ц4	2,000	1,830	1,700	5,530
AK5M4MгМц	4,500		1,600	6,100
AK8M3ч	1,510	0,850	1,300	3,660
AK5M2	3,600		1,400	5,000

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індукційні печі зарекомендували себе як надійні і практичні плавильні установки для ливарного виробництва. При використанні промислової частоти вони особливо ефективні для плавки малорозмірних матеріалів, зокрема, стружки. Чудова рівномірність температури розплаву і його гомогенність є додатковими перевагами.

Електропід індукційна тигельна ІСТ–1/0,8 призначена для розплавлення перегрівання алюмінію та інших сплавів. Плавка кольорових сплавів виконується в графітових тиглях. Технічна характеристика печі наведена в таблиці 1.7. Під зображена на рис. 1.4

Таблиця 1.7

Технічна характеристика індукційної печі ІСТ–1/0,8

Технічний параметр	Показник
Ємкість печі, т:	1,0
Потужність, кВт :	800
Температура перегріву, °С : алюмінію	760
Питома втрата електроенергії на розплавлення та перегрів, кВт·год/т : по. алюмінію	380
Продуктивність при плавці, т/год	0,71

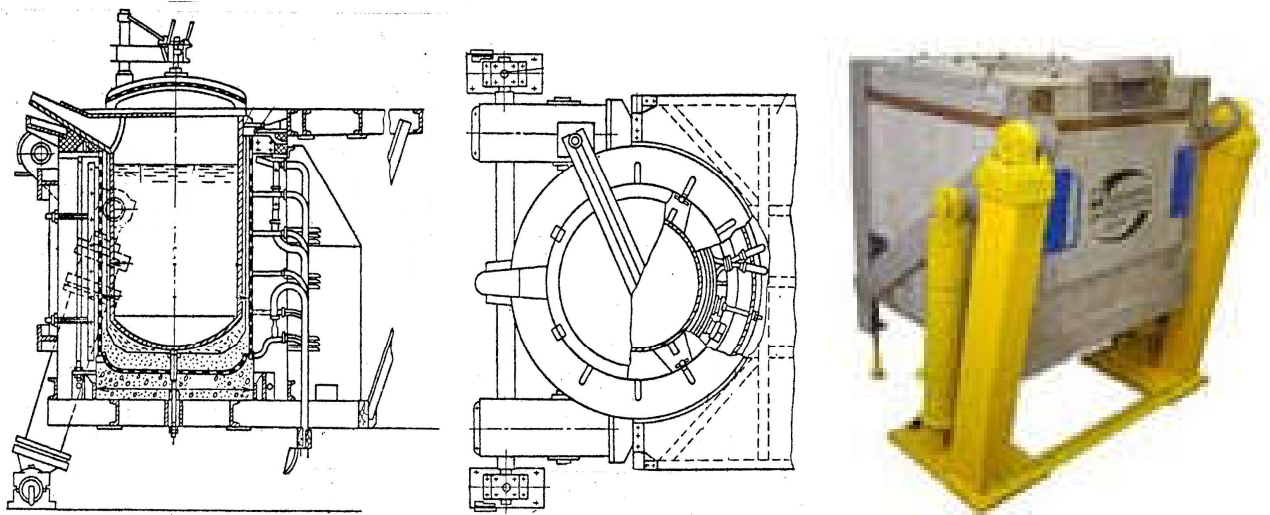


Рис. 1.4. Індукційна тигельна піч ІСТ-1/0,8

На основі розрахунку виробничої програми цеху розраховуємо баланс металу для всього литва, т (табл. 1.8 – 1.16):

$$M = \frac{100 \cdot (П + Л + Б)}{100 - y - z}, \quad (1.11)$$

де П – маса придатного литва,

Л – маса ливників,

Б – маса браку,

y – відсоток угару при плавці, в зв'язку з тим що цей сплав дуже активний до окислення,

z – відсоток зливів, метал що залишається в ковші та іде на переплав.

Розраховуємо баланс металу для литва із сплаву АК5М2Ц4, т

$$M = \frac{100 \cdot (П + Л + Б)}{100 - y - z}, \quad (1.12)$$

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

де Π – маса придатного литва, $\Pi = 1681$ т; (табл.1.3)

$\mathcal{L}$ – маса ливників, $\mathcal{L} = 706$ т; (табл. 1.3)

$\mathcal{B}$ – маса браку, $\mathcal{B} = 88$ т; (табл. 1.3)

y – відсоток угару при плавці, в зв'язку з тим що цей сплав дуже активний до окислення, $y = 1,7\%$.

z – відсоток зливів, метал що залишається в ковші та іде на переплав $z = 3,8\%$.

$$M = \frac{100 \cdot (1681 + 706 + 88)}{100 - 1,7 - 3,8} = 2619 \text{ т} \quad (1.13)$$

Визначаємо кількість придатного литва, ливників та браку, %

$$\mathcal{L}p = \frac{\Pi}{M} \cdot 100 = \frac{1681}{2619} \cdot 100\% = 64,2\%, \quad (1.14)$$

$$\mathcal{L}t = \frac{\mathcal{L}}{M} \cdot 100 = \frac{706}{2619} \cdot 100 = 27\% \quad (1.15)$$

$$\mathcal{B}p = \frac{\mathcal{B}}{M} \cdot 100 = \frac{88}{2619} \cdot 100 = 3,3\% \quad (1.16)$$

Визначаємо масу угару, т

$$y = \frac{y}{100} \cdot M = \frac{1,7}{100} \cdot 2619 = 45 \text{ т} . \quad (1.17)$$

Визначаємо масу зливів, т

$$z = \frac{z}{100} \cdot M = \frac{3,8}{100} \cdot 2619 = 99 \text{ т} \quad (1.18)$$

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = M - Y = 2619 - 45 = 2574 \text{ т} \quad (1.19)$$

Таблиця 1.8

Відомість балансу металу сплаву АК5М2Ц4

Складові балансу	т	%
Придатне литво	1681	64,2
Ливники	706	27
Брак	88	3,3
Угар	45	1,7
Зливи	99	3,8
Всього	2619	100

Розраховуємо баланс металу для литва із сплаву АК5М2, т

$$M = \frac{100 \cdot (П + Л + Б)}{100 - y - z}, \quad (1.20)$$

де П – маса придатного литва, П = 911 т; (табл. 1.3)

Л – маса ливників, Л = 383 т; (табл. 1.3)

Б – маса браку, Б = 43 т; (табл. 1.3)

y – відсоток угару при плавці, в зв'язку з тим що цей сплав дуже активний до окислення, y = 1,4%.

z – відсоток зливів, метал що залишається в ковші та іде на переплав z = 3,6%.

$$M = \frac{100 \cdot (911 + 383 + 43)}{100 - 1,4 - 3,6} = 1407 \text{ т} \quad (1.21)$$

Визначаємо кількість придатного литва, ливників та браку, %

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$П_p = \frac{П}{M} \cdot 100 = \frac{911}{1407} \cdot 100\% = 64,8\%, \quad (1.22)$$

$$Л_т = \frac{Л}{M} \cdot 100 = \frac{383}{1407} \cdot 100 = 27,2\% \quad (1.23)$$

$$Б_p = \frac{Б}{M} \cdot 100 = \frac{43}{1407} \cdot 100 = 3\% \quad (1.24)$$

Визначаємо масу угару, т

$$У = \frac{у}{100} \cdot M = \frac{1,4}{100} \cdot 1407 = 20 \text{ т.} \quad (1.25)$$

Визначаємо масу зливів, т

$$З = \frac{з}{100} \cdot M = \frac{3,6}{100} \cdot 1407 = 50 \text{ т} \quad (1.26)$$

$$Q_p = M - У = 1407 - 20 = 1387 \text{ т} \quad (1.27)$$

Таблиця 1.9

Відомість балансу металу сплаву АК5М2

Складові балансу	т	%
Придатне литво	911	64,8
Ливники	383	27,2
Брак	43	3
Угар	20	1,4
Зливи	50	3,6
Всього	1407	100

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Розраховуємо баланс металу для литва із сплаву АК5М4МгМц , т

$$M = \frac{100 \cdot (П + Л + Б)}{100 - y - z}, \quad (1.28)$$

де П – маса придатного литва, П = 660 т; (табл. 1.3)

Л – маса ливників, Л = 270 т; (табл. 1.3)

Б – маса браку, Б = 24 т; (табл. 1.3)

y – відсоток угару при плавці, в зв'язку з тим що цей сплав дуже активний до окислення, y = 1,6%.

z – відсоток зливів, метал що залишається в ковші та іде на переплав z = 4,5%.

$$M = \frac{100 \cdot (660 + 270 + 24)}{100 - 1,6 - 4,5} = 1016 \text{ т} \quad (1.29)$$

Визначаємо кількість придатного литва, ливників та браку, %

$$П_p = \frac{П}{M} \cdot 100 = \frac{660}{1016} \cdot 100\% = 65\%, \quad (1.30)$$

$$Л_т = \frac{Л}{M} \cdot 100 = \frac{270}{1016} \cdot 100 = 26,6\% \quad (1.31)$$

$$Б_p = \frac{Б}{M} \cdot 100 = \frac{24}{1016} \cdot 100 = 2,3\% \quad (1.32)$$

Визначаємо масу угару, т

$$y = \frac{y}{100} \cdot M = \frac{1,6}{100} \cdot 1016 = 16 \text{ т.} \quad (1.33)$$

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо масу зливів, т

$$З = \frac{3}{100} \cdot M = \frac{4,5}{100} \cdot 1016 = 46 \text{ т} \quad (1.34)$$

$$Q_p = M - Y = 1016 - 16 = 1000 \text{ т} \quad (1.35)$$

Таблиця 1.10

Відомість балансу металу сплаву АК5М4МГМц

Складові балансу	т	%
Придатне литво	660	64,7
Ливники	270	26,8
Брак	24	2,3
Угар	16	1,6
Зливи	46	4,5
Всього	1016	100

Розраховуємо баланс металу для литва із сплаву АК8МЗч , т

$$M = \frac{100 \cdot (П + Л + Б)}{100 - y - z}, \quad (1.36)$$

де П – маса придатного литва, П = 48 т; (табл. 1.3)

Л – маса ливників, Л = 20 т; (табл. 1.3)

Б – маса браку, Б = 4 т; (табл. 1.3)

y – відсоток угару при плавці, в зв'язку з тим що цей сплав дуже активний до окислення, y = 1,3%.

z – відсоток зливів, метал що залишається в ковші та іде на переплав z = 2,7%.

$$M = \frac{100 \cdot (48 + 20 + 4)}{100 - 1,3 - 2,7} = 75 \text{ т} \quad (1.37)$$

Визначаємо кількість придатного литва, ливників та браку, %

$$Pr = \frac{П}{M} \cdot 100 = \frac{48}{75} \cdot 100\% = 64\%, \quad (1.38)$$

$$Лт = \frac{Л}{M} \cdot 100 = \frac{20}{75} \cdot 100 = 26,7\% \quad (1.39)$$

$$Br = \frac{Б}{M} \cdot 100 = \frac{4}{75} \cdot 100 = 5,3\% \quad (1.40)$$

Визначаємо масу угару, т

$$Y = \frac{y}{100} \cdot M = \frac{1,3}{100} \cdot 75 = 1 \text{ т.} \quad (1.41)$$

Визначаємо масу зливів, т

$$З = \frac{з}{100} \cdot M = \frac{2,7}{100} \cdot 75 = 2 \text{ т} \quad (1.42)$$

$$Q_p = M - Y = 75 - 1 = 74 \text{ т} \quad (1.43)$$

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.11

Відомість балансу металу сплаву АК8МЗч

Складові балансу	т	%
Придатне литво	48	64
Ливники	20	26,7
Брак	4	5,3
Угар	1	1,3
Зливи	2	2,7
Всього	75	100

Баланс металу для чотирьох сплавів зводимо в одну таблицю:

Таблиця 1.12

Баланс металу

№ п/п	Компонент	АК5М2Ц4		АК5М2		АК5М4МгМц		АК8МЗч		Всього
		т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	Придатне литво	1681	64,2	911	64,8	660	65	48	64	3300
2	Ливники	706	27	383	27,2	270	26,6	20	26,7	1379
3	Брак	88	3,3	43	3	24	2,3	4	5,3	159
4	Угар	45	1,7	20	1,4	16	1,6	1	1,3	82
5	Зливи	99	3,8	50	3,6	46	4,5	2	2,7	197
	Всього	2619	100	1407	100	1016	100	75	100	5117

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.13

Баланс металу на 1 т придатного литва для сплаву АК5М2Ц4

Компонент	%	т
Придатна частина		
Алюміній вторинний	62,4	0,97
Відходи власного виробництва	35,8	0,56
Механічний брак	1,8	0,03
Всього	100	1,56
Витратна частина		
Ливники	27	0,42
Брак	3,3	0,05
Угар і безповоротні відходи	1,7	0,03
Зливи і сплески	3,8	0,06
Всього відходів	35,8	0,56
Придатне литво	64,2	1
Всього по витратній частині	100	1,56

Таблиця 1.14

Баланс металу на 1 т придатного литва для сплаву АК5М2

Компонент	%	т
Придатна частина		
Алюміній вторинний	69,59	1,07
Відходи власного виробництва	28,61	0,44
Механічний брак	1,8	0,03
Всього	100	1,54
Витратна частина		
Ливники	27,2	0,42
Брак	3	0,05
Угар і безповоротні відходи	1,4	0,02
Зливи і сплески	3,6	0,05
Всього відходів	35,2	0,54
Придатне литво	64,8	1
Всього по витратній частині	100	1,54

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 1.15

Баланс металу на 1 т придатного литва для сплаву АК5М4МцМг

Компонент	%	т
Придатна частина		
Алюміній вторинний	54,93	0,84
Марганцева лігатура	9,7	0,15
Мідна лігатура	5,1	0,08
Магній	0,5	0,01
Відходи власного виробництва	27,97	0,43
Механічний брак	1,8	0,03
Всього	100	1,54
Витратна частина		
Ливники	26,6	0,41
Брак	2,3	0,04
Угар і безповоротні відходи	1,6	0,02
Зливи і сплески	4,5	0,07
Всього відходів	35	0,54
Придатне литво	65	1
Всього по витратній частині	100	1,54

Таблиця 1.16

Баланс металу на 1 т придатного литва для сплаву АК8МЗч

Компонент	%	т
Придатна частина		
Алюміній вторинний	68,61	1,07
Відходи власного виробництва	29,57	0,46
Механічний брак	1,82	0,03
Всього	100	1,56
Витратна частина		
Ливники	26,7	0,42
Брак	5,3	0,08
Угар і безповоротні відходи	1,3	0,02
Зливи і сплески	2,7	0,04
Всього відходів	36	0,56
Придатне литво	64	1
Всього по витратній частині	100	1,56

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Для виплавки сплавів застосовують первинні метали та сплави, лігатури, відходи власного виробництва, брухт, флюси та шлакоутворюючі присадки.

Первинні метали та сплави постачаються у вигляді чушок або катодних листів. Вторинні метали та сплави постачаються також у вигляді чушок. По складу вони наближаються до відповідних марок первинних металів та відрізняються від них підвищеним вмістом домішок.

Відходами власного виробництва в умовах машинобудівного заводу є ливники та випори, стружка та брак виливків.

Лігатури застосовують для введення елементів, які мають дуже відмінні від основного металу температуру плавлення, мають високу пружність і легко піддаються окисленню при температурі плавки, а також в тих випадках, коли введення легуючого компонента супроводжується сильним екзотермічним ефектом, який призводить до значного перегріву сплаву.

Застосовують подвійні, потрійні, а іноді і більш складні лігатури. Склад лігатур, які використовують на даному виробництві приведено в таблиці 1.17. Фізичні властивості лігатур наведені в таблиці 1.18.

Таблиця 1.17

Склад лігатур

Компонент	ДСТУ	Вміст компонента			
		Al+Si	Al+Mn	Al+Ti	Al+Cu
AK5M2	2839-94	75	90	95	50
Кремній (Кр1,Кр2,Кр3)	2189-69	25	—	—	—
Марганець (Mn95)	6008-94	—	10	—	—
Титан (ТТХ2)	—	—	—	5	—
Мідь (M1,M2)	—	—	—	—	30

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.18

Фізичні властивості лігатур

Лігатури	Температура плавлення °C	Час плавлення хв.	Рафінування		
			Температура рафінування °C	Час рафінування	Рафінуючі елементи
Al+Si	850-880 ⁰	150-200	720-740	7-10	АЛ – 224
Al+Cu	780-880 ⁰	150-200	720-740	7-10	АЛ – 224
Al+Mn	900-1000 ⁰	150-180	720-740	7-10	АЛ – 224
Al+Ti	1200-1300 ⁰ (двійний переплав)	150-180	720-740	7-10	АЛ – 224

Магній Мг 90,95,98, Олово 01,02,03,04, а також в деяких випадках мідь М1,М2 застосовують в чистому вигляді. В якості шлакоутворюючого флюсу застосовується “Пробат-флюс” АП224.

Перед застосуванням шихтові матеріали в залежності від вихідного стану проходять спеціальну підготовку – їх подрібнюють, очищують від мастила, вологи та сторонніх домішок (пісок, окисли, залізо), підігрівають.

Чушки та зливки в'язких металів таких як алюмінії, олова розрізають на алігаторних ножицях. Великий вплив на якість продукції мають умови зберігання шихтових матеріалів на складах. Сплави повинні бути ретельно захищені від вологи та снігу, перед використанням шихтові матеріали необхідно обов'язково просувати.

Склади зберігання шихтових матеріалів, представляють з себе зварені з листової сталі невеликі ємності, що розташовані біля плавильного відділення.

В залежності від призначення сплаву та від наявності шихтових матеріалів співвідношення окремих складових в шихті різне. Шихта може складатися з лише первинних металів, з відходів та лігатур або з відходів та брухту. Найбільш часто зустрічається другий випадок складання шихти, оскільки на будь якому машинобудівному підприємстві є відходи, які необхідно використовувати в якості шихтових матеріалів.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Перед тим, як розпочати виготовлення сплаву виконується розрахунок шихти, тобто визначається кількість окремих видів шихтових матеріалів, необхідних для отримання сплаву необхідного хімічного складу.

Вихідними даними для розрахунку є:

- хімічний склад сплаву по ДСТУ;
- оптимальний або розрахунковий склад шихти ;
- хімічний склад вихідних шихтових матеріалів;
- угар або пригар окремих складових сплаву в процесі його плавки.

Вміст окремих компонентів в сплаві має бути в деяких межах, що забезпечує найкращі механічні і технологічні властивості литих виробів. Величина угару металу залежить від складу шихти, її якості, від типу плавильного агрегату, тривалості плавки і ряду інших причин.

Втрати на угар приймаються зазвичай по практичним даним. Якщо ці данні відсутні то розрахунок ведеться по верхньому вмісту компонентів.

Знаючи вихідні данні задаються розрахунковим складом сплаву та визначають необхідну кількість шихтових матеріалів. За розрахунковий склад приймають оптимальний або середній склад сплаву.

Розрахунок шихти методом підбору для алюмінієвих сплавів марок АК5М2Ц4, АК5М2, АК5М4МгМц, АК8М3ч наведено в таблиці 1.19.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.19

Розрахунок шихти методом підбору

Компонент шихти	Марка компоненту	Масова частка на 100 кг шихти, кг	Масова частка компонентів, %													
			Cu		Zn		Mg		Si		Mn		Fe		Ti	
			К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш
AK5M2Ц4																
Первинний алюміній	AK5M2	70	2,500	1,750	0,900	0,63	0,500	0,35	5,000	3,5	0,500	0,35	1,000	0,70	0,100	0,07
Відходи власного виробництва	AK5M2	15,5	2,300	0,36	0,800	0,12	0,400	0,06	5,000	0,78	0,500	0,078	1,000	0,16	0,090	0,01
Механічний брак	AK5M2	6	2,300	0,14	0,800	0,05	0,400	0,02	5,000	0,3	0,500	0,03	1,000	0,06	0,090	0,01
Цинк вторинний	ЦА4	8,5	5,0	0,43	85	7,23	0,1	0,01	–	–	–	–	0,15	0,01	–	–
Всього в шихті	–	100	–	2,68	–	8,03	–	0,44	–	4,58	–	0,46	–	0,93	–	0,09
Необхідний вміст	–	–	1,51–3,51		6,27–8,37		0,21–0,84		4,2–6,3		0,21–0,84		<1,300		0,052–0,210	

Таблиця 1.19 (продовження)

Коппонент шихти	Марка компо- ненту	Масо- ва частка на 100 кг шихти, кг	Масова частка компонентів, %													
			Cu		Zn		Mg		Si		Mn		Fe		Ti	
			К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш
AK5M2																
Вторинний алюміній	AK5M2	69,590	2,500	1,740	0,900	0,626	0,500	0,348	5,000	3,480	0,500	0,348	1,000	0,696	0,100	0,069
Відходи власного виробництва	AK5M2	28,610	2,300	0,658	0,800	0,229	0,400	0,114	5,000	1,430	0,500	0,143	1,000	0,286	0,090	0,026
Механічний брак	AK5M2	1,800	2,300	0,041	0,800	0,014	0,400	0,007	5,000	0,090	0,500	0,009	1,000	0,018	0,090	0,002
Всього в шихті	—	100	—	2,439	—	0,869	—	0,469	—	5,000	—	0,500	—	1,000	—	0,097
Угар, %	—	—	1,140	0,029	2,500	0,028	3,000	0,014	2,500	0,125	2,500	0,012	—	—	3,000	0,003
Всього в шихті з врахуванням угару	—	—	—	2,41	—	0,847	—	0,455	—	4,875	—	0,487	—	—	—	0,094
Необхідний вміст	—	—	1,5 00–3,500		<1,500		0,200–0,800		4–6		0,200–0,800		<1,300		0,050–0,200	

Таблиця 1.19 (продовження)

Компонент шихти	Марка компо- ненту	Масо- ва доля на 100 кг шихти, кг	Масова частка компонентів, %													
			Cu		Zn		Mg		Si		Mn		Fe		Ti	
			К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш
AK5M4MцMг																
Вторинний алюміній	AK5M2	54,930	2,500	1,373	0,900	0,494	0,500	0,275	5,000	2,750	0,500	0,275	1,000	0,549	0,150	0,082
Марганцева лігатура	Al + Mn	9,700	2,500	0,243	0,850	0,082	0,300	0,029	5,000	0,485	10	0,970	1,000	0,098	0,150	0,015
Мідна лігатура	Al + Cu	5,100	50	2,55	0,850	0,043	0,300	0,015	5,000	0,255	0,500	0,025	1,000	0,053	0,150	0,008
Магній	Mg	0,500	—	—	—	—	95	0,475	—	—	—	—	—	—	—	—
Відходи власного виробництва	AK5M4Mц- Mг	27,970	6,000	1,680	0,850	0,238	0,700	0,196	5,200	1,455	1	0,280	1,000	0,290	0,150	0,042
Механічний брак	AK5M4Mц- Mг	1,800	6,000	0,110	0,850	0,015	0,700	0,013	5,200	0,094	1	0,018	1,000	0,019	0,150	0,003
Всього в шихті	—	100	—	5,956	—	0,872	—	1,003	—	5,040	—	1,569	—	1,000	—	0,150
Угар, %	—	—	1,100	0,066	2,500	0,022	3,000	0,030	2,500	0,126	2,5	0,039	—	—	3,000	0,005

Коппонент шихти	Марка компо- ненту	Масо- ва доля на 100 кг шихти, кг	Масова частка компонентів, %													
			Cu		Zn		Mg		Si		Mn		Fe		Ti	
			К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш
Всього в шихті з врахуванням угару	—	—	—	5,890	—	0,852	—	0,973	—	4,914	—	1,53	—	1,000	—	0,145
Необхідний вміст	—	—	2–7		<2,500		0,400–1,500		4–8		0,400–2,000		<0,500		0,05–0,3	
AK8M3ч																
Вторинний алюміній	AK8M3ч	68,610	3,200	2,196	0,800	0,550	0,300	0,210	9,3	6,381	0,3	0,206	0,750	0,515	0,090	0,062
Відходи власного виробництва	AK9M2	29,570	3,000	0,887	0,800	0,237	0,250	0,074	9,2	2,721	0,2	0,059	0,900	0,266	0,080	0,024
Механічний брак	AK9M2	1,820	3,000	0,055	0,800	0,015	0,250	0,004	9,2	0,167	0,2	0,004	0,900	0,016	0,080	0,002
Всього в шихті	—	100	—	3,138	—	0,802	—	0,290	—	9,269	—	0,268	—	0,797	—	0,088
Угар, %	—	—	1,100	0,038	2,500	0,016	3,000	0,009	2,500	0,232	2,500	0,007	—	—	3,000	0,003
Всього в шихті з врахуванням угару	—	—	—	3,100	—	0,786	—	0,281	—	9,037	—	0,262	—	0,797	—	0,085
Необхідний вміст	—	—	2 – 3,5		< 1,200		0,1 00–0,500		8–11		0,1 00–0,400		<1,000		<0,150	

Розрахунок кількості печей виконуємо за формулою, шт:

$$n = \frac{Q_m \cdot K_H}{\Phi_d \cdot g}, \quad (1.44)$$

Q_m - річна метало завалка, т/рік;

K_H - коефіцієнт нерівномірності роботи печі, $K_H = 1,5$;

Φ_d - дійсний фонд роботи плавильного обладнання, $\Phi_d = 3745$ год/рік
(табл. 1.2);

g - продуктивність печі, т/год (табл. 1.7).

-для сплаву АК5М2Ц4:

$$n = \frac{2619 \cdot 1,5}{3745 \cdot 0,71} = 1,48 \quad \text{шт.} \quad (1.45)$$

Приймаємо 2 печі;

-для сплаву АК5М2:

$$n = \frac{1407 \cdot 1,5}{3745 \cdot 0,71} = 0,79 \quad \text{шт.} \quad (1.46)$$

Приймаємо 1 піч;

-для сплаву АК5М4МгМц:

$$n = \frac{1016 \cdot 1,5}{3745 \cdot 0,71} = 0,57 \quad \text{шт.} \quad (1.47)$$

Приймаємо 1 піч.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки виробничої програми (табл. 1.3) показали, що сплав АК8МЗч виплавляється у порівнянні з іншими сплавами в невеликій кількості. Для цього сплаву приймаємо меншу піч типу ІСТ–0,16/0,16. Технічна характеристика печі представлена у таблиці 1.20.

Таблиця 1.20

Технічна характеристика індукційної печі ІСТ–0,16/0,16

Технічний параметр	Показник
Ємкість печі, т:	0,16
Потужність, кВт :	160
Температура перегріву, °С : алюмінію	760
Питома втрата електроенергії на розплавлення та перегрів, кВт·год/т : по. алюмінію	180
Продуктивність при плавці, т/год	0,106

-для сплаву АК8МЗч:

$$n = \frac{75 \cdot 1,5}{3745 \cdot 0,106} = 0,28 \quad \text{шт.} \quad (1.48)$$

Приймаємо 1 піч.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Розрахунок дільниці лиття в кокіль

Лиття в металеві форми є одним з прогресивних способів отримання відливків. Розрахунок виробничої програми для дільниці лиття в кокіль виконано у таблиці 1.21.

Сутність процесу полягає в багаторазовому застосуванні металевої форми, яка має найбільш високу стійкість, ніж звичайна піщано-глиниста форма. Висока міцність матеріалу металевої форми дозволяє виконувати робочі порожнини форми з найбільш точними стабільними розмірами та відповідно отримувати відливки відповідно до 5-го класу точності.

Металева форма зазвичай складається з 2-х напівформ, плити та вставок. Рідкий метал заливається у форму через ливникову систему. Перед заливкою на робочу поверхню наносять напилення шар вогнетривкої фарби. Склад фарби залежить від заливаемого сплаву, а товщина від необхідної швидкості охолодження відливка. Крім того шар вогнетривкого покриття запобігає термічному угару поверхні форми який виникає внаслідок заливки металу.

В якості вогнетривкого покриття використовують покриття на основі окису цинку наступного складу (таблиця 1.22) :

Таблиця 1.22

Склад вогнетривких покриттів для кокілів та плавильного інструмента

Складова покриття	Номер покриття			
	П1	П2	П3	П4
Окис цинка	50 г	250 г	450 г	—
Вода технічна	1 л	1 л	1 л	1 л
Рідке скло	—	100 г	—	—
Cillolin A1223	—	—	—	250 г

Порядок приготування покриттів (П1, П2, П3) на основі окису цинку наступний: в ємність для приготування покриттів налити воду, підігріту до температури 60-80 ° С. Просіяти окис цинку через сито з діаметром отворів 0,5 мм

					ДП-131.21.11.03.01.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.21

Розрахунок виробничої програми для дільниці лиття в кокіль

№ п/п	Назва відливка	Позначення	Вихідні дані							Кількість відливоків, шт.					Маса відливоків, кг			Маса литників на річний випуск, кг	Маса рідкого металу на річний випуск відливок, кг	Кількість заpresовок (заливок)	Вид сплаву
			Кількість відливоків у групі на виріб, штук	Кількість виробів на програму, штук	Відсоток запасних частин, %	Відсоток браку відливоків%	Чорнова маса одного відливка, кг	Чорнова маса ливникової системи, кг	Кількість відливоків у формі, штук	На річну програму основної продукції	На запасні частини	Всього на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск	Загальна на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск				
1	Корпус	НШ 10У	1	314325	0	5	1,08	0,432	2	314325	0	314325	15716	330041	339471	16974	356445	142578	499023	165021	АК5М2Ц4
2	Корпус т/у	НП 90	1	64350	0	10	0,335	0,121	8	64350	0	64350	6435	70785	20555	3159	23714	7965	31679	8846	
3	Корпус	НП 90	1	14850	0	4	0,545	0,218	4	14850	0	14850	594	15444	8094	324	8418	3366	11784	3861	
4	Кришка верхня	НП 90	1	13200	0	5	0,376	0,151	8	13200	0	13200	660	13860	4964	249	5213	2093	7306	1733	
5	Кришка нижня	НП 90	1	12375	0	6	0,79	0,316	4	12375	0	12375	743	13118	9776	586	10362	4145	14507	3280	
6	Кришка	НШ 250	1	1485	0	4	4,368	1,747	1	1485	0	1485	60	1545	6486	260	6746	2698	9444	1545	
7	Корпус	НШ 32УК	1	376200	0	5,5	2,153	0,861	1	376200	0	376200	20690	396890	809959	44548	854507	341724	1196231	396891	
8	Корпус	НШ 32УКП	1	9900	0	5,5	2,256	0,902	1	9900	0	9900	545	10445	22335	1229	23564	9421	32985	10445	
9	Корпус	НШ 50УЗ	1	158400	0	4,5	2,9	1,16	1	158400	0	158400	7128	165528	459360	20671	480031	192010	672041	165528	
	Всього для сплаву									965085	0	965085	52571	1017656	1681000	88000	1769000	706000	2475000	757150	АК5М2
10	Кришка задня	НШ 10Г	1	74250	0	4	0,445	0,178	4	74250	0	74250	2970	77220	33041	1321	34362	13745	48107	19305	
11	Кришка	НШ 20М	1	9900	0	3,5	1,278	0,511	2	9900	0	9900	346	10246	12653	443	13096	5236	18332	5123	
12	Кришка	НШ 20М	1	37125	0	3,5	1,549	0,6196	2	37125	0	37125	1300	38425	57506	2013	59519	23808	83327	19213	

13	Кришка	НШ 100	1	125400	0	2	2,094	0,838	1	125400	0	125400	2508	127908	263257	5794	269051	107404	376455	127908	AK5M2
14	Кришка	НШ 32УК	1	111375	0	3	1,308	0,523	1	111375	0	111375	3341	114716	145679	4370	150049	59996	210045	114716	
15	Кришка	МШД 28Д	1	4950	0	10	1,207	0,483	2	4950	0	4950	495	5445	5975	598	6573	2630	9203	2723	
16	Кришка	МШД 28Д	1	4950	0	10	1,16	0,47	2	4950	0	4950	495	5445	5743	574	6317	2559	8876	2723	
17	Корпус фільтра	ФВ 10	1	13200	0	10	0,917	0,367	4	13200	0	13200	1320	14520	12105	1210	13315	5329	18644	3630	
18	Кришка	НШ 10ДБ ліва	1	252945	0	10	0,26	0,11	8	252945	0	252945	25295	278240	65766	6576	72342	30606	102948	34779	
19	Кришка	НШ 10ДБ права	1	112464	0	10	0,26	0,11	8	112464	0	112464	11246	123710	29240	2924	32164	13608	45772	15463	
20	Кришка ліва	НШ 32УК	1	251098	0	6	0,58	0,23	6	251098	0	251098	15066	266164	146305	9283	155588	61635	217223	44361	
21	Кришка права	НШ 32УК	1	93456	0	6	0,58	0,23	6	93456	0	93456	5608	99064	54205	3253	57458	22785	80243	16511	
22	Корпус	НШ 100	1	5341	0	4,5	7,78	3,11	1	5341	0	5341	240	5581	41555	1870	43425	17359	60784	5581	
23	Корпус	НШ 250	1	1815	0	7,3	20,92	8,37	1	1815	0	1815	133	1948	37970	2771	40741	16300	57041	1948	
	Всього для сплаву									1098269	0	1098269	70363	1168632	911000	43000	954000	383000	1337000	413984	
24	Обойма підтискна	НШ 250	1	990	0	6	16,46	6,58	1	990	0	990	60	1050	16295	978	17273	6905	24178	1050	AK5M4MГМш
25	Обойма підшипникова	НШ 100	1	65175	0	3,8	4,876	1,951	1	65175	0	65175	2281	67456	317179	11933	329112	128063	457175	67456	
26	Обойма підшипникова	НШ 50	1	39270	0	3	2,064	0,826	1	39270	0	39270	1178	40448	81054	2431	83485	33410	116895	40448	
27	Обойма підшипникова	НШ 32	1	76560	0	3	1,696	0,678	1	76560	0	76560	2296	78856	129846	3895	133741	53465	187206	78856	
28	Обойма підшипникова	НШ 250	1	990	0	6	14,2	5,68	1	990	0	990	60	1050	14058	844	14902	5960	20862	1050	
29	Корпус	НШ 20М	1	12375	0	5	1,957	0,783	1	12375	0	12375	618	12993	24218	1211	25429	10174	35603	12993	
30	Корпус	НШ 20М	1	33413	0	3,5	2,315	0,926	1	33413	0	33413	1170	34583	77350	2708	80058	32023	112081	34583	
	Всього для сплаву									228773	0	228773	7663	236436	660000	24000	684000	270000	954000	236436	
31	Втулка права	НШ 63Г	1	4950	0	10	0,624	0,249	4	4950	0	4950	495	5445	3089	309	3398	1356	4754	1361	AK8M3ч
32	Втулка ліва	НШ 63Г	1	4950	0	10	0,624	0,249	4	4950	0	4950	495	5445	3089	309	3398	1356	4754	1361	
33	Корпус	НШ 63Г	1	2393	0	7	8,532	3,413	1	2393	0	2393	168	2561	20573	1351	21924	8374	30298	2561	
34	Корпус	НШ 63Г	1	1980	0	10	10,65	4,26	1	1980	0	1980	197	2177	21249	2031	23280	8914	32194	2177	
	Всього для сплаву									14273	0	14273	1355	15628	48000	4000	52000	20000	72000	7460	
	Всього									2306400	0	2306400	131952	2438352	3300000	159000	3459000	1379000	4838000	1415030	

Засипати у воду окис цинку дрібного помолу, додержуючись вказаної пропорцій та ретельно перемішати. При приготуванні покриття П2 додати рідке скло у вказаній пропорції та ретельно перемішати.

Порядок приготування покриття (П4) на основі препарату Cillolin A1223 наступний: ємність для приготування покриття наповнити однією об'ємною частиною препарату Cillolin 1223. В ємність додати від 3 до 5 об'ємних частин води з температурою оточуючого середовища (20 °С). Суміш ретельно перемішати до отримання однорідної маси.

Порядок нанесення вогнетривкого покриття на плавильний інструмент такий: перед нанесенням вогнетривкого покриття на плавильний інструмент (ковші, счищальники, дзвінок) його очищують від застарілого покриття, настилів, шлаку, окислів та інших забруднень та наносять тонкий рівномірний шар вогнетривкого покриття. Нагрівають плавильний інструмент до температури 150 – 200 С °. Покриття відновлюють по мірі його зношування.

Порядок нанесення вогнетривкого покриття на кокілі такий: перед нанесенням вогнетривкого покриття порожнину кокілю очищують від застарілого покриття, настилів, шлаку, окислів та інших забруднень. Продувають половинки кокілю стиснутим повітрям. Встановити інжекційний пальник у внутрішню порожнину кокілю. Нагріти кокіль до температури 150-200° С. Допускається нагрів кокілю рідким металом. Повільним струменем металу починаючи з 1/8 об'єму відливки і доводячи його поступово до придатного відливка. Виконують 6–7 промивочних заливок. Покривають кокіль вогнетривким покриттям. Встановлюють інжекційний пальник у внутрішню порожнину кокілю. Просушують кокіль на протязі 5 – 7 хвилин. Кокіль фарбують по мірі зношування покриття.

Після нанесення вогнетривкого покриття, форму підігрівають до певної температури (не більше 200° С). Після досягнення відливком певної температури форму розкривають і видаляють відливки.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура заливки залежить від хімічного складу сплаву, від конфігурації, товщини стінок відливка. Тривалість витримки відливка в формі призначають із врахуванням його розмірів і ваги. Передчасне розкриття викликає руйнування відливка в результаті його малої міцності. В разі дуже великої витримки у формі відливка можуть з'являються тріщини усадкового характеру внаслідок неподатливості форми. Тривалість витримки відливка визначають розрахунком і коригують при відладці технологічного процесу.

Приймаємо карусельно-кокілну машину моделі 59K815 [6] (табл. 1.23).

Таблиця 1.23

Технічна характеристика карусельної кокільної машини моделі 59K815

Кількість позицій	Розмір робочого місця для кокілю, мм	Зусилля розми-кання кокілю, кгс	Діаметр каруселі мм	Продуктивність заливо к/год	Металоєм-кість кокілю, кг	Загальна висота, мм	Маса машини, кг
8	800x630	12500	6300	до 120	20	3840	39500

Потрібну для виконання програми кількість кокільних машин визначаємо за загальною методикою. Для цього всю номенклатуру слід розподілити за марками сплаву.

$$n = \frac{N \cdot K_n}{\Phi_d \cdot g \cdot k}, \quad (1.49)$$

N - кількість відливків на річну програму, шт./рік;

K_n - коефіцієнт нерівномірності роботи, $K_n = 1,25$

Φ_d - дійсний фонд роботи кокільних верстатів, год/рік, $\Phi_d = 3652$ год/рік (табл. 1.2);

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

g - продуктивність, відливків/год;

k - коефіцієнт використання верстата, $k = 0,7$.

Для виготовлення всіх виливків кількість кокільних машин становить:

$$n = \frac{1415029 \cdot 1,25}{3652 \cdot 95 \cdot 0,7} = 7,2 \text{ шт.} \quad (1.50)$$

Приймаємо 8 карусельно-кокільних восьмипозиційних машини моделі 59K815.

Карусельні кокільні машини, як правило, є спеціальними і призначені для масового виробництва відливків. Такі машини мають 4, 6, 8, 12, 16 позицій. Завдяки сполученню основних операцій ці машини відрізняються високою продуктивністю. Звичайно такі машини мають вертикальну вісь обертання каруселі, рідше - горизонтальну.

Карусельні машини з вертикальною віссю обертання каруселі складаються з однопозиційних кокільних секцій із самостійними приводами для запирання і розкриття кокілю, виштовхування виливки. Ці секції змонтовані на столі каруселі. Стіл каруселі може мати безперервне або пульсуюче обертання. Пульсуючий рух стола спрощує заливання форм, нанесення на їхню робочу поверхню вогнетривкого покриття, зволікання виливки та інші операції. Такі машини часто використовують у складі автоматизованих ливарних комплексів.

Розглянемо роботу автоматизованого ливарного комплексу. Стрижні встановлюються в кокіль автоматично. Після цього розплав заливається в кокіль, встановлений на карусельній машині. Після затвердіння виливки і розкриття кокілю виріб видаляється маніпулятором або вручну, готові відливки потрапляють в тару, а потім електрокарою транспортуються на подальшу обробку. Розплав від плавильних агрегатів подається в дозатор по монорейці ковшами. Комплекс обслуговується трьома операторами.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Розрахунок очисного обладнання

В очисному відділенні ливарного цеху виконується очистка зовнішніх і внутрішніх поверхонь відливків, обрізка ливників і підживлювачів, виправлення дефектів, контроль якості литва.

Відливки перевозяться у відділення очистки з діляниць лиття за допомогою електротранспорту.

Кількість металорізальних верстатів, механічних пил розраховується за формулою:

$$n = \frac{N}{\Phi_d \cdot q \cdot k}, \quad (1.51)$$

де n - кількість машин одного типу;

N - кількість відливок на річну програму,

k - коефіцієнт використання машини, $k = 0,8$;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи обладнання діляниці;

q - продуктивність верстату.

Проектом передбачається запровадження у технологічний процес ножовочно-відрізних (стрічко-пилних) верстатів із застосуванням пил товщиною 0,9 мм.

Кількість ножовочно-відрізних верстатів становить:

$$n = \frac{2438352}{3652 \cdot 150 \cdot 0,8} = 5,56 \quad \text{шт.} \quad (1.52)$$

Приймаємо 6 ножовочно-відрізних (стрічко-пилних) верстатів моделі 872А.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для видалення пригару з зовнішніх та внутрішніх поверхонь відливок, а також підготовки цих поверхонь під фарбувальні, гальванічні, хімічні та порошкові покриття застосовують очистку відливків дробом (металічний пісок), гідробразивним, вібраційним, ультразвуковим, хімічним, електрохімічним та гідравлічним методом очистки. Також зачистку можна виконувати на двосторонніх обдирних верстатах за допомогою дискових терпугів або абразивних кругів, а також пневматичними шарошками і зубилами. Для очищення дрібних виливків часто користуються галтувальними барабанами з мокрими абразивами.

На теперішній час усі провідні світові фірми для очистки відливків застосовують такий метод, як «травалізація». Походження технології «травалізації» йде із природи, де завдяки постійному шліфуванню за допомогою піску і води із грубих кругляків створюється прекрасно відполірована поверхня гальки. Термін «травалізації» став синонімом гами сучасних методів обробки металів.

Для кінцевої обробки відливків приймаємо кільцевий віброшліфувальний верстат фірми WALTHER TROWAL [7] (рис. 1.5).

Кільцеві вібратори є самими застосовуваними установками ковзального шліфування. Багато тисяч цих машин застосовуються в усьому світі для обробки поверхні всіляких деталей.

Кільцеві вібратори є універсальними машинами ковзального шліфування, які застосовуються для обробки багатьох видів виробів у різних цілях. Область їхнього застосування - від видалення агресивного ґрата (облоя, зазубрин) і округлення країв до високої якості полірування надчутливих виробів, тобто від «сирого» попереднього шліфування до створення якості поверхні, готової для гальванізації.

Вони призначені як для самостійного застосування, так і у ланцюзі виробничої автоматичної лінії.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

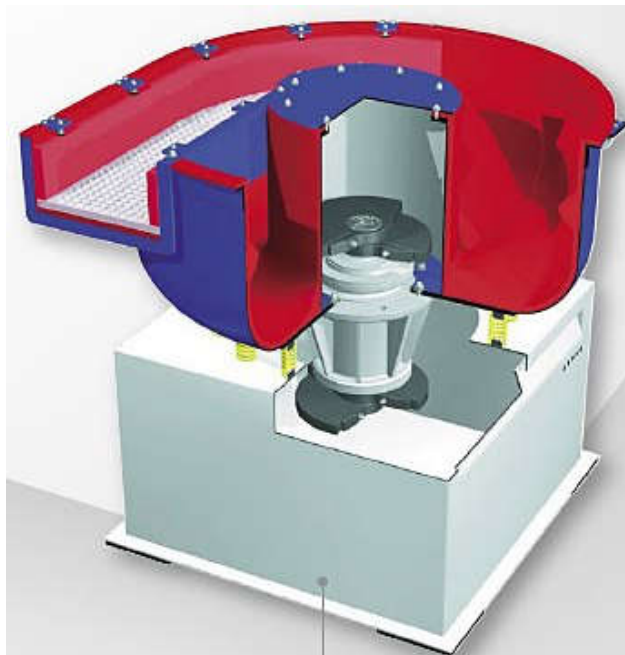


Рис. 1.5. Кільцевий віброшліфувальний верстат фірми WALTHER TROWAL

Кільцеві вібратори TROWAL відображають досвід багатьох десятиліть, вони продумані до самих дрібних деталей:

- робочий резервуар: потужна вібраційно-стійка конструкція з розжареного ненапруженого металу;
 - обшивання резервуара: поліуретанова, гарячого лиття, високий ступеня зносостійкості, різного якості для різноманітних цілей застосування;
 - за бажанням можливе подвійне обшивання для особливо високої зносостійкості;
 - інтегрований ситовий пристрій: за допомогою вбудованого клапана сепарування і ємного сита оброблювані деталі і шліфувальний матеріал легко відокремлюються друг від друга;
 - для автоматичного режиму використовується пневматична система керування клапана сепарування;
- швидка заміна сита: спеціальне затискне пристосування дозволяє робити заміну сита;

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- незбалансований електропривод: реверсний вібраційний фланцевий мотор TROWAL призначений на довговічність, він змазаний на весь строк його експлуатації;
- більше габаритні кільцеві вібратори працюють на електромоторі і окремому незбалансованому збуднику;
- циркулюючий клиноподібний профіль: установлений у зовнішню стінку резервуара для поліпшення циркуляції дрібних, схильних до прилипання деталей;
- пневматичний клапан сепарування: для автоматичного режиму, налагоджування через ручний вентиль або центральне керування електрошафи;
- установка дисбалансу: просте налаштування параметрів обробки за допомогою переміщення відцентрової сили.

TROWAL пропонує рішення практично будь-якої проблеми фінішної обробки поверхонь заготовок (табл. 1.24):

Таблиця 1.24

Можливості фінішної обробки за допомогою віброшліфувальної установки

WALTHER TROWAL

Форма матеріалів (чіпсів) для обробки поверхні	Вид обробки
	Зняття облоя, ґрата, зазубрин
	Скруглення кантів
	Вирівнювання поверхонь

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

	Полірування поверхонь
	Полірування кульками
	Очищення поверхонь від іржі

Таблиця 1.25

Технічна характеристика віброшліфувальної установки

WALTHER TROWAL

Технічний параметр	Показник
Вага верстата, кг	600
Продуктивність, відливків/год	100
Габарити (довжина×ширина×висота):	2,0×2,56×1,8

Визначаємо кількість віброшліфувальних установок:

$$n = \frac{N}{\Phi_d \cdot q \cdot k}, \quad (1.53)$$

де n - кількість машин одного типу;

N - кількість відливок на річну програму,

k - коефіцієнт використання машини, k = 0,8;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи обладнання дільниці;

q - продуктивність верстату, q = 120 відливок / год

$$n = \frac{2438352}{3652 \cdot 120 \cdot 0,8} = 6,95 \text{ шт.} \quad (1.54)$$

Приймаємо 7 віброшліфувальних установок.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

1.5. Розрахунок відділення термічної обробки

Термічна обробка підвищує фізико-механічні властивості сплаву, знімає внутрішню напругу, стабілізує розміри відливок. В результаті термічної обробки покращуються і інші технологічні та експлуатаційні властивості відливоків, наприклад оброблюваність різанням, антикорозійні властивості, зносостійкість. В залежності від типу сплавів та призначення деталей використовують різні види термічної обробки. Частіше за все відливки піддають відпалу, гартуванню та старінню.

Характерною особливістю термічної обробки виливків з алюмінієвих сплавів є порівняно тривалі режими витримки при температурі нагріву під гартування і при старінні, що викликано повільним протіканням дифузійних процесів у алюмінієвих сплавів. Сплави, що володіють дрібнозернистою структурою, вимагають меншого часу витримки при нагріві під гартування для переведення різних фаз в твердий розчин; чим сплави з грубозернистою структурою.

Внаслідок повільного протікання дифузійних процесів гартування багатьох сплавів може бути проведений в спокійному повітрі. Однак при гартуванні в струмені повітря (стислим повітрям) і особливо в підігрітій до 80—90 °С воді значно підвищуються межа міцності і особливо межа текучості.

З урахуванням схильності алюмінієвих сплавів до окислення при підвищених температурах до печей для високотемпературного нагріву пред'являються наступні вимоги: максимальні перепади температур по зонах печі не повинні перевищувати $\pm 5^{\circ}\text{C}$, печі повинні бути обладнані екранами, щоб не допускати прямого нагріву виливків (шляхом випромінювання), і пристроями, що дозволяють застосовувати захисну атмосферу в робочому просторі (тобто печі повинні володіти герметичністю і не мати підсосу повітря).

Для термообробки приймаємо піч «АЛТАЙ» [8].

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Піч "АЛТАЙ" призначена для термічної обробки деталей з алюмінію і його сплавів, що дозволяє робити наступні технологічні операції: відпал, гартування, штучне старіння, відпуск.

Оригінальність конструкції печі полягає в тому, що в єдиному корпусі об'єднаний модуль нагрівання і модуль загартовування.

У системі керування установкою використовується мікропроцесорна техніка із програмувальним процесом нагрівання і охолодження (регулятор мікропроцесорний багатоканальний серії "Метакон").

Рекомендується для застосування в авіаційній, автомобільній, машинобудівній, електротехнічній й інших галузях промисловості.

Переваги:

- автоматичний режим термообробки і переміщення садки усередині печі;
- швидке переналагодження системи керування на новий технологічний режим;
- піч термоізована;
- для установки не потрібно фундаменту.

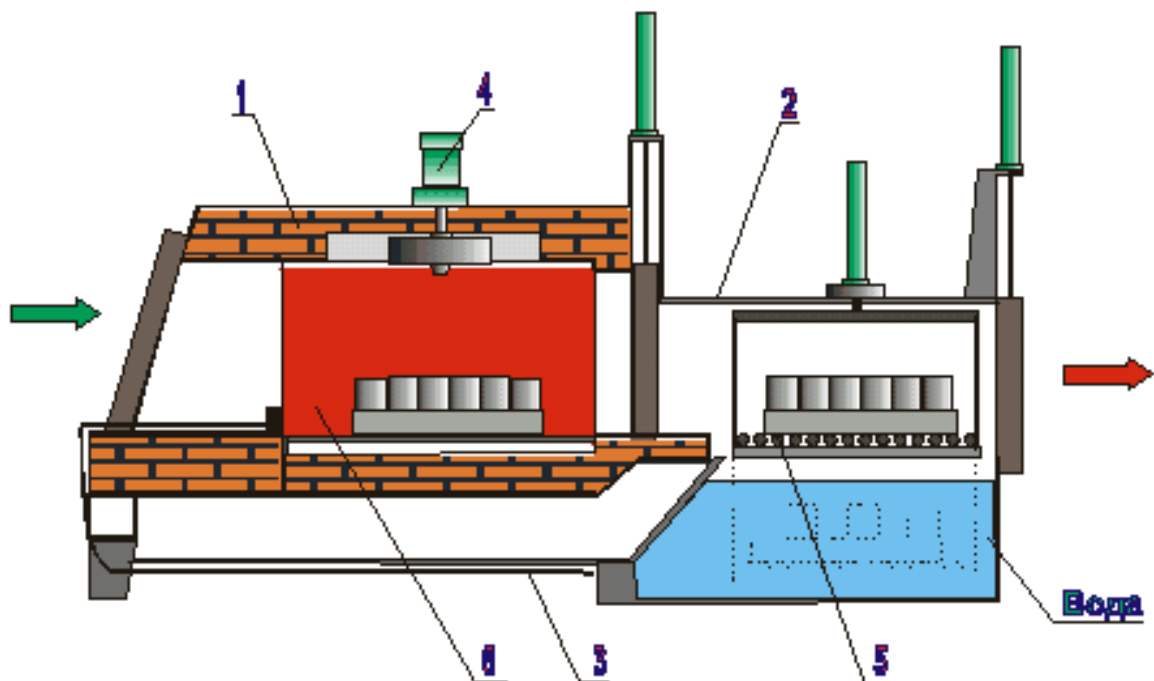


Рис. 1.6. Піч «АЛТАЙ» для термічної обробки деталей із алюмінію

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Відмітні конструктивні особливості:

- установка мобільна;
- інтенсивна спрямована циркуляція пічної атмосфери;
- рівномірний розподіл температури усередині садки;
- система охолодження і гартування стійка до корозії;
- перешкодозахищеність контрольно-вимірювальної апаратури;
- передбачений автономний режим заповнення системи охолодження гартівної ванни;
- легкий доступ до деталей, які швидко зношуються, і можливість їхньої швидкої заміни.

Таблиця 1.26

Технічні характеристики печі «АЛТАЙ»

Робоча температура, °С	(150-550)+5
Максимальна температура, °С	620+5
Потужність нагрівання печі, кВт	75
Встановлена потужність, кВт	85
Напруга живлення, В	380
Максимальна вага садки із завантаженими деталями, кг	120
Габарити садки, мм	
- Ширина	650
- Довжина	1000
- Висота	650
Час виходу на температуру нагрівання, год, не більше	1
Час транспортування нагрітої садки до гартівного модуля, сек.	20
Температура гартівної рідини, °С	80
Об'єм гартівної ванни, м ³	3
Габарити печі, мм	
- Довжина	5950
- Ширина	2500
- Висота	4100

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Визначаємо кількість печей для термообробки:

$$n = \frac{\alpha \cdot N \cdot t}{\Phi_d \cdot n_0}, \quad (1.55)$$

де $\alpha = 1,15$ - коефіцієнт не рівномірності роботи камерної печі;

N - річна кількість литва, що оброблюється по режиму даної тривалості;

t - тривалість одного циклу термічної обробки;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи обладнання термічної дільниці;

n_0 - кількість виливків, що одночасно завантажуються в піч

Згідно з виробничою програмою ливарного цеху алюмінієвого литва (табл. 1.3) термічній обробці підлягають усі виливки, окрім виливків із сплаву марки АК5М2Ц4 які досить міцні за рахунок легування цинком. Отже, річна кількість литва у формулі (1.55), що оброблюється у печах має виключати всі вироби зі сплаву АК5М2Ц4.

Таким чином, маємо

$$n = \frac{1,15 \cdot (2438352 - 1017656) \cdot 4}{3652 \cdot 400} = 4,47 \text{ шт.} \quad (1.56)$$

Приймаємо термічні печі марки «АЛТАЙ» в кількості 5 шт.

					ДП-131.21.11.01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок

Виливком називається виріб, що отримано безпосередньо литтям металу в спеціальну форму, в якій відбувається кристалізація.

Деталь – корпус гідравлічного шестеренчастого насоса НШ-32 УК-3-00-02 (Рис. 2.1) [ДП-131.21.11.02.01.00.00 КС] виготовляється литтям у металеву форму – кокіль із алюмінієвого сплаву марки АК5М2Ц4 (АЛ8); можливе виготовлення із сплаву АК5М2 (АЛ9) по ДСТУ 2839-94, хімічний склад цих сплавів показано в табл. 2.1. Виливок ІХ по ДСТУ 3015-95 класу точності. Різниця в товщині стінок виробу не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, перекіс по роз'єму допускається – 1,5 мм. Ливарні кути – 3° , ливарні радіуси –3 мм. Загальна пористість повинна не перевищувати еталон №2 шкали пористості по ДСТУ 2839-94.

Корпус насоса має досить складну геометричну форму ззовні і всередині. Бокові поверхні мають досить плоску форму, а торцеві – форму двох циліндрів. Внутрішня поверхня виливки має складну конфігурацію, яку отримують за допомогою виступів металевого стрижня. В місцях, де виконується механічна обробка, призначаються припуски. На поверхнях , які є базовими не повинно бути раковин і неметалевих включень.

Габарити деталі 152x126x115 мм. Маса деталі – 2,9 кг. Твердість на поверхні – 78...125 НВ.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Технологічна частина			Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Ломакін В.М.								
Реценз.								ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М		
Н. Контр.		Ломакін В.М.								
Затверд.		Кропівний В.М.								

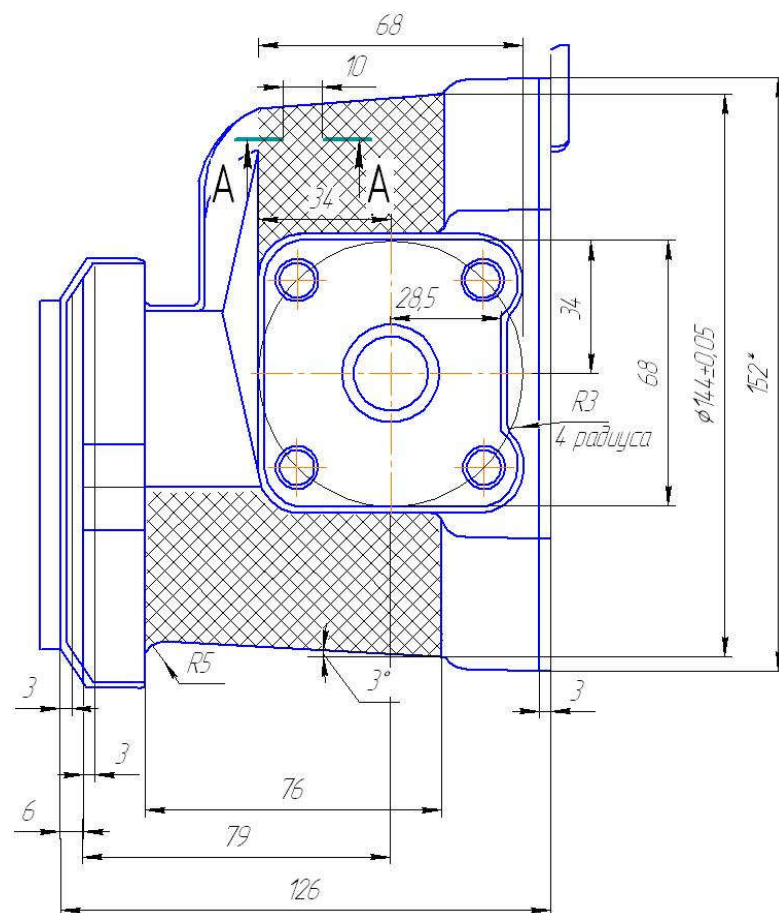
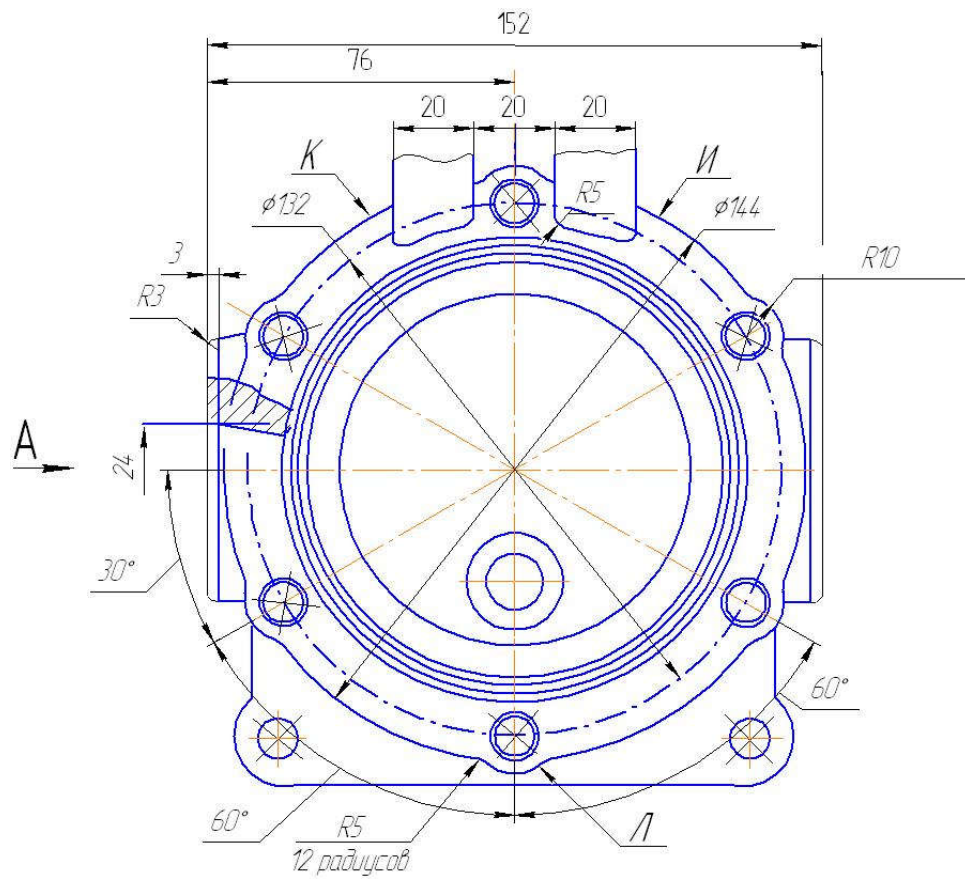


Рис. 2.1 – Виливок корпусу насоса НШ-32 УК-3-00-02

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

57

Таблиця 2.1

Хімічний склад сплавів для виготовлення відливка

Сплав	Cu	Sn	Zn	Mg	Si	Mn	Fe	Ti
AK5M2Ц4	1,5-3,5	0	6,0-8,0	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	1,0-1,3	0,05-0,20
AK5M2	1,5-3,5	0	до 1,5	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	1,0-1,3	0,05-0,20

Механічні властивості цих сплавів наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Механічні властивості сплавів

Марка Сплава	Спосіб лиття	Вид термо- обробки	Тимчасо- вий опір розриву, МПа	Відносне видов- ження, %	Твердість по Бринелю, НВ
Ак5M2Ц4	В кокіл	T5	196	0,5	80 – 125
AK5M2		T5	196	0,5	78 – 125

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення виливки

Розробка технології виготовлення виливки полягає у визначенні його положення в кокілі в період заливки і затвердіння, площини роз'єму кокілю, встановленні величину припусків на механічну обробку і усадку, радіусів закруглень і ливарних кутів.

2.2.1. Вибір площини роз'єму кокілю

Для отримання якісної виливки необхідно вибрати раціональний роз'єм кокілю. Площина роз'єму визначається конструкцією виливки, технологічними вказівками та конструктивними особливостями.

Загальні положеннями технології лиття такі:

- площина роз'єму при литті в кокіль переважно має вертикальне положення;
- кількість площин роз'єму має бути мінімальною;
- поверхня роз'єму має бути по можливості плоскою;
- роз'єм кокілю повинен бути таким, щоб не було підвісних стрижнів, а головні стрижні зручно розташовані;
- роз'єм повинен має бути вибраний таким, щоб бази механічної обробки розташовувались в одній частині форми з оброблюваними поверхнями та не перетинались площиною роз'єму.

На підставі вже відомих вимог приймаємо вертикальне розташування виливки корпусу насоса НШ 32, при якому не буде проблем з видаленням його із кокілю.

Прийнята площина (поверхня) роз'єму кокілю показана на кресленні виливки [ДП-131.21.11.02.01.00.00 КС] та на рис. 2.2.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

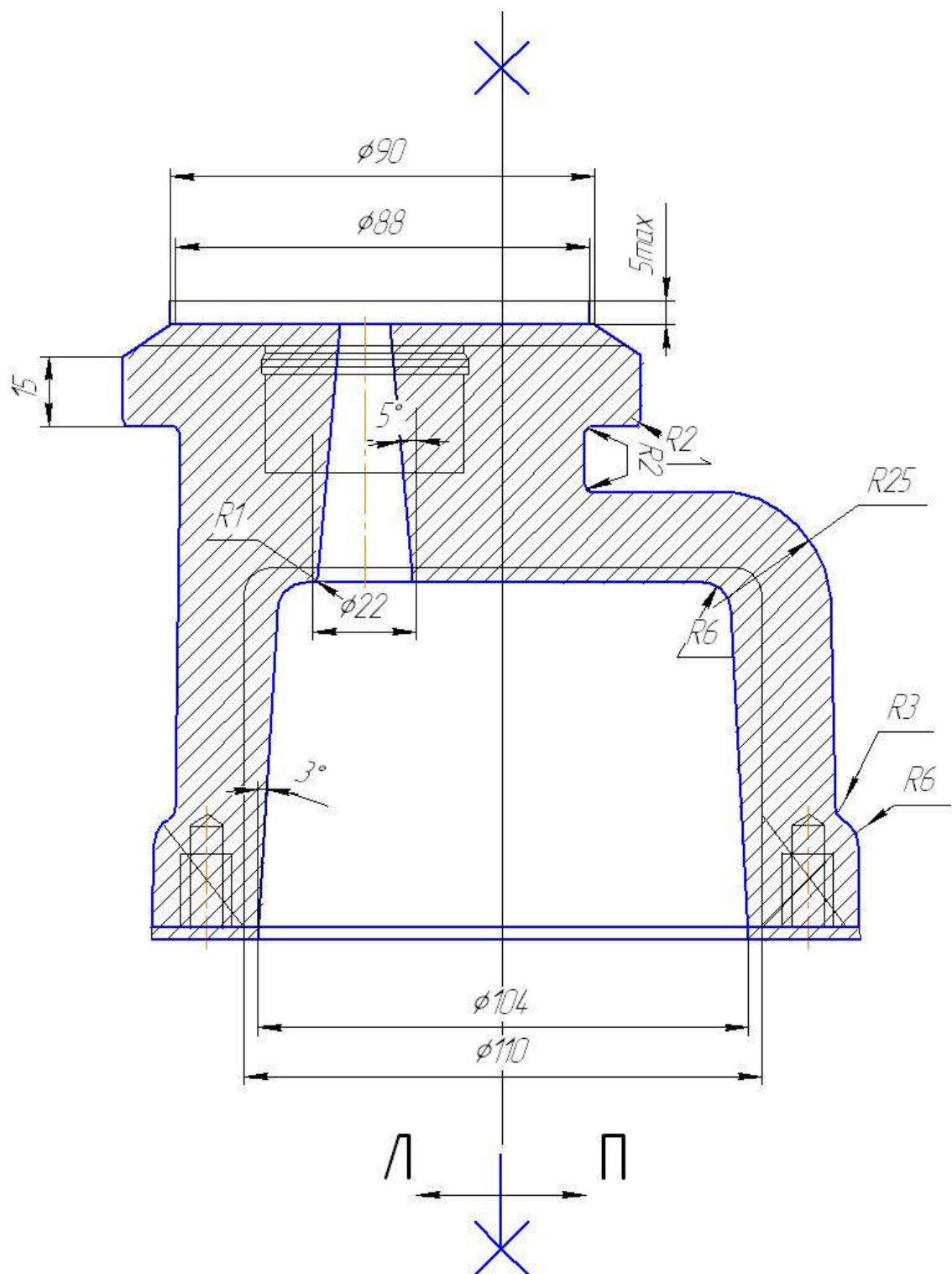


Рис. 2.2 – Вибір поверхні роз'єму виливки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ

Арк.
60

2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку

Припуск на механічну обробку – це шар металу, який знімається різальним інструментом у вигляді стружки в процесі механічної обробки виливки.

Величина припуску на механічну обробку вибирається в залежності від найбільшого і номінального розміру виливки, положення поверхні, що обробляється, способу лиття, роду сплаву, класу точності виробу.

Величина припуску на механічну обробку для виливків із алюмінієвих сплавів при литті в кокіль регламентується ДСТУ 26645-95. Припуски на механічну обробку для різних робочих поверхонь виливки вказано у табл. 2.3 [9].

Таблиця 2.3

Припуски на механічну обробку виливків із алюмінієвих сплавів
при литті в кокіль

Найбільший розмір, мм	Положення при заливці	Найменший розмір, мм
3	Верх	1,8
3	Низ	1,8
3	Збоку	1,8
3	Внутрішня поверхня	1,8

Припуски на механічну обробку призначені такими:

- для торцевої поверхні – 3 мм;
- для циліндричної порожнини внизу – 3 мм;
- для циліндричної поверхні зверху – 6 мм.

2.2.3. Вибір радіусів закруглень та ливарних кутів виливка

Радіуси закруглень регламентовані ДСТУ 10948-95. На креслені вказані не всі значення закруглень; вони занесені в технічні вимоги на виливок, як і ливарні кути:

- невказані ливарні кути – 3°;
- ливарні радіуси – 3 мм.

2.2.4. Припуски на усадку

Припуском на усадку є збільшення усіх ливарних розмірів моделі, або порожнини кокілю на величину ливарної усадки сплаву. Усадка виражається у % від розмірів виливки. Приймаємо лінійну усадку для алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 при литті в кокіль 1,35%, а об'ємну – 4,10% [10].

2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок

Креслення технологічних вказівок розроблено на основі креслення деталі корпусу НШ 32УК-3-00-02. На кресленні деталі зазначається:

- розташування виливки у формі в період заливки та затвердіння;
- величина припуску на механічну обробку;
- межі стержнів та зазори;
- місце установки, розміри елементів ливниково-живильної системи.

Розташування проекції креслення виливки повинно відповідати положенню при заливці форми металом. На кресленні виливки вказують величину припуску на механічну обробку. Отвори, які не виконують литтям, закреслюють суцільною лінією. На кресленні деталі виливки, відповідно ДСТУ, наносять елементи

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ливарної форми. Роз'єм виливки та форми показаний прямим відрізком, над яким проставляють літери РМФ. Всі елементи наносяться відповідно до ДСТУ 2423-95.

Припуски на механічну обробку показуємо суцільною тонкою лінією.

Позначення шорсткості поверхні та правила нанесення їх на креслення виливка здійснюють згідно з ДСТУ 2309-95. Якщо шорсткість всіх поверхонь однакова, то вона повинна позначатись в правому верхньому куті креслення.

Ливникову систему зображують на кресленні технологічних вказівок в масштабі креслення суцільною тонкою лінією. Площу перерізу елементів не штрихують; для кожного перерізу вказується площа перерізу у см², кількість елементів, сумарна площа.

2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи

2.3.1. Основні положення при конструюванні ливниково-живильної системи

Ливниково-живильна система складається з послідовно з'єднаних між собою каналів, по яким рідкий метал заливається у порожнину ливарної форми. Зазвичай ливникова система кокілю складається з: ливникової чаші або воронки, стояка, колектора та живильника. Живильник безпосередньо примикає до робочої порожнини та повинен бути виконаний так, щоб можна було б легко його відокремлювати.

2.3.2. Вибір місця підводу металу

Місце підводу металу приймаємо в нижній частині виливки. При підведенні розплаву знизу метал заповнює ливарну порожнину кокілю досить спокійно, окисні плівки спливають угору, а поверхня виливки стає більш чистою та гладкою. Прийнята система називається сифонною і широко використовується для виливків із алюмінієвих сплавів.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

2.3.3. Тип ливникової системи

Конструкцію ливникової системи вибираємо типову – розширювальну, нижньо-бокову, сифонну, горизонтальну з фігурним стояком (рис. 2.3).

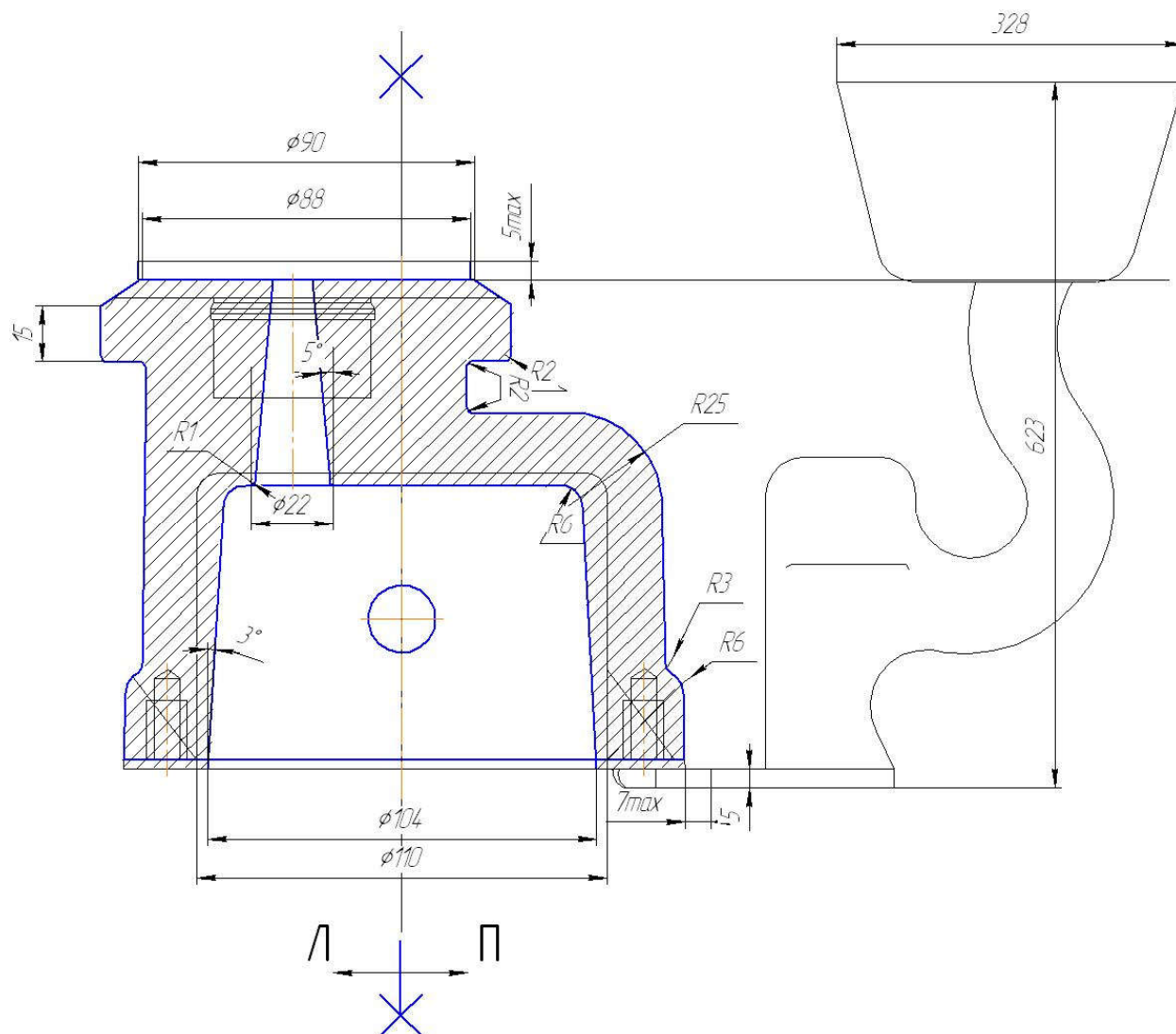


Рис. 2.3 – Конструкція ливникової системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ

Арк.
64

2.3.4. Розрахунок конструкції підживлювача

Основне призначення підживлювача унеможливити формування раковини та пористості у виливку, а якщо це складно то вивести раковину за межі виливки. Підживлювач встановлюють у тих частинах, які під час технологічного процесу тверднуть останніми. В проектному виливку підживлювач раціонально встановлювати збоку.

Розрахунок розмірів підживлювача ведемо за такою методикою.

Висота підживлювача розраховується за формулою [10]:

$$H = \sqrt[3]{\frac{x_{\varepsilon}}{\varepsilon_{\varepsilon}} V_n}, \quad (2.1)$$

де x_{ε} - коефіцієнт усадкової раковини, $x_{\varepsilon}=9...12$;

$\varepsilon_{\varepsilon}$ - відношення об'єму виливки до об'єму усадкової раковини $\varepsilon_{\varepsilon}=9...12$;

V_n - необхідний об'єм підживлювача.

Об'єм підживлювача розраховується за формулою:

$$V_n = \frac{\beta}{k} V_{\text{відл.}}, \quad (2.2)$$

де β - коефіцієнт $\beta=0,035...0,08$;

$k=0,25$;

$V_{\text{відл.}}$ - об'єм виливки $V_{\text{відл.}}=1075 \text{ см}^3$.

$$V_n = \frac{0,035}{0,25} \cdot 1075 = 150 \text{ см}^3$$

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = \sqrt[3]{\frac{10,5}{9,5}} \cdot 150 = 55 \text{ мм.}$$

Ширина підживлювача розраховується за формулою:

$$L = H \cdot (1,7 \dots 1,9) \text{ мм} \quad (2.3)$$

Отже,

$$L = H \cdot 1,8 = 55 \cdot 1,8 = 100 \text{ мм}$$

Прийняту форму підживлювача показано на рис. 2.4

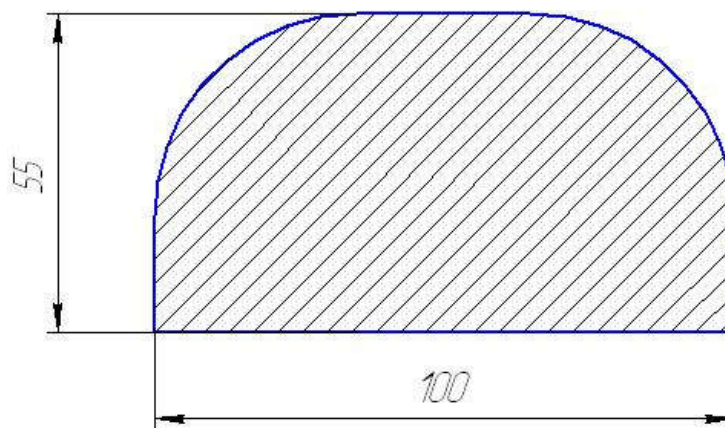


Рис. 2.4 – Конструкція підживлювача

2.3.5. Розрахунок ливникової системи

Розміри елементів ливникової системи для виливків із алюмінієвих сплавів визначають виходячи із положень:

- значення критерію Рейнольдса (Re) для різних елементів ливникової системи не повинно перевищувати рівня, що гарантує мінімальне потрапляння оксидів та неметалевих домішок у кокіль внаслідок порушення щільності і розривів глиноземистої плівки в алюмінієвому розплаві;
- швидкість руху розплаву у формі повинна забезпечувати її заповнення без утворення у відливку недоливів та спаїв.

Для отримання якісних відливоків швидкість руху розплаву повинна знижуватись від перерізу стояка до живильника. Тому для виливків із алюмінієвих сплавів застосовують ливникові системи, що розширюються зі співвідношенням:

$$F_{\text{ст}} : F_{\text{к}} : F_{\text{ж}} = 1 : 2 : 3, \quad (2.4)$$

де $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{к}}$, $F_{\text{ж}}$ - відповідно, площі поперечного перерізу стояка, колектора, живильника.

Для визначення середнього значення мінімальної швидкості підйому металу у формі u_{ϕ} використовують різні теоретичні та експериментальні залежності. Досить точною є залежність:

$$u_{\phi} = (3,0 \dots 4,2) l_0, \quad (2.5)$$

де u_{ϕ} - початкова швидкість підйому розплаву у формі, см/с

l_0 - характерна товщина стінки виливки, см.

При литті мілких та середніх відливоків в кокіль площа поперечного перерізу стояка визначається за формулою [11]:

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{ст}} = \frac{(3,0...4,2)G}{\rho H_0 l_0 u_c}, \quad (2.6)$$

де G - вага виливки, г, $G=2900$ г;

ρ - густина розплаву, г/см³, $\rho=2,7$ г/см³;

H_0 - висота виливки по положенню в кокілі, см, $H_0=11,5$ см;

l_0 - характерна товщина стінки виливки, см, $l_0=2,5$ см;

u_c - швидкість руху розплаву, см/с.

Швидкість руху розплаву визначається за формулою:

$$u_c = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (2.7)$$

де μ - коефіцієнт витрати, $\mu=0,65...0,75$ (для нижнього підводу металу);

$$H_p - \text{гідростатичний напір, } H_p = H_0 - \frac{p^2}{2c}.$$

$$H_p = 11,5 - \frac{11,5^2}{2 \cdot 11,5} = 10,75 \text{ см}$$

$$u_c = 0,70 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 10,75} = 102 \text{ см/с}$$

$$F_{\text{ст}} = \frac{(3,0...4,2) \cdot 2900}{2,7 \cdot 11,5 \cdot 2,5 \cdot 102} = 1,02...1,54 \text{ см}^2$$

Приймаємо стояк круглого перерізу з закругленими краями з площею поперечного перерізу $F_{\text{ст}}=1,60$ см². Тоді $F_{\text{ж}}=3,20$ см² (в нашому випадку ливникова система складається із стояка, підживлювача та живильника).

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живильників приймаємо два. Переріз живильника – трапецієподібний (рис. 2.5).

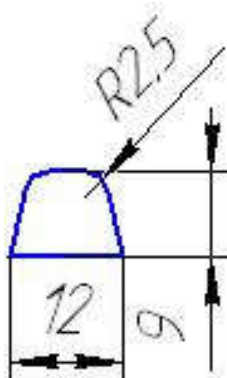


Рис. 2.5 – Конструкція живильника

2.4. Технологічний процес виготовлення виливки

Технологічний процес виготовлення виливки в кокілі включає в себе такі операції: збирання кокілю, підготовка кокілю до роботи, заливка кокілю, охолодження виливки, її видалення, очистка і контроль якості виробу.

Виливка корпусу насосу НШ-32УК-3-00-02 виготовляється в кокілі, який монтується на автоматизовану восьмипозиційну кокільну машину моделі 59K815, технічна характеристика якої приведена в розділі 1; кокіль монтується на штоки бокових гідроциліндрів та на направляючі.

Після збирання кокілю проводиться його нагрів до температури 200...250 °С за допомогою пальника. На розігрітий кокіль наноситься фарба CILLOLIN AL 223 пульверизатором. Це протипригарна теплоізолююча фарба у вигляді порошку. Матеріал виготовлення фарби – оксидна кераміка і графіт. Для нанесення фарби на кокіль необхідно розвести її водою в пропорції 1:5. Фарбу наносити в два етапи з просушуванням після нанесення першого шару на протязі 2-3 хв. Рекомендований шар фарби – 0,2 мм. В процесі роботи при необхідності проводити повторне фарбування.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Після просушування кокілью, за допомогою гідроприводу машини, кокіль закривається і встановлюються в необхідне положення стрижні. Виконується заливка металу. Метал – алюмінієвий сплав АК5М2Ц4 (хімічний склад, механічні властивості вказані таблицях 2.1, 2.2). Температура заливки сплаву 720 °С. Сплав заливається в форму ковшем ємністю 10 кг. Після охолодження і повного затвердіння виливки, за допомогою гідроприводу видаляються стержні і кокіль розкривається.

Виливок видаляють з кокілью захопивши кліщами за підживлювач і скидають у тару. Після заповнення тари вона транспортується цеховим транспортом на очисну ділянку. На очисній ділянці виливки цеховим транспортом подаються на робоче місце біля стрічковий верстат для відділення підживлювачів. Залишок від підживлювача допускається висотою до 3 мм.

Після очистки виливки подаються цеховим транспортом на естакаду очисної ділянки для пред'явлення ВМТК. Контроль виливків вибірковий.

Контролюються такі параметри: твердість (75...125 НВ) заміряється в частині підживлювача по центру виливки на приладі ТШ-2 при діаметрі кульки 10 мм, навантажені 1000 кгс та витримці 30 с;

- візуальний огляд виливків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, що оброблюються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);
- заміряються базові розміри;

Відливка перевіряється на герметичність на спеціальних випробувальних гідравлічних стендах.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки

Для виготовлення кокілю використовуємо низьковуглецеву сталь 20. Сталь 20 має досить високу пластичність, дуже добре чинить опір розтріскуванню. Хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі 20 наведено, відповідно, у таблицях 2.4 і 2.5.

Таблиця 2.4

Хімічний склад матеріалу кокілю, ДСТУ 7809

Сплав	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni
Сталь 20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	$\leq 0,035$	$\leq 0,040$	$\leq 0,25$	$\leq 0,03$	$\leq 0,03$

Таблиця 2.5

Механічні властивості матеріалу кокілю

Марка сплаву	Спосіб лиття	Межа міцності, Н/мм ²	Відносне подовження, %	Межа пластичності, Н/мм ²
Сталь 20	В піщану форму	410	25	245

Після виготовлення виливки проводиться механічна обробка формоутворюючих поверхонь кокілю. Кокіль має ребра жорсткості для зменшення металоємкості і ваги.

Стрижні, що мають округлу форму виготовляються шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ДСТУ 1050-95. Всі стрижні піддаються термообробці - азотуванню, товщиною $h=0,05$ мм (HRC 30...35).

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

[illegible]

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

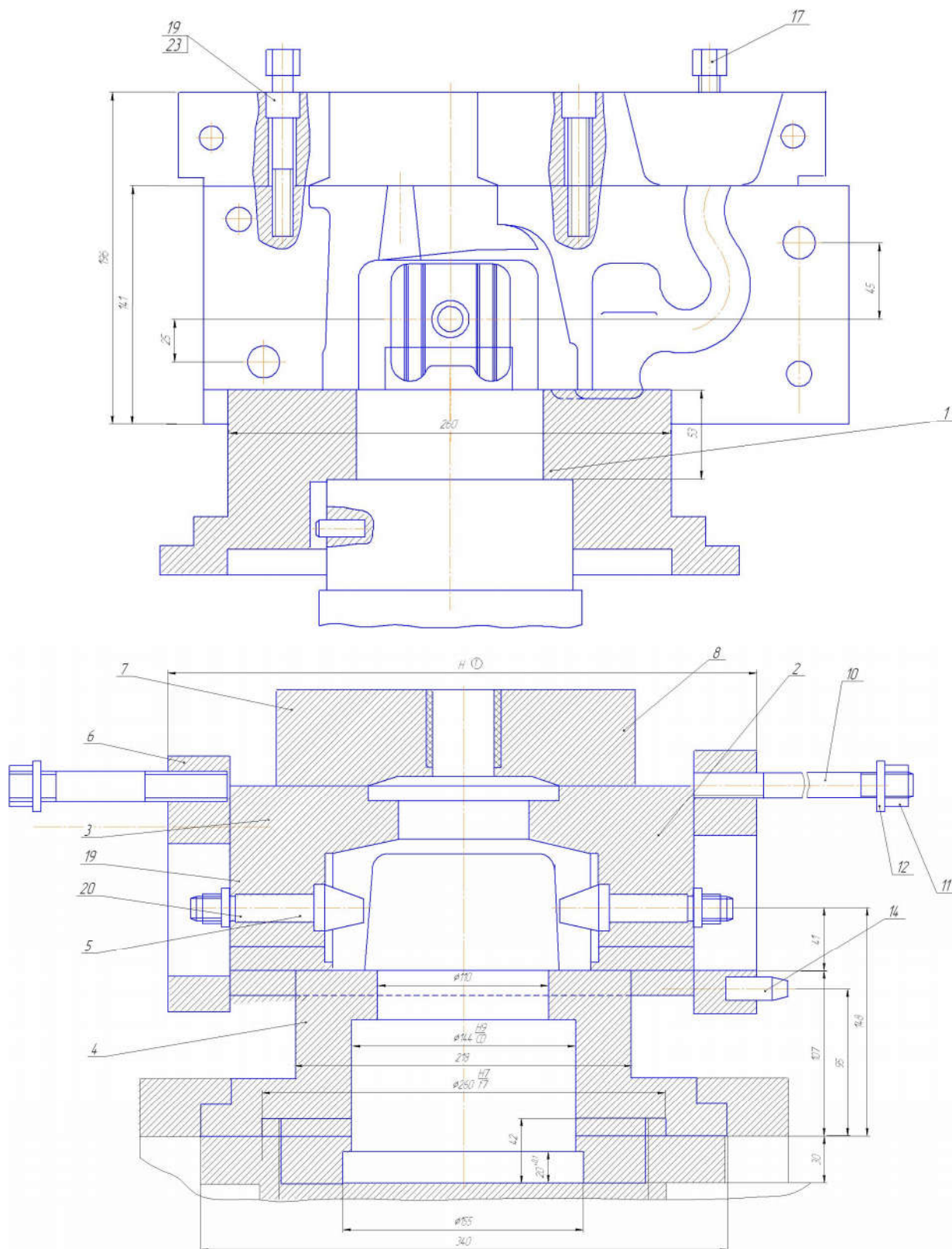


Рис. 2.7 – Кокіль в зборі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

73

2.6. Аналіз ливникової системи

При виготовленні виливки НШ-32 УК-3-00-02 основними видами браку можуть бути: газові раковини, газова пористість а також неметалеві домішки. Утворення зазначених дефектів залежить від режимів заповнення форми, конструкції ливникової системи, якості шихтових матеріалів та застосування якісних фарб для покриття робочої порожнини, забезпечення вільного видалення газів з ливарної порожнини під час заливки і кристалізації.

Неметалеві домішки є одним із самих розповсюджених дефектів, а їх усунення однією із найважливіших задач. Причини утворення неметалевих включень такі: турбулентний рух розплаву у каналах ливникової форми, інжекція повітря та газів через роз'єм форми; проникнення із заливочного ковша завжди присутніх в розплаві оксидів та інших сполук.

Таким чином, не правильно спроектована ливникова система утворює турбулентний рух, каскадне скидання розплаву.

Газова пористість під підживлювачем є наслідком недостатнього живлення верхньої частини виливки (недостатній об'єм існуючого підживлювача).

Отже, режим заповнення кокілю розплавом слід регулювати таким чином, щоб відбувалося плавне заповнення робочої порожнини форми і щоб в нього не надходило повітря, не було захвату газів при розливці.

Ливникова система кокілю і основні розміри її елементів забезпечують режим заповнення форми розплавом, а саме виконується умова:

$$V_{\phi} > V_{\phi \min}, \quad (2.8)$$

де V_{ϕ} - середня швидкість підйому розплаву у формі, м/с;

$V_{\phi \min}$ - мінімально допустима швидкість підйому розплаву у формі, м/с.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, маємо

$$10,2 > 0,54 \text{ м/с [12]}$$

Незначна турбулентність потоку забезпечується розмірами ливникової системи і її конструкцією.

					ДП-131.21.11.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

Дослідження динаміки теплопередачі в газовому зазорі кокілю при литті корпусу насоса НШ 32

3.1. Формулювання теплової задачі затвердіння корпусу насоса НШ 32 в кокілі

Злагоджена робота ливарного цеху можлива при наявності раціонального, або навіть оптимального, режиму функціонування карусельних кокільних машин. Це в свою чергу пов'язано з тепловим процесом затвердіння виливків в кокілях. За умови витримки виливків в кокілях на протязі часу, рівного загальній тривалості затвердіння і охолодження до температури вибивки, можна забезпечити максимальну продуктивність кокільних агрегатів. Саме тому в даній роботі була поставлена задача: *дослідити тепловий процес затвердіння, розрахувати кінетику затвердіння і час витримки виливки в кокілі на прикладі литого виробу корпусу насосу НШ 32.*

Зазвичай має місце типова послідовність дій. Виплавлений в індукційній печі алюмінієвий розплав відстоюється у ковші і подається на заливку кокілів на карусельній кокільній машині. Заливка кокілів здійснюється із застосуванням дозатора..

При заливці розплаву відбувається його стрімке охолодження в ливникових каналах кокілю за рахунок інтенсивного перемішування і вимушеної конфекції. Проте по закінченню заливки рідкий метал в робочій порожнині кокілю ще має певний перегрів. Величина перегріву приблизно становить 200 С вище температури ліквідусу.

З часом вимушена конвекція уповільнюється і залишається тільки природна конвекція, яка досить швидко припиняється. По перерізу робочої порожнини в

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Наукова частина	Літ.	Арк.
Перевір.		Ломакін В.М.					Акрушів
Реценз.							
Н. Контр.		Ломакін В.М.				ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М	
Затверд.		Кропівний В.М.					

розплаві виникає градієнт температури, який зумовлений передачею теплоти до стінки кокілю. Спочатку градієнт температури має відносно велике значення, незважаючи на те, що кокіль перед заливкою підігрітий газовим пальником. Кокіль поступово прогрівається і з його зовнішньої поверхні теплота віддається в повітря цеху способом природної конвекції. Градієнт температури зменшується. Очевидно, основний спосіб передачі теплоти у виливку і стінці ливарної форми є теплопровідність.

Як відомо процеси теплопровідності можна описати і розрахувати за допомогою рівняння теплопровідності Фур'є [13]. Це було використано в подальшій роботі.

В якості матеріалу виливки застосовується алюмінієвий сплав, який, на відміну від чистих металів, твердне в інтервалі температур кристалізації ліквідус – солідус. У зв'язку з цим по перерізу тіла виливки в кокілі мають бути рідина, двохфазна область і тверда кірка. Температура цих частин виливки описується законом і рівняннями теплопровідності Фур'є. Крім того, оскільки всі ці частини мають між собою суцільний контакт, то теплопередачу на цих границях доцільно описати граничними умовами 4-го роду [13].

Важливим моментом затвердіння сплавів є виділення теплоти фазового перетворення в двохфазній частині виливки, що обов'язково треба врахувати при моделюванні. Саме завдяки цій особливості задача про передачу теплоти перетворюється в задачу затвердіння. З цією метою самим простим способом є використання при моделюванні і розрахунках ефективної спектральної теплоємності [14].

Не менш важливою особливістю є охолодження самого кокілю в повітря цеху. Згідно з технологією лиття в цеху не передбачено способів штучного його охолодження і як зазначено вище має місце конвективний теплообмін. Для математичного опису в подальшій роботі було використано закон природної конвекції Ньютона.

Специфічною особливістю лиття ливарних сплавів саме в попередньо пофарбовані теплоізоляційною фарбою кокілі є утворення газового зазору між

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виливом і стінкою кокілю [14]. Зазор утворюється завдяки двом процесам. Перший – це термічне розширення (збільшення) робочої порожнини кокілю при стрімкому нагріванні безпосередньо після заливки розплаву. Другий – усадка виливки в кокілі в процесі затвердіння і охолодження вже в твердому стані. Лінійний розмір газового зазору не значний, зазвичай менше 2 мм, проте зазор заповнений залишками згорілої кокільної фарби і газами здатний в значній мірі уповільнити теплопередачу від виливки у форму. Це може мати свої негативні наслідки як для виливки (укрупнене зерно макроструктури), так і для кокілю (місцеві перегріви скорочують термін ефективної експлуатації дорогої ливарної форми).

3.2. Моделювання теплової задачі затвердіння корпусу насоса НШ 32 в кокілі

Покажемо схематично виливок корпусу насоса НШ 32 так, як він розташований в кокілі (рис.3.1).

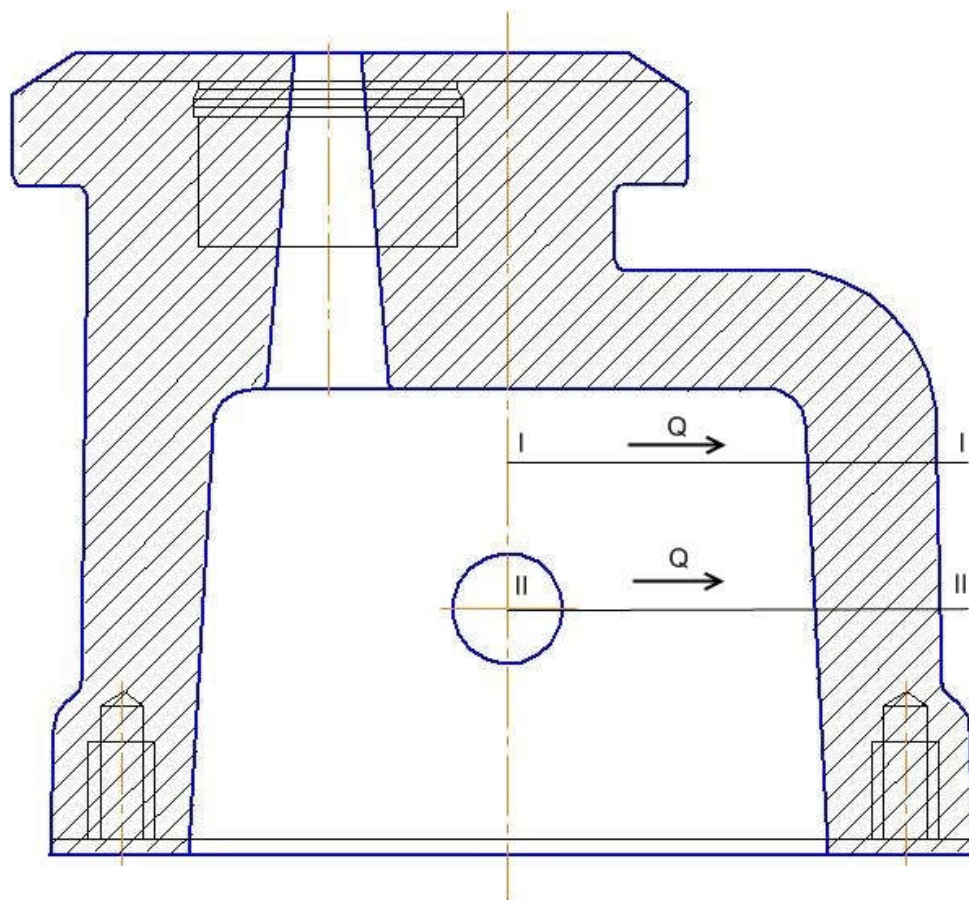


Рис. 3.1. – Схема розташування виливки корпусу насоса НШ 32 в кокілі

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Виливок має досить складну форму. Внутрішня його порожнина виконується сталевим стрижнем. Зовнішня – геометрією робочої порожнини кокілю. Після заливки кокілю теплота передається у всіх трьох напрямках вздовж довжини, ширини і висоти ливарної форми. Формується тривимірне температурне поле. Таку задачу затвердіння розрахувати складно. Сучасні програми, такі як, LVMFlow або “Полигон” дозволяють на 3D моделі розрахувати процес затвердіння виливки. Але вони не дозволяють розрахувати такий процес за умови утворення газового зазору між стінкою кокілю і виливком, лінійний розмір якого змінюється з часом. Зважаючи на це в даній роботі задачу було спрощено. Прийняли, що теплота відводиться від виливка тільки в одному напрямку і перейшли до одновимірної задачі затвердіння (рис.3.1). Таким чином, можна виконати розрахунок в перерізі I-I або II-II, або в будь-якому іншому і узагальнити результат для всього виливки. З урахування прийнятого спрощення робоча схема розрахункової області прийняла наступний вигляд – рис. 3.2.

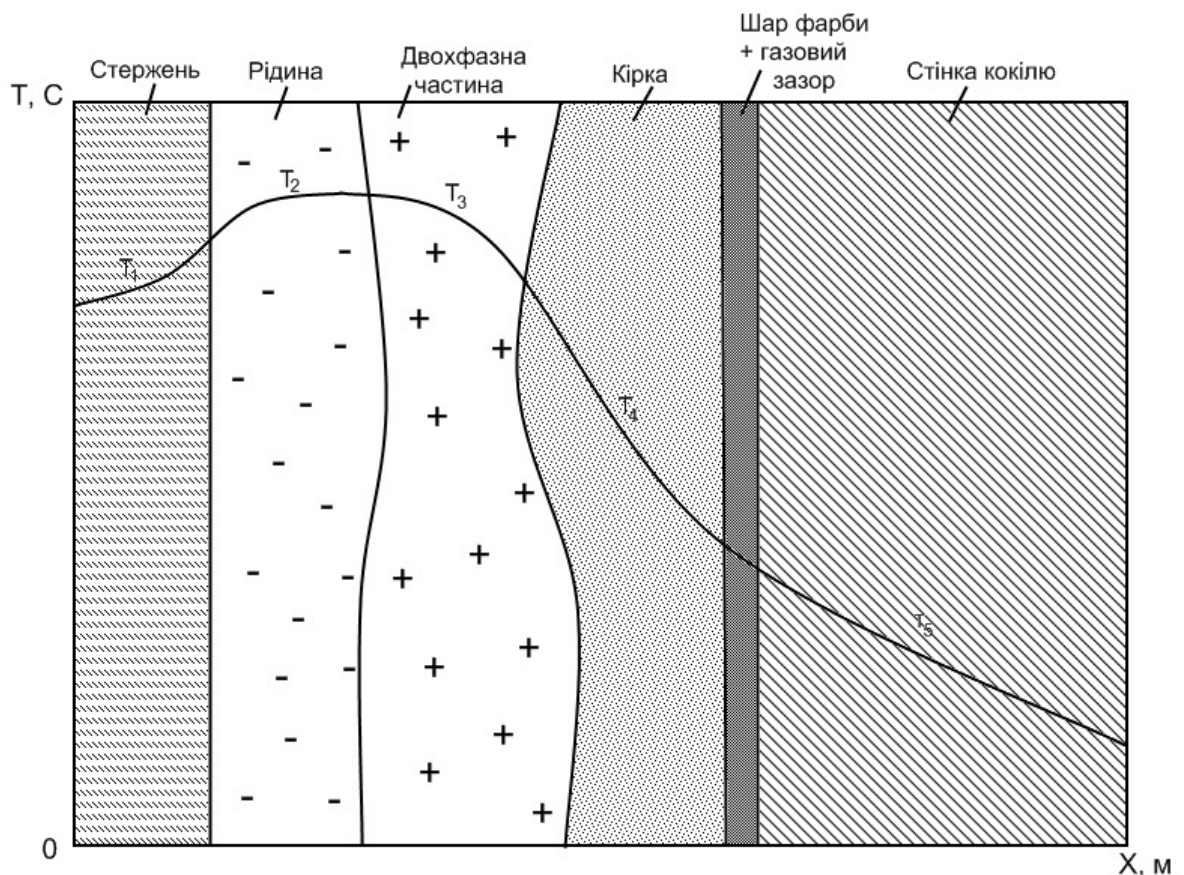


Рис. 3.2. – Схема температурного поля у виливку і стінці кокілю

Для сформульованої задачі виконуємо її математичний опис.

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

3.2.1. Рівняння процесу

-для центрального стрижня у виливку рівняння Фур'є має вигляд:

$$c_1 \rho_1 \frac{\partial T_1}{\partial \tau} = \lambda_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} \quad (3.1)$$

-для рідкої частини виливки рівняння Фур'є має вигляд:

$$c_2 \rho_2 \frac{\partial T_2}{\partial \tau} = \lambda_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} \quad (3.2)$$

-для перехідної двохфазної частини виливки рівняння Фур'є має вигляд:

$$c_{ef} \rho_3 \frac{\partial T_3}{\partial \tau} = \lambda_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} \quad (3.3)$$

-для твердої частини виливки рівняння Фур'є має вигляд:

$$c_4 \rho_4 \frac{\partial T_4}{\partial \tau} = \lambda_4 \frac{\partial^2 T_4}{\partial x^2} \quad (3.4)$$

-для стінки кокілю рівняння Фур'є має вигляд:

$$c_5 \rho_5 \frac{\partial T_5}{\partial \tau} = \lambda_5 \frac{\partial^2 T_5}{\partial x^2} \quad (3.5)$$

де c_1 - теплоємність сталевих стрижня; c_2 - теплоємність розплаву алюмінію;
 c_{ef} - ефективна спектральна теплоємність перехідної двохфазної частини виливки;
 c_4 - теплоємність твердого алюмінієвого сплаву; c_5 - теплоємність сталевих кокілю;
 ρ_1 - густина матеріалу стрижня в центрі виливки; ρ_2 - густина алюмінієвого

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розплаву; ρ_3 - густина перехідної двохфазної частини виливки; ρ_4 - густина твердого алюмінієвого сплаву; ρ_5 - густина сталевого кокілю; λ_1 - коефіцієнт теплопровідності сталевго стрижня; λ_2 - коефіцієнт теплопровідності розплаву алюмінію; λ_3 - коефіцієнт теплопровідності двохфазної частини виливки; λ_4 - коефіцієнт теплопровідності твердого алюмінієвого сплаву; λ_5 - коефіцієнт теплопровідності сталевго кокілю; T_1 - поточна температура сталевго стрижня;

T_2 - поточна температура алюмінієвого розплаву; T_3 - поточна температура двохфазної частини виливки; T_4 - поточна температура твердого алюмінієвого сплаву; T_5 - поточна температура сталевго кокілю; τ - поточний час; x - поточна координата простору.

3.2.2. Початкові умови

$$T_1 = T_{\kappa} \quad (3.6)$$

$$T_2 = T_{зал} \quad (3.7)$$

$$T_5 = T_{\kappa} \quad (3.8)$$

де T_{κ} - початкова температура кокілю (перед заливкою); $T_{зал}$ - температура заливки алюмінієвого розплаву.

3.2.3. Граничні умови

-в центрі центрального стрижня у виливку (умова симетричного охолодження)

$$\frac{\partial T_1}{\partial x} = 0 \quad (3.9)$$

-на границі виливок-центральный стержень:

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} \quad (3.10)$$

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-на границі рідина (розплав)-перехідна частина:

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x} \quad (3.11)$$

-на границі перехідна частина – тверда кірка:

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x} = -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial x} \quad (3.12)$$

- на границі кокіль-навколишнє повітря (конвективний теплообмін):

$$-\lambda_5 \frac{\partial T_5}{\partial x} = \alpha_k (T_5 - T_c) \quad (3.13)$$

де α_k - коефіцієнт конвективної тепловіддачі з поверхні кокілю; T_c - температура навколишнього повітря в цеху.

3.3. Теоретичний аспект утворення газового зазору в кокілі

Важливою границею для всієї динаміки теплопередачі є границя виливок-стінка кокілю. Безпосередньо перед зборкою кокілю робоча його поверхня покривається вогнетривкою фарбою. Після заливки розплаву в кокіль вогнетривка фарба певною мірою згорає і в силу термічного розширення кокілю і усадки виливки утворюється газовий зазор з залишками фарби. В силу малого лінійного розміру зазору в ньому не може розвиватися конвекція. Згідно з відомими науковими даними теплота в ньому передається в основному теплопровідністю і певною мірою випромінюванням [14]. Саме тому тепловий потік в газовому зазорі від виливки до стінки кокілю доцільно виразити у вигляді ефективного параметру

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

$$Q = \alpha_1 (T_4 - T_5) F \quad (3.14)$$

де Q – тепловий потік;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі;

F – площа контакту виливки з металевою формою при тепловій взаємодії.

З огляду на те, що зазор має досить малу товщину, його можна представити разом із кокілем як багатошарову стінку. В цьому випадку величина α_1 являє собою коефіцієнт теплопередачі через таку стінку і може бути виражений відомим співвідношенням

$$\alpha_1 = \frac{1}{\frac{x_{газ}}{\lambda_{газ}} + \frac{x_{\phi}}{\lambda_{\phi}} + \frac{x_{\kappa}}{\lambda_{\kappa}} + \frac{1}{\alpha_{\kappa}}} \quad (3.15)$$

де λ_{ϕ} - коефіцієнт теплопровідності кокільної фарби; $\lambda_{газ}$ - коефіцієнт теплопровідності газу в зазорі; $x_{газ}$ - лінійний розмір газового прошарку; x_{ϕ} - товщина шару фарби; x_{κ} - товщина стінки кокілю.

Таким чином, зазор $x_{зазор}$ буде складатися із двох частин – газового прошарку та шару кокільної фарби

$$x_{зазор} = x_{газ} + x_{\phi} \quad (3.16)$$

Внаслідок складності процесу, нерівномірності зазору по всьому контуру виливки і відсутності достовірних наукових даних, які можна було б використати для випадку лиття корпусу насоса НШ 32, задачу спростили і прийняли, що теплота в газовому зазорі передається виключно теплопровідністю. При цьому

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплофізичні константи для зазору доцільно прийняти як результат усередненого впливу кокільної фарби і газу.

Для границі виливок-стінка кокілю маємо:

$$-\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial x} = -\lambda_5 \frac{\partial T_5}{\partial x} = -\frac{(\lambda_\phi + \lambda_{\text{газ}})}{2} \frac{(T_5 - T_4)}{x_{\text{зазор}}} \quad (3.17)$$

Величина газового прошарку $x_{\text{газ}}$ визначається як сукупний результат розширення кокілю і усадки виливки:

$$x_{\text{газ}} = \beta \cdot x_\kappa \cdot (T'_5 - T''_5) + \varphi \cdot x_\epsilon \cdot (T'_4 - T''_4) \quad (3.18)$$

де β - коефіцієнт термічного розширення матеріалу кокілю; T'_5 - кінцева середньоінтегральна температура стінки кокілю; T''_5 - початкова середньоінтегральна температура стінки кокілю; φ - коефіцієнт лінійної усадки алюмінієвого сплаву; x_ϵ - товщина стінки виливки; T'_4 - кінцева середньоінтегральна температура стінки виливки; T''_4 - початкова середньоінтегральна температура стінки виливки.

3.4. Розробка методики розрахунку затвердіння виливки корпусу насоса НШ 32 в кокілї

3.4.1. Виведення основних розрахункових формул

Задача затвердіння виливки (3.1)-(3.13) і (3.16)-(3.18) аналітичного розв'язку не має. Її в значній мірі ускладнюють умови (3.3), (3.13), (3.17) і (3.18). Саме тому для розв'язання задачі використали чисельний метод скінченних різниць [15].

Згідно з концепцією методу розрахункова область (рис. 3.2) була покрита сіткою з фіксованою зміною координати відстані Δx (рис. 3.3).

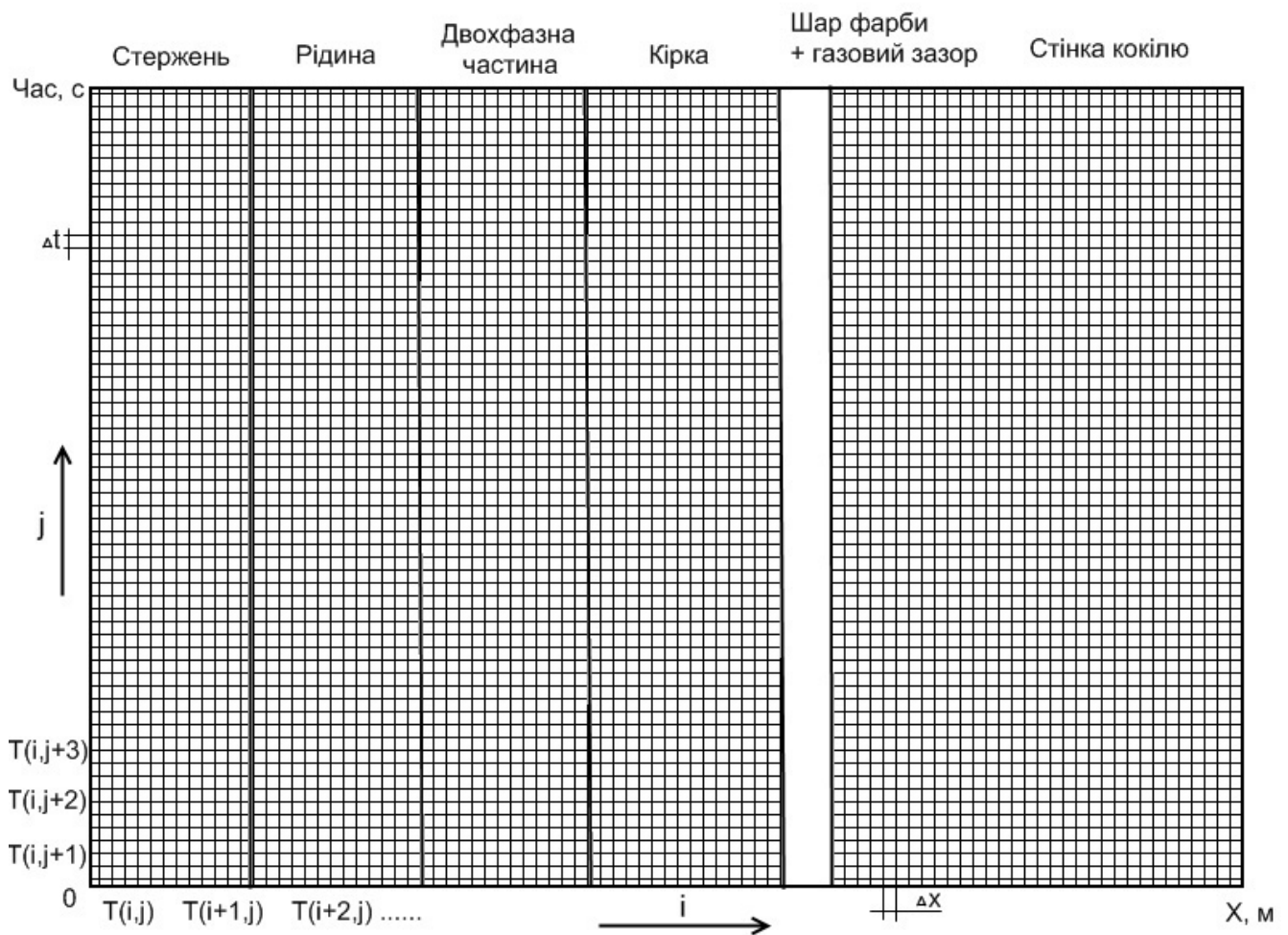


Рис. 3.3. – Просторово-часова сітка

i – лічильник вузлів вздовж осі x ;

j – лічильник вузлів вздовж осі τ (часу).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ

Арк.

85

Для апроксимації функції температури і її похідних в (3.1)-(3.18) використали універсальну стійку неявну скінченно-різницеву схему (шаблон на рис. 3.4).

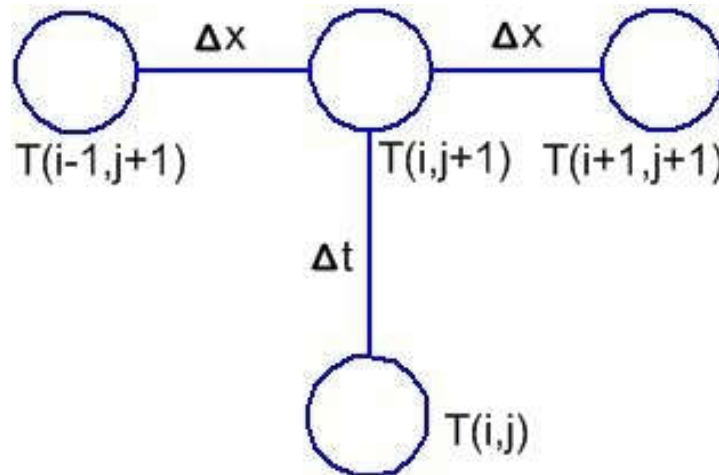


Рис. 3.4. – Шаблон неявної різницевої схеми

Використавши прийнятий шаблон запишемо рівння процесу (3.1) –(3.5) в скінченних різницях:

$$c_1 \rho_1 \frac{[T_1(i, j+1) - T_1(i, j)]}{\Delta \tau} = \lambda_1 \frac{[T_1(i+1, j+1) - 2T_1(i, j+1) + T_1(i-1, j+1)]}{\Delta x^2} \quad (3.19)$$

$$c_2 \rho_2 \frac{[T_2(i, j+1) - T_2(i, j)]}{\Delta \tau} = \lambda_2 \frac{[T_2(i+1, j+1) - 2T_2(i, j+1) + T_2(i-1, j+1)]}{\Delta x^2} \quad (3.20)$$

$$c_{ef} \rho_3 \frac{[T_3(i, j+1) - T_3(i, j)]}{\Delta \tau} = \lambda_3 \frac{[T_3(i+1, j+1) - 2T_3(i, j+1) + T_3(i-1, j+1)]}{\Delta x^2} \quad (3.21)$$

$$c_4 \rho_4 \frac{[T_4(i, j+1) - T_4(i, j)]}{\Delta \tau} = \lambda_4 \frac{[T_4(i+1, j+1) - 2T_4(i, j+1) + T_4(i-1, j+1)]}{\Delta x^2} \quad (3.22)$$

$$c_5 \rho_5 \frac{[T_5(i, j+1) - T_5(i, j)]}{\Delta \tau} = \lambda_5 \frac{[T_5(i+1, j+1) - 2T_5(i, j+1) + T_5(i-1, j+1)]}{\Delta x^2} \quad (3.23)$$

Перепишемо рівняння (3.19) у вигляді

$$\frac{T(i,j+1)-T(i,j)}{\Delta\tau} = a_1 \frac{T(i+1,j+1)-2T(i,j)+T(i-1,j+1)}{\Delta x^2}; \quad (3.24)$$

де $a_1 = \frac{\lambda_1}{c_1 \rho_1}$ – коефіцієнт теплопровідності.

Розв'язавши рівняння (3.24) відносно температури $T(i,j+1)$, отримаємо:

$$T(i,j+1) = \frac{Z1}{Z2} T(i+1,j+1) + \frac{Z1}{Z2} T(i-1,j+1) + \frac{1}{Z2} T(i,j) \quad (3.25)$$

де $Z1$ і $Z2$ – допоміжні коефіцієнти:

$$Z1 = \frac{a_1 \Delta\tau}{\Delta x^2} \quad (3.26)$$

і

$$Z2 = 1 + \frac{2a_1 \Delta\tau}{\Delta x^2} \quad (3.27)$$

У рівнянні (3.25) температура $T(i,j+1)$ є шуканою величиною, а температури $T(i+1,j+1)$ і $T(i-1,j+1)$ – невідомі. Для можливості розрахунку температурного поля відливка і стінки форми використаємо метод прогонки [15].

Нехай

$$T(i,j+1) = A(i) + B(i) T(i+1,j+1) \quad (3.28)$$

де $A(i)$ і $B(i)$ – коефіцієнти прогонки.

Отже,

$$T(i-1, j+1) = A(i-1) + B(i-1) T(i, j+1) \quad (3.29)$$

Підставимо праву частину рівняння (3.29) у рівняння (3.25) замість $T(i-1, j+1)$. Після математичних перетворень отримуємо:

$$T(i, j+1) = \frac{\frac{Z_1}{Z_2} A(i-1) + \frac{1}{Z_2} T(i, j)}{1 - \frac{Z_1}{Z_2} B(i-1)} + \frac{\frac{Z_1}{Z_2}}{1 - \frac{Z_1}{Z_2} B(i-1)} T(i+1, j+1) \quad (3.30)$$

Порівнявши рівняння (3.30) з (3.28) отримуємо формули для розрахунку коефіцієнтів прогонки:

$$A(i) = \frac{\frac{Z_1}{Z_2} A(i-1) + \frac{1}{Z_2} T(i, j)}{1 - \frac{Z_1}{Z_2} B(i-1)}, \quad (3.31)$$

і

$$B(i) = \frac{\frac{Z_1}{Z_2}}{1 - \frac{Z_1}{Z_2} B(i-1)} \quad (3.32)$$

Таким чином, по формулам (3.31) і (3.32) прямою прогонкою (зліва направо вздовж осі x сітки на рис. 3.3) можуть бути визначені коефіцієнти прогонки $A(i)$ і $B(i)$ для усієї сукупності вузлів просторово-часової сітки в межах центрального стрижня виливки. Після цього за допомогою зворотної прогонки по формулі (3.28) розраховується температурне поле центрального стрижня виливки корпусу насоса НШ 32 поступово через однакові проміжки часу $\Delta\tau$.

Початкові значення коефіцієнтів прогонки $A(1)$ і $B(1)$ визначаються за допомогою граничної умови (3.9) для центру стрижня.

Отже,

$$T(1, j+1) = T(2, j+1) \quad (3.33)$$

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умову (3.28) запишемо для першого вузла:

$$T(1, j + 1) = A(1) + B(1) T(2, j + 1) \quad (3.34)$$

Співставимо рівняння (3.34) з рівнянням (3.33), отримаємо $A(1) = 0$ і $B(1) = 1$.

Оскільки рівняння (3.20), (3.21), (3.22) і (3.23) є аналогічними рівнянню (3.19), то отримані формули (3.31) і (3.32) можна використати для інших частин розрахункової області:

- для рідини в коклі

$$A(i) = \frac{\frac{z_3}{z_4} A(i-1) + \frac{1}{z_4} T(i, j)}{1 - \frac{z_3}{z_4} B(i-1)} \quad (3.35)$$

$$B(i) = \frac{\frac{z_3}{z_4}}{1 - \frac{z_3}{z_4} B(i-1)} \quad (3.36)$$

$$\text{де } z_3 = \frac{a_2 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad z_4 = \frac{1 + 2a_2 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad a_2 = \frac{\lambda_2}{c_2 \rho_2}$$

- для двофазної частини виливки в коклі

$$A(i) = \frac{\frac{z_5}{z_6} A(i-1) + \frac{1}{z_6} T(i, j)}{1 - \frac{z_5}{z_6} B(i-1)}, \quad (3.37)$$

$$B(i) = \frac{\frac{z_5}{z_6}}{1 - \frac{z_5}{z_6} B(i-1)} \quad (3.38)$$

$$\text{де } z_5 = \frac{a_3 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad z_6 = \frac{1 + 2a_3 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad a_3 = \frac{\lambda_3}{c_{ef} \rho_3}$$

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для твердої кірки виливки в кокілї

$$A(i) = \frac{\frac{z_7}{z_8} A(i-1) + \frac{1}{z_8} T(i, j)}{1 - \frac{z_7}{z_8} B(i-1)}, \quad (3.39)$$

$$B(i) = \frac{\frac{z_7}{z_8}}{1 - \frac{z_7}{z_8} B(i-1)} \quad (3.40)$$

$$\text{де } z_7 = \frac{a_4 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad z_8 = \frac{1 + 2a_4 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad a_4 = \frac{\lambda_4}{c_4 \rho_4}$$

- для стінки кокілью

$$A(i) = \frac{\frac{z_9}{z_{10}} A(i-1) + \frac{1}{z_{10}} T(i, j)}{1 - \frac{z_9}{z_{10}} B(i-1)}, \quad (3.41)$$

$$B(i) = \frac{\frac{z_9}{z_{10}}}{1 - \frac{z_9}{z_{10}} B(i-1)} \quad (3.42)$$

$$\text{де } z_9 = \frac{a_5 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad z_{10} = \frac{1 + 2a_5 \Delta \tau}{\Delta x^2} i \quad a_5 = \frac{\lambda_5}{c_5 \rho_5}$$

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4.2. Узгодження граничної умови на зовнішній поверхні кокілю зі схемою розрахунку

Нехай на зовнішній поверхні кокілю $i=N$. Представимо граничну умову (3.13) в скінченних різницях. Маємо,

$$-\lambda_5 \frac{[T(N, j+1) - T(N-1, j+1)]}{\Delta x} = \alpha_k [T(N, j+1) - T_c] \quad (3.43)$$

Виразимо із (3.43) температуру $T(N-1, j+1)$, маємо

$$T(N-1, j+1) = \frac{(z_F + \alpha_k)}{z_F} T(N, j+1) - \frac{\alpha_k T_c}{z_F} \quad (3.44)$$

де коефіцієнт $z_F = \frac{\lambda_5}{\Delta x}$

Нехай

$$T(N-1, j+1) = A(N-1) + B(N-1)T(N, j+1) \quad (3.45)$$

Співставимо (3.45) з (3.44), маємо

$$A(N-1) = -\frac{\alpha_k T_c}{z_F} \quad (3.46)$$

$$B(N-1) = \frac{(z_F + \alpha_k)}{z_F} \quad (3.47)$$

Таким чином визначено коефіцієнти прогонки $A(N-1)$ і $B(N-1)$, що дає можливість розрахувати температуру $T(N, j+1)$ на граничній поверхні кокілю при конвективному теплообміну за прийнятою схемою.

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4.3. Узгодження граничної умови газового зазору зі схемою розрахунку

Визначальною для даної задачі є гранична умова між виливком і стінкою кокілю (3.17). Тобто умова, яка визначає теплопередачу в шарі кокільної фарби і в газовому зазорі. Нехай номер вузла $i=M$ на границі між виливком і стінкою кокілю. Запишемо рівняння (3.17) в скінченних різницях за неявною різницевою схемою (рис. 3.4).

Отже,

$$-\lambda_4 \frac{[T(M, j+1) - T(M-1, j+1)]}{\Delta x} = -\frac{(\lambda_\phi + \lambda_{газ})}{2} \frac{[T(M+1, j+1) - T(M, j+1)]}{x_{газор}} \quad (3.48)$$

Виразимо з (3.48) температуру $T(M, j+1)$, отримаємо

$$T(M, j+1) = \frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} T(M-1, j+1) + \frac{(\lambda_\phi + \lambda_{газ})}{2 \cdot x_{газор} \cdot z_{газ}} T(M+1, j+1) \quad (3.49)$$

де коефіцієнт $z_{газ} = \frac{(\lambda_\phi + \lambda_{газ})}{2 \cdot x_{газор}} + \frac{\lambda_4}{\Delta x}$

Нехай $T(M, j+1) = A(M) + B(M)T(M+1, j+1)$ (3.50)

або $T(M-1, j+1) = A(M-1) + B(M-1)T(M, j+1)$ (3.51)

Підставимо праву частину з (3.51) в (3.49). Отримуємо

$$T(M, j+1) = \frac{\frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} A(M-1)}{\left(1 - \frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} B(M-1)\right)} + \frac{\frac{(\lambda_\phi + \lambda_{газ})}{2 \cdot x_{газор} \cdot z_{газ}} T(M+1, j+1)}{\left(1 - \frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} B(M-1)\right)} \quad (3.52)$$

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівнюючи (3.52) з (3.50) визначаємо розрахункові формули для коефіцієнтів прогонки $A(M)$ і $B(M)$:

$$A(M) = \frac{\frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} A(M-1)}{\left(1 - \frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} B(M-1)\right)} \quad (3.53)$$

$$B(M) = \frac{\frac{(\lambda_\phi + \lambda_{газ})}{2 \cdot x_{газор} \cdot z_{газ}}}{\left(1 - \frac{\lambda_4}{\Delta x \cdot z_{газ}} B(M-1)\right)} \quad (3.54)$$

Рекурентне визначення коефіцієнтів прогонки має таку послідовність:

- за формулами (3.31) і (3.32) розраховуються коефіцієнти прогонки для всіх вузлів в центральному стрижні;
- за формулами (3.35) і (3.36) розраховуються коефіцієнти прогонки для всіх вузлів в рідкому сплаві виливки;
- за формулами (3.37) і (3.38) розраховуються коефіцієнти прогонки для всіх вузлів в перехідній області виливки;
- за формулами (3.39) і (3.40) розраховуються коефіцієнти прогонки для всіх вузлів в твердій кірці виливки;
- за формулами (3.53) і (3.54) розраховуються коефіцієнти прогонки для граничного вузла між виливком і стінкою кокілю;
- за формулами (3.41) і (3.42) розраховуються коефіцієнти прогонки для всіх вузлів в стінці кокілю (окрім останнього і передостаннього вузлів);
- за формулами (3.46) і (3.47) розраховуються коефіцієнти прогонки для передостаннього вузла при $i=N-1$.

Коли всі коефіцієнти прогонки визначені зворотною прогонкою розраховується температурне поле. Після цього за формулою (3.18) виконується перерахунок

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нового значення величини газового зазору і розрахунковий цикл продовжується збільшенням поточного значення часу τ на величину $\Delta\tau$.

Загальна блок-схема алгоритму розв'язання крайової задачі (3.1)-(3.13) і (3.16)-(3.18) методом скінченних різниць за неявною (стійкою) різницевою схемою показана на рис. 3.5.

На основі даної методики в середовищі Visual Basic, що є складовою Microsoft Office EXCEL, розроблена програма розрахунку процесу затвердіння виливки корпусу насоса НШ 32 в кокіллі, яка враховує динаміку теплопередачі в газовому зазорі між тілом виливки і стінкою кокілю.

Розрахунки виконані на персональному комп'ютері. Результат розрахунків наведено в наступному пункті даного розділу.

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

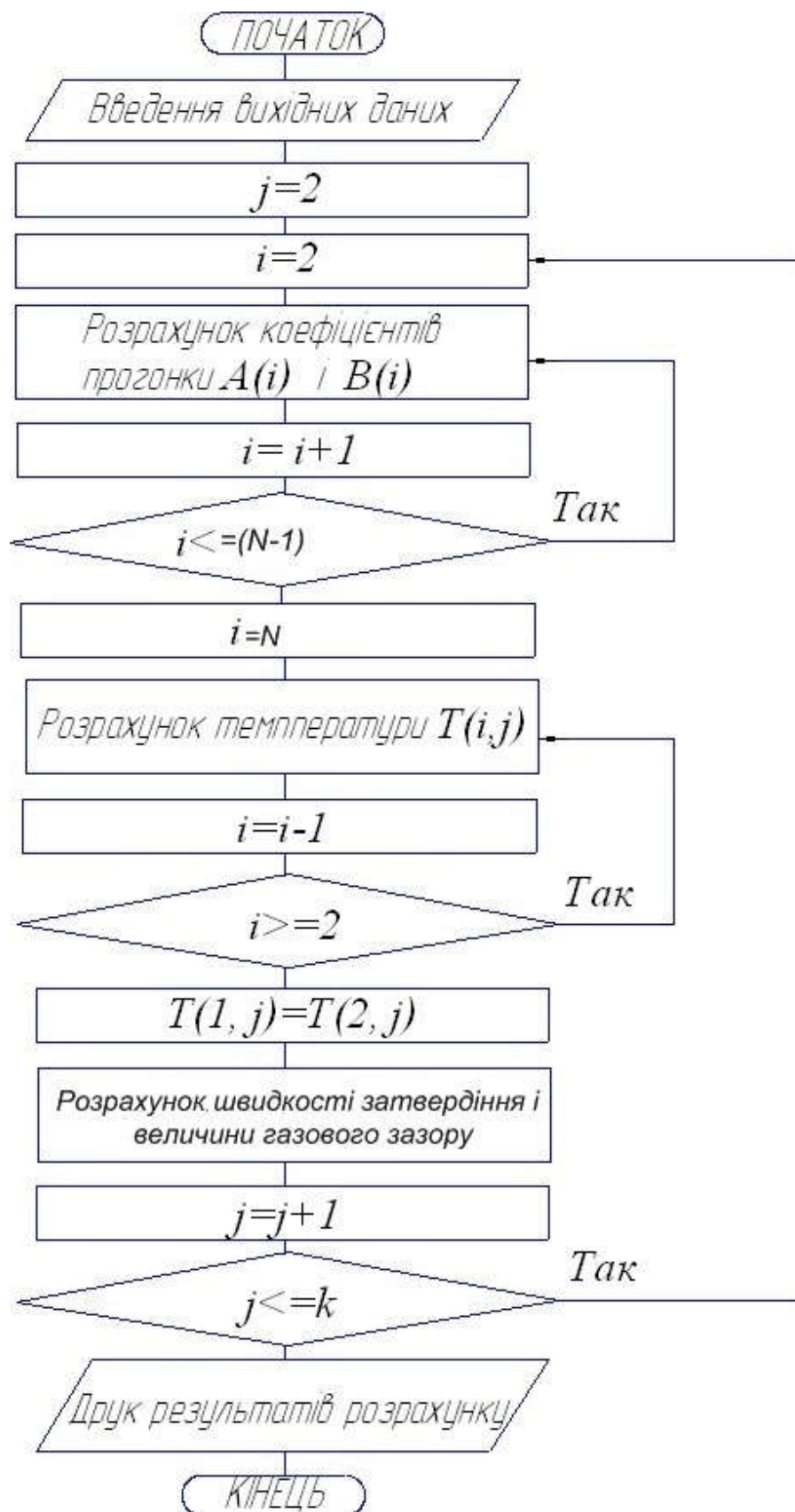


Рис. 3.5. – Загальна блок-схема алгоритму

3.5. Розрахунок на ЕОМ температурного поля, кінетики кристалізації випливу корпусу насоса НШ 32 та динаміки теплопередачі в газовому зазорі

Розрахунки виконані на комп'ютері при таких вихідних даних:

$c_1 = 753$ Дж/(кг К) - теплоємність сталевих центрального стрижня у випливу;

$c_2 = 1275$ Дж/(кг К) - теплоємність розплаву алюмінію;

c_{ef} - ефективна спектральна теплоємність перехідної двохфазної частини

випливу (визначали за спеціальною методикою);

$c_4 = 1080$ Дж/(кг К) - теплоємність твердого алюмінієвого сплаву;

$c_5 = 753$ Дж/(кг К) - теплоємність сталевих кокілью;

$\rho_1 = 7500$ кг/м³ - густина матеріалу стрижня в центрі випливу;

$\rho_2 = 2200$ кг/м³ - густина алюмінієвого розплаву;

ρ_3 - густина перехідної двохфазної частини випливу (визначали за спеціальною методикою);

$\rho_4 = 2500$ кг/м³ - густина твердого алюмінієвого сплаву;

$\rho_5 = 7500$ кг/м³ - густина сталевих кокілью;

$\lambda_1 = 54,5$ Вт/(м К) - коефіцієнт теплопровідності сталевих стрижня;

$\lambda_2 = 83$ Вт/(м К) - коефіцієнт теплопровідності розплаву алюмінію;

λ_3 - коефіцієнт теплопровідності двохфазної частини випливу (визначали за спеціальною методикою);

$\lambda_4 = 104$ Вт/(м К) - коефіцієнт теплопровідності твердого алюмінієвого сплаву;

$\lambda_5 = 54,5$ Вт/(м К) - коефіцієнт теплопровідності сталевих кокілью;

$\lambda_{\phi} = 0,296$ Вт/(м К) – коефіцієнт теплопровідності кокільної вогнетривкої фарби на основі окису цинку;

$\lambda_{газ} = 0,071$ Вт/(м К) – середній коефіцієнт теплопровідності більшості газів в зазорі (N₂, O₂, CO, CO₂, окрім водню);

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta x = 0.001$ м – прийнятий для розрахунку крок зміни координати x (крок сітки вздовж координати x на рис. 3.3)

$\Delta \tau = 0.5$ с – прийнятий для розрахунку крок зміни часу (крок сітки вздовж координати τ на рис. 3.3)

$T_k = 200$ С - початкова температура сталевого кокілю (перед заливкою);

$T_{зал} = 730$ С - температура заливки алюмінієвого розплаву.

$T_l = 597$ С – температура ліквідусу алюмінієво-кремнієвого розплаву;

$T_s = 567$ С – температура солідусу алюмінієво-кремнієвого розплаву;

$x_g = 0,011$ м - середня товщина стінки виливки корпусу насоса НШ 32 (креслення технологічних вказівок даного проекту);

$x_k = 0,035$ - товщина стінки кокілю (креслення кокілю в зборі даного проекту);

$x_\phi = 0,0005$ м – товщина шару кокільної фарби;

$\beta = 13 \cdot 10^{-6}$ С⁻¹ - коефіцієнт термічного розширення матеріалу кокілю (сталі);

$\phi = 22 \cdot 10^{-6}$ С⁻¹ - коефіцієнт лінійної усадки алюмінієвого сплаву.

Розрахункова крива зміни температури стінки виливки “Корпус НШ 32” показана на рис. 3.6.

Як видно на рис. 3.6 спочатку алюмінієвий розплав охолоджується в кокілі за 2 хв до температури ліквідусу. Потім відбувається кристалізація сплаву в інтервалі температур ліквідус-солідус. Кристалізація виливки закінчується після заповнення ливарної форми через 12 хв. Після цього твердий виливок охолоджується до температури вибивки з форми. Розрахунки показали, що охолодження твердої виливки в кокілі до температури 300 С закінчується протягом 24,5 хв після заливки форми (рис. 3.6).

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

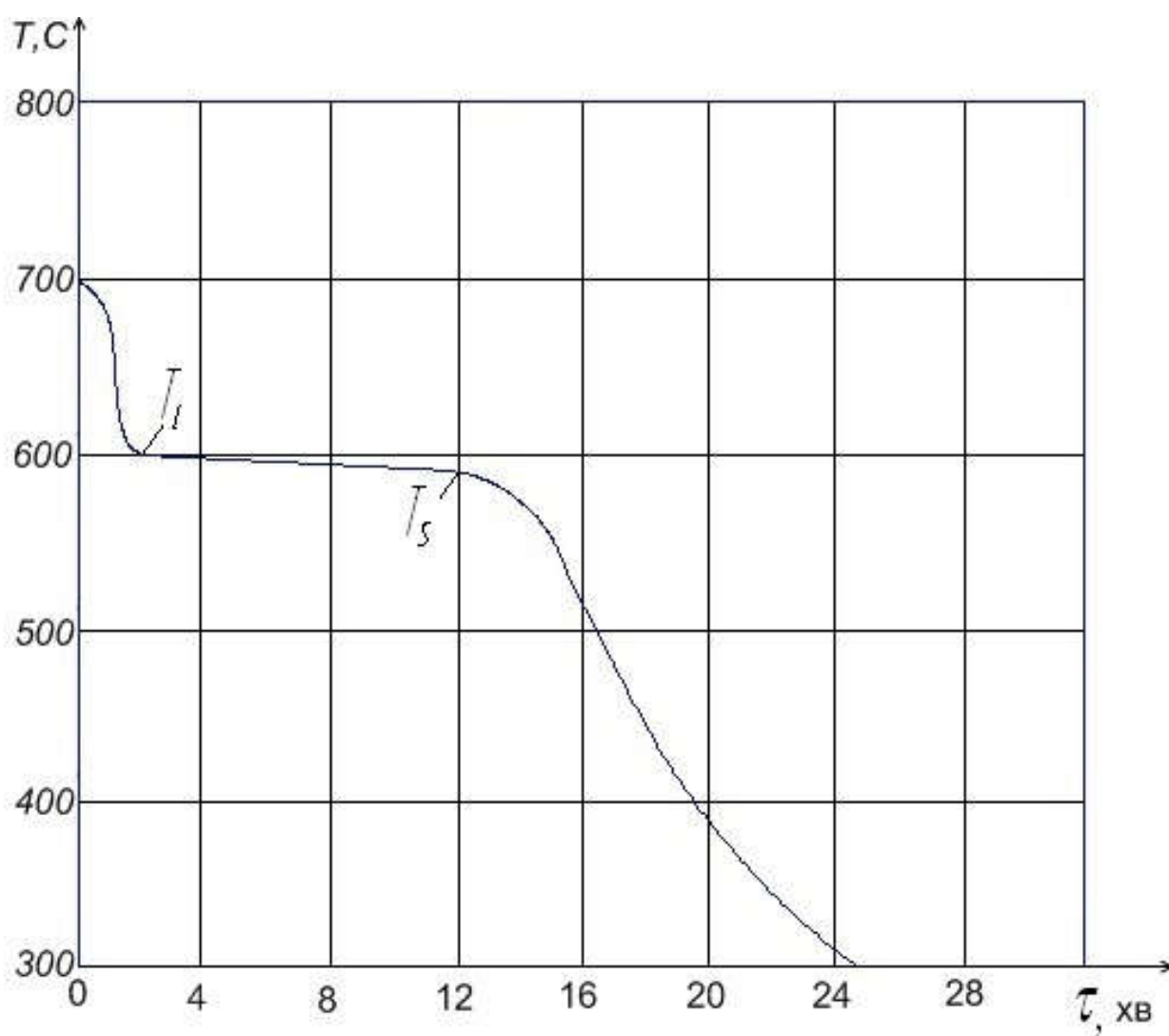


Рис. 3.6 – Крива зміни температури стінки виливки “Корпус НШ 32”

Розрахована кінетика затвердіння виливки показана на рис. 3.7.

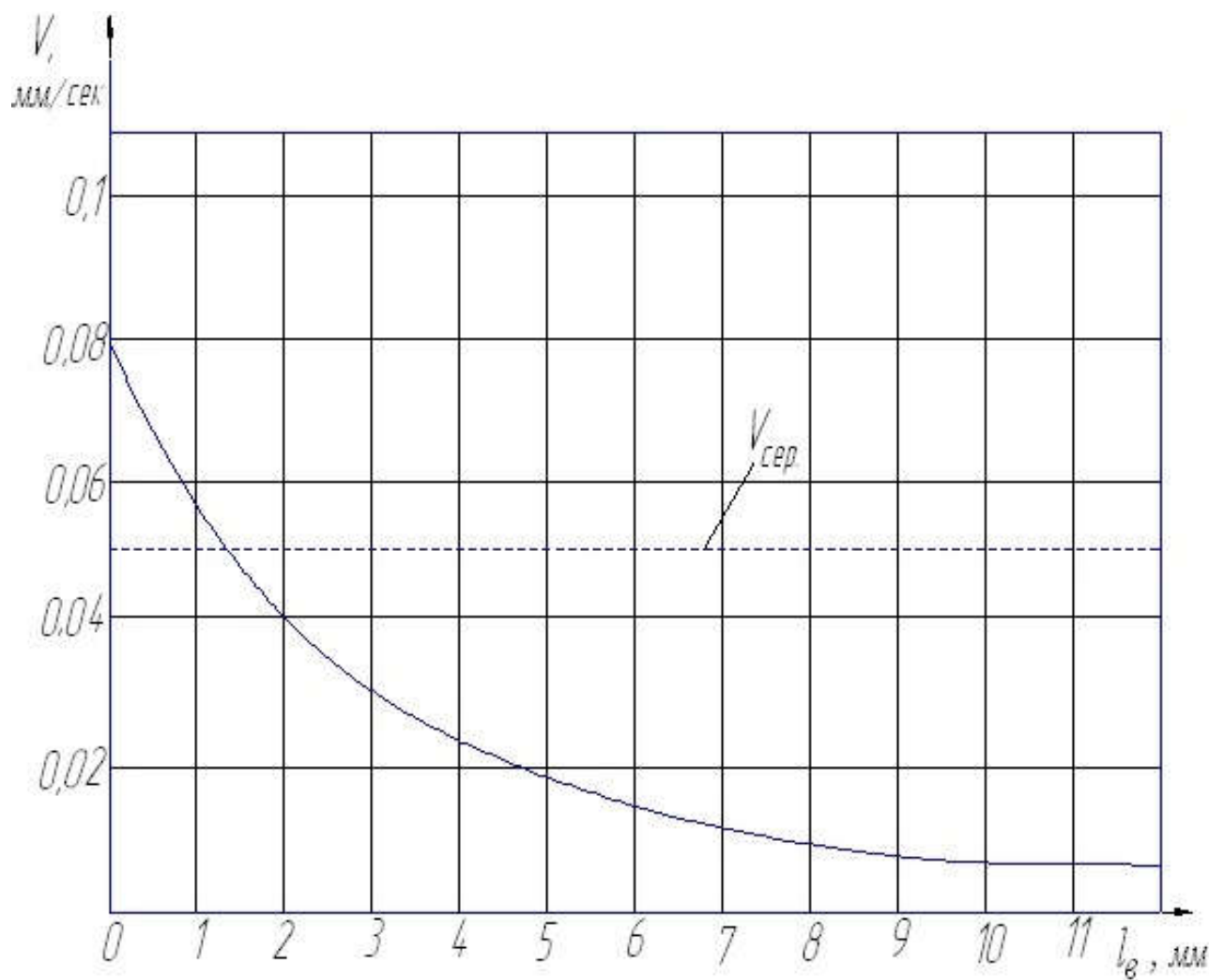


Рис. 3.7 – Крива зміни швидкості затвердіння виливки “Корпус НШ 32”

Розрахована залежність кількості теплоти, що передається теплопровідністю від товщини газового зазору показана на рис. 3.8.

Як видно на рис. 3.8. по мірі зростання товщини газового зазору спостерігається значне зменшення кількості теплоти Q (3.14), що передається способом теплопровідності. Це, насамперед, можна пояснити вирівнюванням

температур виливки і стінки кокілю, а також ще і тим, що величина $x_{\text{зазор}}$, яка збільшується з часом, знаходиться в рівнянні (3.18) в знаменнику.

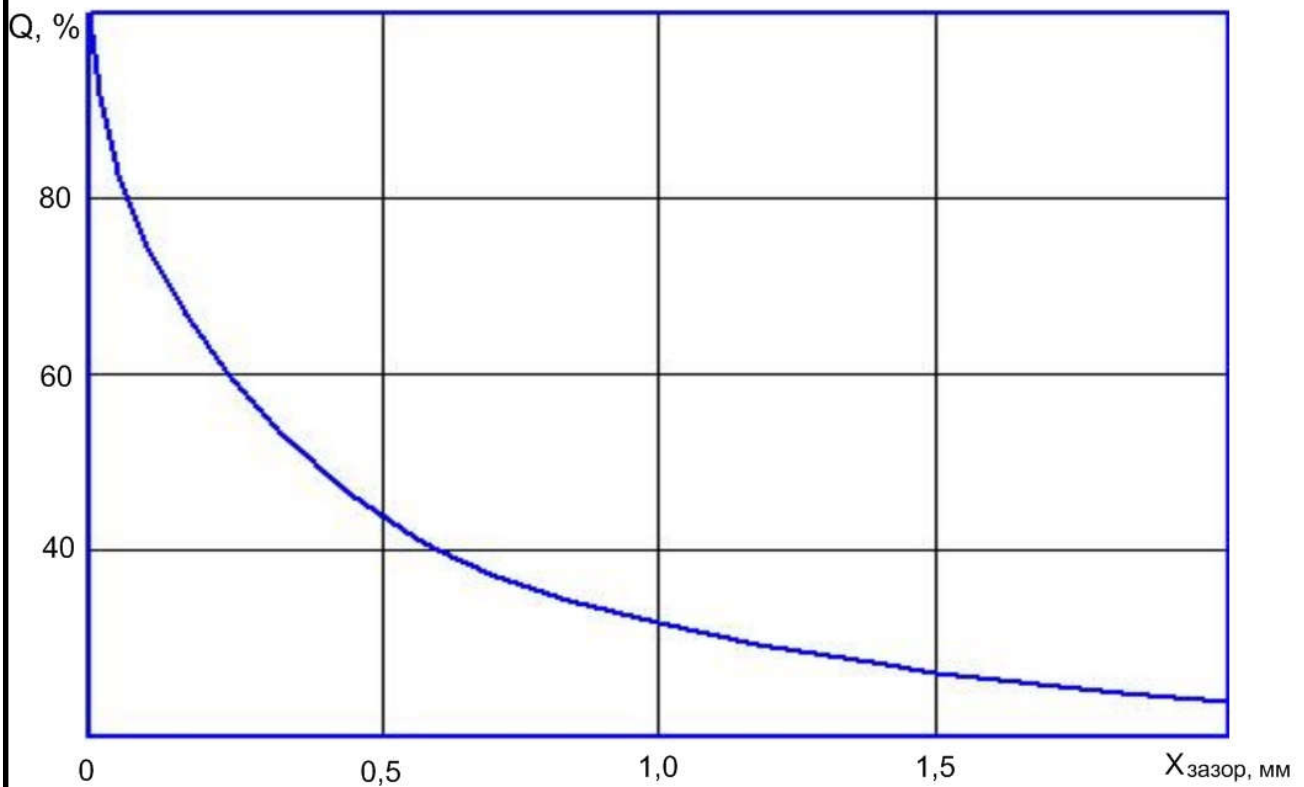


Рис. 3.8 – Залежність кількості теплоти, що передається теплопровідністю від товщини газового зазору

3.6. Оптимізація технологічного процесу лиття корпусу насоса НШ 32

В найпростішому випадку кількість позицій на каруселі становить – чотири. При цьому час простою каруселі $\tau_{2,3,4}$ на кожній позиції (окрім позиції заливки) визначаємо за формулою:

$$\tau_{2,3,4} = \frac{\tau}{4-1} = \frac{24,5}{3} = 8,17 \text{ хв.} \quad (3.55)$$

де τ – час витримки виливки корпусу насоса НШ 32 в коклі.

На рис. 3.9 схематично показано цикл роботи чотирьохпозиційної кокільної машини.

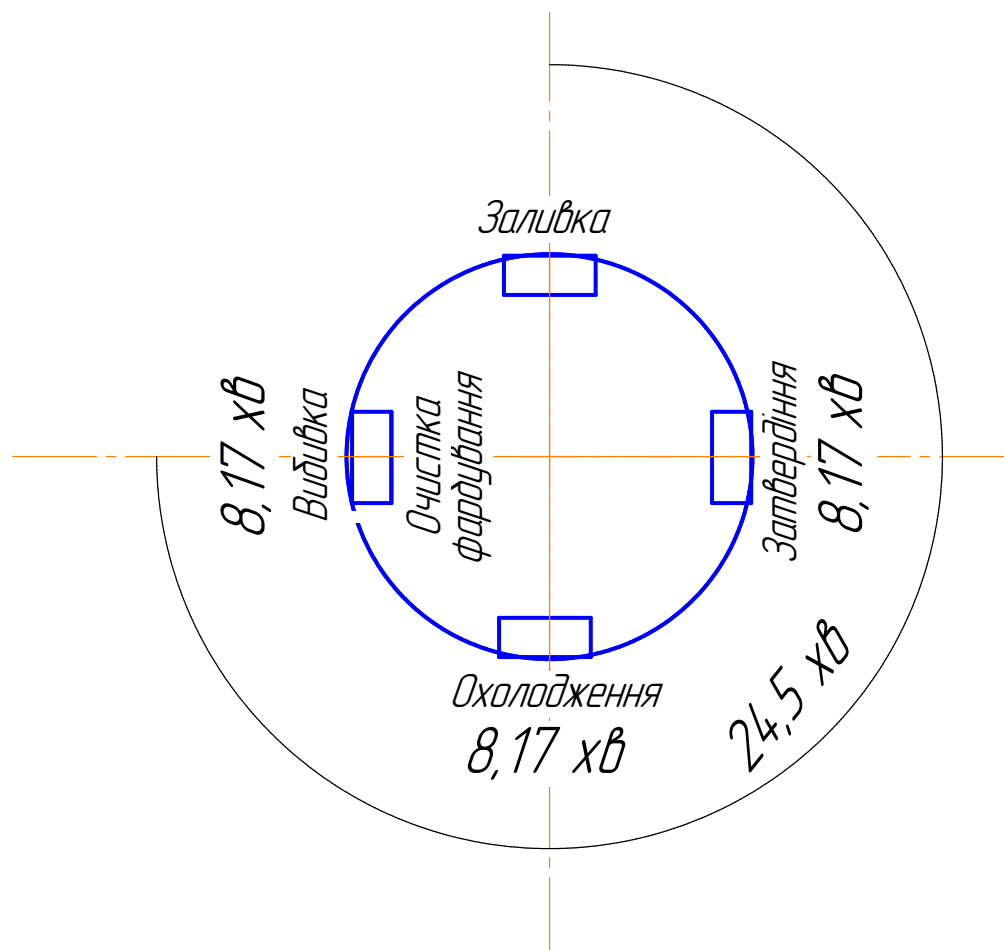


Рис. 3.9. – Цикл роботи чотирьохпозиційної кокільної машини

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

Як видно, кожен кокіль перебуває на кожній позиції 8,17 хв, а загальний час перебування виливки в кокіль відповідає розрахунковій тривалості, рівній 24,5 хв.

В загальній частині даного проекту вказувалося, що в цеху застосовуються восьмипозиційні карусельні кокільні машини моделі 59К815. При такій кількості позицій (рис. 3.10) час простою каруселі $\tau_{2,3,4,5,6,7,8}$ на кожній позиції (окрім позиції заливки) визначаємо за формулою:

$$\tau_{2,3,4,5,6,7,8} = \frac{\tau}{8-1} = \frac{24,5}{7} = 3,5 \text{ хв.} = 210 \text{ сек} \quad (3.56)$$

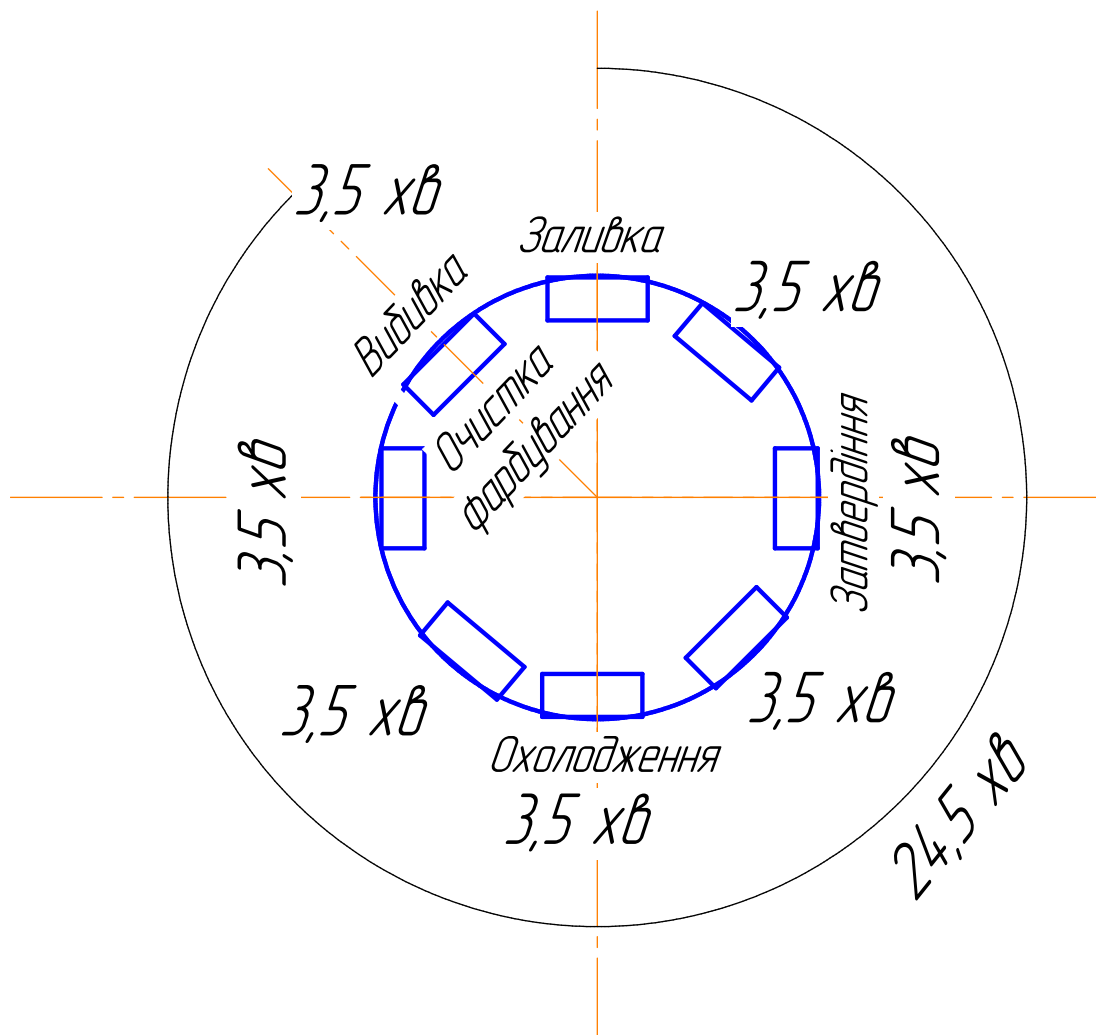


Рис. 3.10. – Цикл роботи восьмипозиційної кокільної машини моделі 59К815

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ

Арк.

102

Зважаючи на менший час простою каруселі на кожній позиції і більшу кількість кокілів більш доцільним є варіант з вісьмома позиціями. При встановлених восьми кокілях продуктивність кокільної машини буде вдвічі більшою ніж при чотирьох. При цьому, за кожні 3,5 хв видаляється з кокілю наступний готовий виріб і одночасно виконується заливка нового кокілю.

Таким чином, розв'язавши задачу затвердіння виливки корпусу насоса НШ 32 в кокілі з урахуванням динаміки теплопередачі в газовому зазорі вдалося оптимізувати цикл лиття таких виробів на карусельній кокільній машині при пульсуючому режимі роботи.

					ДП-131.21.11.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Річна потреба цеху кокільного литва в стисненому повітрі

Розрахунок ведемо на підставі витрати стисненого повітря на 1 т придатного литва по формулі:

$$Q_{\text{ст}} = P_{\text{ст}} \cdot Q_{\text{п}}, \quad (4.1)$$

де $P_{\text{ст}}$ - витрата стисненого повітря на 1 т придатного литва $P_{\text{ст}} = 750 \dots 800$ м³/т.

$$W = 775 \cdot 3300 = 2557500, \text{ м}^3.$$

4.2. Річна потреба цеху кокільного литва в електроенергії

Визначаємо потребу цеху в технологічній, силовій та освітлювальній електроенергії по типовим нормам витрат на 1 т придатного литва.

Загальні витрати електроенергії по цеху складають:

$$W = W_{\text{т}} + W_{\text{е}} + W_{\text{о}}, \quad (4.2)$$

де $W_{\text{т}}$ – річна витрата електроенергії на технологічні потреби, кВт·рік;

$W_{\text{е}}$ – річна потреба в електроенергії на електропривод силових установок, кВт·рік;

$W_{\text{о}}$ – річна потреба в освітлювальній електроенергії кВт·рік.

					ДП-131.21.11.04.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Енергетична частина		Літ.	Арк.
Перевір.		Ломакін В.М.						Акрушіє
Реценз.								
Н. Контр.		Ломакін В.М.					ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М	
Затверд.		Кропівний В.М.						

Річна потреба електроенергії розраховується на основі встановленої потужності устаткування і річної кількості його роботи. Укрупнені розрахунки приводяться по питомим нормам витрати електроенергії на 1 т придатного литва по формулі:

$$W_e = P_e \cdot Q_n \cdot K_w, \quad (4.3)$$

де P_e – питома витрата силової електроенергії на 1 т придатного литва, кВт·рік;

Q_n – випуск придатних відливок, т/рік

$K_w=1,05$ – коефіцієнт, який враховує витрати електроенергії.

$$W_e = 120 \cdot 3300 \cdot 1.05 = 415800, \text{ кВт} \cdot \text{рік}$$

Річну витрату електроенергії на технологічні потреби визначаємо по формулі:

$$W_T = P_T \cdot Q_n \cdot K_w, \quad (4.4)$$

де P_T – питома витрата технологічної електроенергії на 1 т придатного литва, кВт·рік;

$$W_T = 420 \cdot 3300 \cdot 1.05 = 1455300, \text{ кВт} \cdot \text{рік}$$

Річна потреба в освітлювальній електроенергії визначається по формулі:

$$W_o = 0,001 \cdot \rho \cdot F \cdot \Phi_d, \quad (4.5)$$

					ДП-131.21.11.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ρ – середні витрати за 1 годину на 1 м² площі (для виробничих відділень ливарного цеху, $\rho=18$ Вт);

F – освітлювальна площа, м²;

Φ_d – річне число годин освітлювального навантаження.

$$W_0 = 0,001 \cdot 18 \cdot 6912 \cdot 5783 = 719498, \text{ кВт} \cdot \text{рік}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$W = 415800 + 1455300 + 719498 = 2590598, \text{ кВт} \cdot \text{рік}.$$

4.3. Річна потреба цеху кокільного литва у воді

Вода в ливарному цеху витрачається на грануляцію шлаку, охолодження печі, господарчі потреби, в охолоджуючій камері термічній печі, побутові і санітарно-гігієнічні потреби. Витрата води на технічні потреби розраховується по формулі:

$$P_T = P_n \cdot Q_n, \quad (4.6)$$

де P_n - питомі витрати технологічної води на 1 т придатного литва, м³/т.

$$P_T = 35 \cdot 3300 = 115500, \text{ м}^3.$$

					ДП-131.21.11.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Капітальні вкладення

Капітальні вкладення при проектуванні ливарного цеху алюмінієвого литва визначаються методом прямого розрахунку окремих елементів по балансовій вартості [16]:

$$K = K_{uc} + K_{буд} + K_y + K_{осн} + K_{инв} + K_{пр}, \quad (5.1)$$

де K_{uc} – капіталовкладення в устаткування;

$K_{буд}$ – капіталовкладення в будівлі та споруди;

K_y – капіталовкладення в устаткування;

$K_{осн}$ – капіталовкладення в технологічне оснащення;

$K_{инв}$ – капітальні вкладення в інвентар;

$K_{пр}$ – капітальні вкладення в проектування цеху.

Капітальні вкладення в устаткування визначаємо за формулою:

$$K_{uc} = K_{ут} + K_{уе} + K_{пту} + K_{км} \quad (5.2)$$

де $K_{ут}$ – капіталовкладення в технологічне устаткування;

$K_{уе}$ – капіталовкладення в енергетичне устаткування;

$K_{пту}$ – капіталовкладення в підйомно-транспортне устаткування;

$K_{км}$ – капіталовкладення у засоби комплексної механізації.

Капіталовкладення у технологічне устаткування визначаємо за формулою:

$$K_{ут} = \sum_{i=1}^n \Pi \cdot (1 + \alpha_t + \alpha_c + \alpha_m) \cdot z \quad (5.3)$$

де Π_0 – оптова ціна устаткування з відповідною індексацією на період розрахунків; α_t – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, наближено приймаємо $\alpha_t=0,05$; α_c – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи, приймається в межах $\alpha_c=0,02-0,08$; α_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж та освоєння устаткування, приймається в межах $\alpha_m=0,1-0,15$; z – кількість типорозмірів обладнання.

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Ізовіта О.Л.			Економічна частина			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сисоліна Н.П.								
Реценз.										
Н. Контр.		Ломакін В.М.						ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М		
Затверд.		Кропівний В.М.								

Для плавильної дільниці:

$$K_{\text{ут}} = 450000 \cdot (1 + 0,05 + 0,04 + 0,15) \cdot 4 = 2232000$$

Перелік основного технологічного устаткування по плавильній та інших дільницях приведено в таблиці 5.1.

$$K_{\text{ут}} = K''_{\text{ут}} \cdot K_{\text{п}}, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Таблиця 5.1

Відомість капітальних вкладень в технологічне устаткування

Найменування устаткування	Модель	Кількість	Оптова ціна одиниці Устаткування, грн.	Величина коефіцієнтів			Балансова вартість, грн.	Всього вартість з врахуванням $K_{\text{п}}$, грн.
Піч індукційна		4	450000	0,05	0,04	0,15	558000	2232000
Кокільна карусельна машина		8	800000	0,05	0,08	0,1	984000	7872000
Термообробна піч	«Алтай»	5	400000	0,05	0,08	0,15	512000	2560000
Магніто-динамічний дозатор	МДН-6А	8	150000	0,05	0,08	0,15	192000	1536000
Стрічкопильний відрізний верстат	-	6	120000	0,05	0,08	0,15	153600	921600
Віброшліфувальний верстат		7	250000	0,05	0,08	0,15	320000	2240000
Всього:	—	—	—	—	—	—		17361600

Капіталовкладення в енергетичне устаткування визначають в межах 5 – 20% від вартості технологічного устаткування; приймаємо 10 %, в залежності від виду, призначення та складності устаткування.

$$K_{\text{уе}} = 0,1 \cdot 17361600 = 1736160 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у підйомно-транспортне устаткування визначають в межах 70–100 % від вартості технологічного устаткування; для цеху алюмінієвого литва приймаємо 70 %. $K_{\text{уе}} = 0,7 \cdot 17361600 = 12153120 \text{ грн.}$

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Капіталовкладення у засоби комплексної механізації та автоматизації визначають в межах 25 – 40 % від вартості технологічного устаткування; приймаємо 30 %.

$$K_{ye} = 0,3 \cdot 17361600 = 5208480 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у будівлі визначаємо за формулою :

$$K_{\text{буд}} = S_{\text{цех}} \cdot h_{\text{цех}} \cdot \Pi_{\text{буд}} , \quad (5.5)$$

де $S_{\text{цех}}$ – загальна площа цеху, м^2 ;

h – висота приміщень, м;

$\Pi_{\text{буд}}$ – вартість 1 м^3 будівель, приймається 1500 грн/ м^3 .

Загальна площа цеху

$$S_{\text{цех}} = 7000 \text{ м}^2.$$

Висота приміщення цеху становить $h = 12,65$ м

Отже капіталовкладення в будівлі становлять:

$$K_{\text{буд.осн}} = 7000 \cdot 12,65 \cdot 1500 = 132825000 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в допоміжне будівельне оснащення визначається в межах 12–15 % від вартості будівель; приймаємо 13 %.

$$K_{\text{буд.обл}} = 0,13 \cdot 132825000 = 17267250 \text{ грн.}$$

Всього капітальні вкладення в будівлі та споруди визначається, як сума капіталовкладень в будівлі та будівельне оснащення:

$$K_{\text{буд}} = 132825000 + 17267250 = 150092250 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у ливарне оснащення визначається в межах 7–8% від вартості технологічного устаткування; приймаємо 7 %.

$$K_{\text{осн}} = 0,07 \cdot 17361600 = 1215312 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у виробничий та господарський інвентар визначається в межах 1,5–2 % від вартості технологічного устаткування; приймаємо 1,5%.

$$K_{\text{інв}} = 0,015 \cdot 17361600 = 260424 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в проектування ливарного цеха визначається за формулою:

$$K_{\text{пр}} = \left(\sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \cdot O_i \right) \cdot k$$

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_i – кількість місяців роботи над проектом (7);
 K_i – кількість задіяних конструкторів (2), технологів(4);
 i – кількість різних професій фахівців;
 O_i – посадовий оклад за місяць;
 k – поправочний коефіцієнт, що враховує додаткові витрати.

$$K_{\text{пр}} = (7 \cdot (2 \cdot 9360 + 4 \cdot 9300)) \cdot 1,2 = 469728 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків капітальних вкладень ливарного цеху зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Капітальні вкладення ливарного цеху

№	Групи основних фондів	Розмір капітальних вкладень, грн.	Відсоток капітальних вкладень
1	Технологічне устаткування	17361600	9,2
2	Енергетичне устаткування	1736160	1,0
3	Підйомно-транспортне устаткування	12153120	6,4
4	Будівлі та споруди	150092250	79,7
5	Ливарна оснастка	1215312	0,6
6	Засоби автоматизації та механізації	5208480	2,8
7	Виробничий та господарський інвентар	260424	0,1
8	Капіталовкладення в проектування ливарного цеха	469728	0,2
Всього:		188497074	100%

5.2. Техніко-економічна частина

5.2.1. Складання штатного розкладу працюючих ливарного цеху.

Загальна чисельність виробничих робітників визначається укрупнено по трудомісткості робіт на 1 т придатного литва за формулою :

$$R_{\text{спв}}^{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{п}} \cdot t_{\text{н}}}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.6)$$

де $Q_{\text{п}}$ – маса придатного алюмінієвого литва на річну програму;

$t_{\text{н}}$ – трудомісткість виготовлення 1 т литва, чол/год. Для середньосерійного типу виробництва при обсязі виробництва 3300 т/рік трудомісткість виготовлення 1 т литва становить $t_{\text{н}}=12,5$ чол/год.

$\Phi_{\text{др}}$ – фонд часу дійсний робітників, год;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм, приймається $K_{\text{в}}=1$.

$$R_{\text{спв.}}^{\text{заг.}} = \frac{3300 \cdot 12,5}{1753 \cdot 1} = 23,5 \text{ чол}$$

У зв'язку з тим, що ливарний цех працює в дві зміни, кількість працівників становить $23,5 \cdot 2 = 47$ чол.

Кількість основних робітників по видам устаткування визначається за формулою:

$$R_{\text{сп}} = \frac{M \cdot H_{\text{бр}}}{K_{\text{вип}}} \cdot S \quad (5.7)$$

де M – прийнята кількість одиниць устаткування;

$H_{\text{бр}}$ – число робітників в бригаді;

$K_{\text{вип}}$ – коефіцієнт використання робочого часу

$$K_{\text{вип}} = 1 - 0,01 \cdot C, \quad (5.8)$$

де C – коефіцієнт, що враховує невиходи на роботу з поважних причин,
 $C = 10\text{--}12\%$, приймаємо $C = 10\%$

$$K_{\text{вип}} = 1 - 0,01 \cdot 10 = 0,9$$

Кількість основних робітників плавильної ділянки при кількості робітників бригаді 2 чоловіка та двохзмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{4 \cdot 2}{0,9} \cdot 2 = 17,8 \text{ чол.} \quad (5.9)$$

Приймаємо 17 робітників.

Кількість основних робітників кокільної ділянки при кількості робітників в бригаді 1 чоловіка та двохзмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{8 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 17,8$$

Приймаємо 17 робітників.

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3

Склад виробничих робітників ливарного цеху

Відділення	Професія	Питома вага, %	Розряд робітників	Розрахунки	Кількість робітників
1	2	3	4	5	6
Плавильне	Плавильники	36,17	3	$R_{\text{сп}} = \frac{4 \cdot 2}{0,9} \cdot 2 = 17,8$	17
Всього по плавильному відділенню					17
Кокільне відділення	Оператори кокільних машин	36,17	4	$R_{\text{сп}} = \frac{8 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 17,8$	17
Всього по кокільному відділенню					17
Термо-обрубне	Обрубники і термісти	23,4	3	$R_{\text{сп}} = \frac{5 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 11$	11
Всього по термообрубному відділенню					11
Всього по очисному відділенню					2
Всього виробничих робітників		100			47

Чисельність виробничих робітників інших професії визначається як частка від загальної кількості виробничих робітників. Повний склад виробничих робітників за професіями наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Склад виробничих робітників ливарного цеху

№ Групи	Відділення	Професія	Кількість робітників та їх розряд			Всього:
			2	3	4	
1	Плавильне	плавильники		17		17
Всього по плавильній:				17		17
2	Кокільне	оператори кокільних машин			17	17
Всього по кокільному відділенню :					17	17
3	Термообрубне	обрубники і термісти		11		11
Всього по термообрубній дільниці:				11		11
Всього по очисній дільниці:				1	1	2
Всього:				29	18	47

5.2.2. Чисельність допоміжних робітників

Чисельність допоміжних робітників розраховується по групах:

1. Міжремонтне обслуговування устаткування (служба механіка та енергетика);
2. Ремонт устаткування, ковшів, футеровки плавильних печей;
3. Транспортувальні, навантажувально-розвантажувальні роботи;
4. Ремонтно-модельна майстерня, цехові лабораторії;

5. Робітники на складах шихтових і формівних матеріалів;

6. Прибиральники робочих приміщень.

Сумарна кількість допоміжних робітників визначається з співвідношення:

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{спв}}^{\text{заг}} \cdot b, \quad (5.10)$$

де b – коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робітників по відношенню до чисельності виробничих робітників цеха, $b = 0,6 - 0,7$, приймаємо $b = 0,7$.

$$R_{\text{доп}}^{\text{max}} = 47 \cdot 0,7 = 32,9$$

Приймаємо кількість допоміжних працівників рівним 33 чоловіка.

Чисельність допоміжних працівників по міжремонтному обслуговуванню визначається за формулою :

$$R_{\text{сп, 1-гр}} = \frac{R_o}{m_o \cdot K_{\text{вик}}} \cdot s, \quad (5.11)$$

де R_o – обсяг робіт механічної та електричної частини устаткування;
 m_o – норма обслуговування одним робітником. Приймаємо $m_{o \text{ мех.}} = 150$,
 $m_{o \text{ ел.}} = 650$, $m_{o \text{ вер.}} = 750$, $m_{o \text{ мас.}} = 500$;
 $K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання робочого часу, $K_{\text{вик}} = 0,9$;
 s – кількість змін роботи обладнання.

Обсяг робіт механічної та електричної частини устаткування визначається наступним чином:

$$R_o = \frac{Q_{\text{п}}}{100} \cdot R_{\text{н}}, \quad (5.12)$$

де $R_{\text{н}}$ – норматив ремонтних одиниць, який враховує їх обсяг окремо для механічної та електричної частини устаткування при відповідній потужності

ливарного цеха, $R_{\text{н. мех.}} = 285$, $R_{\text{н. ел.}} = 210$,

$Q_{\text{п}}$ – задана кількість придатного литва, т;

Визначаємо за формулою:

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_n = \frac{Q''}{100} = \frac{3300}{100} = 33$$

Професії допоміжних робітників їх середній розряд та методика розрахунку наведена в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Штатний розклад чисельності допоміжних робітників

№ групи	Професія	Методика розрахунку	Кількість робітників	Середній розряд роботи
1	2	3	4	5
1		Норматив ремонтних одиниць для потужності ливарного цеха 3300 т/рік для дрібного литва складає : – механічна частина – 285 РО – електрична частина – 210 РО $R_{\text{о.мех.}} = \frac{33}{100} \cdot 285 = 94$ $R_{\text{о.ел.}} = \frac{33}{100} \cdot 210 = 69$ Норма виконання одним робітником складає: – механічна частина – 150РО – електрична частина – 650 РО – верстатна частина – 750 РО – мастильна частина – 500 РО Для чергових слюсарів, верстатників, мастильників – враховуємо обсяг механічної роботи, для чергових електриків – враховуємо обсяг електричної роботи.		

1	2	3	4	5
1	Чергові слюсарі	$R_{\text{сп, 1-гр. мех.}} = \frac{94}{150 \cdot 0,9} \cdot 2 = 1,39$	2	4(п)*
	Верстатники	$R_{\text{сп, 1-гр. ел.}} = \frac{69}{650 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,24$	2	4(в)**
	Мастильники	$R_{\text{сп, 1-гр. вер.}} = \frac{94}{750 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,28$	2	2(п)
	Чергові електрики	$R_{\text{сп, 1-гр. мас.}} = \frac{94}{500 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,42$	2	4(п)
	Наладчики устаткування	Приймаємо в межах 10 – 15 % від загальної кількості виробничих робітників, приймаємо 15 % $R_0 = \frac{47 \cdot 15}{100} = 7,05$	8	5(п)
Всього допоміжних робітників по групі 1			16	—
2	Слюсарі по ремонту устаткування	Приймається 7 % від загальної кількості допоміжних робітників $R_0 = \frac{33 \cdot 7}{100} = 2,31$	3	4(п)
	Верстатники по ремонту устаткування	Приймається 7 % від загальної кількості допоміжних робітників $R_0 = \frac{33 \cdot 7}{100} = 2,31$	3	5(п)
	Ковшовики (ремонт ковшів)	Приймається 1 робітник для цеху дрібного лиття потужністю 3,3 тис. т/рік	1	5(п)
	Електрозварювальники	Приймається 3 % від загальної кількості допоміжних робітників $R_0 = \frac{33 \cdot 3}{100} = 0,99$	1	5(п)
	Пічники (ремонт печей)	Приймається 1 робітник для цеху дрібного лиття потужністю 3,3 тис. т/рік	1	5(п)
Всього допоміжних робітників по групі 2			9	—

Продовження табл. 5.5

1	2	3	4	5
3	Модельники з ремонту оснащення	Приймається 1 робітник на 4–7 тис.т придатного литва за рік	1	5(п)
	Слюсарі з ремонту оснащення	Приймається 1 робітник для цеху дрібного лиття потужністю 3,3 тис. т/рік	1	5(п)
	Лаборанти хімічної лабораторії	Приймається 4 % від загальної кількості допоміжних робітників $R_0 = \frac{33 \cdot 4}{100} = 1,32$	2	3(п)
Всього допоміжних робітників по групі 3			4	–
4	Контролери БТК	Приймається 6 % від загальної чисельності виробничих робітників $R_0 = \frac{33 \cdot 6}{100} = 1,98$	2	4(п)
	Комірники	Приймається 4 % від загальної чисельності допоміжних робітників $R_0 = \frac{33 \cdot 4}{100} = 1,32$	2	2(п)
Всього допоміжних робітників по групі 4			4	–
Всього допоміжних робітників			33	–

Примітка:

* (п) – працівники погодинної оплати

** (в) – працівники відрядники

Таблиця 5.6

Штатний розклад чисельності допоміжних робітників

№ Гру пи	Професія	Кількість робітників та їх розряд						Всього
		1	2	3	4	5	6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Чергові слюсарі				2			2
	Верстатники				2			2
	Мастильники		2					2
	Чергові електрики				2			2
	Наладчики устаткування					8		8
Всього:		–	2	–	6	8	–	16
2	Слюсарі по ремонту устаткування				3			3
	Верстатники по ремонту устаткування					3		3
	Електрозварювальники					1		1
	Ківшовики (ремонт ковшів)					1		1
	Пічники (ремонт печей)					1		1
Всього:		–	–	–	3	6	–	9
3	Модельники з ремонту оснащення					1		1
	Слюсарі з ремонту оснащення					1		1
	Лаборанти хімічної лабораторії			2				2
Всього:		–	–	2	–	2	–	4
4	Контролери БТК				2			2
	Комірники		2					2
Всього:		–	2	–	2	–	–	4
Всього допоміжних робітників		–	4	2	11	16	–	33

5.2.3. Чисельність керуючого персоналу та спеціалістів

Штатний розклад керівників та спеціалістів ливарного цеху наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Штатний розклад керівників та спеціалістів ливарного цеха

№ п\п	Посада	Кількість праців- ників	Середньомі- сячний посадовий оклад, грн	Всього:
1	Начальник цеха	1	20000	20000
2	Замісник начальника цеха по виробництву	1	18500	18500
3	Старший майстер	2	14500	29000
4	Майстер	4	13000	52000
5	Начальник технологічного бюро	1	13200	13200
6	Старший інженер-технолог	1	10700	10700
7	Інженери 2-й категорії	2	9300	18600
8	Начальник оперативного відділу виробництва	1	11200	11200
9	Старший диспетчер	1	9500	9500
10	Начальник бюро праці та заробітної плати	1	11200	11200
11	Диспетчер	1	8200	8200
12	Нормовщик	1	8500	8500
13	Начальник техніко-економічного бюро	1	11200	11200

14	Старший економіст	1	10200	10200
15	Економіст	1	9800	9800
16	Енергетик	1	11500	11500
17	Механік	1	11500	11500
18	Технік	1	9600	8600
19	Господарський та транспортний відділ	1	10600	10600
Всього:		24		284000

Загальний склад працюючих в ливарного цеху наведено в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8

Загальний склад працюючих ливарного цеха

№	Категорія працюючих	Всього, чоловік	Відсоток від загальної кількості працюючих, %
1	Виробничі працівники	47	45
2	Допоміжні працівники	33	32
3	Керівники та спеціалісти	24	23
Всього працюючих:		104	100

5.3. Фонди заробітної плати працівників

Запланований фонд заробітної плати виробничих робітників ливарного цеху визначається за формулою :

$$\Phi_o^c = l_{\text{год}}^c \cdot R_{\text{сп}}^{\text{заг}} \cdot \Phi_{\text{др}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}} + K_{\text{д}}'), \quad (5.13)$$

де $l_{\text{год}}^c$ – середньогодинна тарифна ставка робітника, визначається за формулою:

$$l_{\text{год}}^c = \frac{\sum_{i=1}^Z l_{\text{год}} R_{\text{сп}i} \cdot K_y}{R_{\text{сп}}^{\text{заг}}}, \quad (5.14)$$

де Z – номенклатура професій виробничих (допоміжних) робітників ;

$l_{\text{год}}^c$ – годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду від 2-го до 5-го, що має слідує значення , грн/год : 2-й – 30 грн; 3-й – 35 грн; 4-й – 40 грн; 5-й – 45 грн.

$R_{\text{сп}}$ – кількість виробничих (допоміжних) робітників відповідного розряду;

$R_{\text{сп}}^{\text{заг}}$ – загальна кількість виробничих (допоміжних) робітників;

$\Phi_{\text{др}}$ – дійсний річний фонд часу одного робітника, год.;

K_y – коефіцієнт, який враховує доплати за умови праці, $K_y=1$;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, який враховує премії робітникам за виконання плану та якість роботи $K_{\text{пр}}=0,3 - 0,32$. Приймаємо $K_{\text{пр}}=0,31$.

$K_{\text{д}}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату за не відпрацьований час, $K_{\text{д}}=0,08-0,1$. Приймаємо $K_{\text{д}}=0,08$.

$K_{\text{д}}'$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату за не відпрацьований час, $K_{\text{д}}'=0,08-0,1$. Приймаємо $K_{\text{д}}'=0,08$.

За вказаною формулою розраховуємо фонди заробітної плати виробничих, допоміжних та працівників плавильної дільниці всього цеху.

Визначаємо середньогодинну тарифну ставку виробничих робітників ливарного цеху, грн/год.:

$$l_{\text{год. вир.}}^c = \frac{35 \cdot 29 \cdot 1 + 40 \cdot 18 \cdot 1}{47} = 36.91 \text{ грн}$$

Визначаємо середньогодинну тарифну ставку допоміжних робітників ливарного цеху, грн/год.:

$$l_{\text{год. доп.}}^c = \frac{30 \cdot 4 \cdot 1 + 35 \cdot 2 \cdot 1 + 40 \cdot 11 \cdot 1 + 45 \cdot 16 \cdot 1}{33} = 40.91 \text{ грн}$$

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо середньогодинну тарифну ставку робітників плавильної дільниці ливарного цеху, грн/год :

$$I_{\text{год.плав.}}^c = \frac{35 \cdot 17 \cdot 1}{17} = 35 \text{ грн}$$

Основний фонд заробітної плати виробничих працівників ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о.вир.}}^c = 36.91 \cdot 47 \cdot 1754 \cdot (1 + 0,31 + 0,1 + 0,09) = 4564180 \text{ грн}$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних працівників ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о.доп.}}^c = 40.91 \cdot 33 \cdot 1754 \cdot (1 + 0,31 + 0,1 + 0,09) = 3551929 \text{ грн}$$

Основний фонд заробітної плати працівників плавильної дільниці ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о.плав.}}^c = 35 \cdot 17 \cdot 1754 \cdot (1 + 0,31 + 0,1 + 0,09) = 1565445 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата виробничих, допоміжних та плавильних робітника визначається за формулою:

$$З_{\text{міс}}^c = \frac{\Phi_{\text{о}}^c}{R_{\text{заг.сп}} \cdot M}, \quad (5.15)$$

де M – середня кількість місяців роботи виробничих (допоміжних) робітників,
 $M = 11,2$ місяців.

Середньомісячна заробітна плата виробничих робітника ливарного цеху алюмінієвого литва становить:

$$З_{\text{міс.вир.}}^c = \frac{4564180}{47 \cdot 11,2} = 8670.55 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата допоміжних робітників ливарного цеху алюмінієвого литва становить:

$$З_{\text{міс.доп.}}^c = \frac{3551929}{33 \cdot 11,2} = 9610.20 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата робітника плавильної дільниці ливарного цеху алюмінієвого литва становить:

$$З_{\text{міс, пл}}^c = \frac{1565445}{18 \cdot 11,2} = 8221.88 \text{ грн}$$

Розраховані дані середньогодинної тарифної ставки, основний фонд заробітної плати та середньомісячну заробітну плату зводимо до таблиці 5.9.

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фонд заробітної плати працівників

№	Робочий персонал	Основний фонд заробітної плати, грн.	Середньо-годинна тарифна ставка, грн	Середньо-місячна заробітна плата, грн.
1	2	3	4	5
1	Виробничі робітники	4564180	36.91	8670.55
2	Допоміжні робітники	3551929	40.91	9610.20
3	Робітники плавильної ділянки	1565445	35	8221.88
Всього:		8116109	—	

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4. Калькуляція собівартості тони рідкого металу

Собівартість однієї тони рідкого металу розраховується для встановлення собівартості матеріалів на відливку або на тону придатних відливок.

Визначення цехової собівартості тони рідкого металу виконується за формулою:

$$C_{ц} = M + T_{т} + Z_{о} + Z_{д} + Z_{відр} + P_{о} + K_{ц} \quad (5.16)$$

де M – вартість металевих шихти, флюсів;

$T_{т}$ – вартість технологічного палива;

$Z_{о}$ – основна заробітна плата виробничих робітників;

$Z_{д}$ – додаткова заробітна плата виробничих робітників;

$Z_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування виробничих робітників;

$P_{о}$ – витрати на утримання, експлуатацію устаткування, які приходяться на 1 т рідкого металу.

Вартість шихтових матеріалів та флюсів визначається за формулою:

$$M_{ш} = \sum_{i=1}^z a_{p_i} \cdot C_{m_i} \cdot K_{тр} \quad (5.17)$$

де a_{p_i} – норма витрат i -го матеріалу на 1 т рідкого металу;

C_{m_i} – ціна 1 кг i -го матеріалу;

$K_{тр}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, приймається в межах $K_{тр} = 1,05 - 1,09$. Приймаємо $K_{тр} = 1,09$.

При вартості шихтових матеріалів для алюмінієвого сплаву АК5М4МцМг: Al вторинний 20.88 грн/кг; Mg – 30.0 грн/кг; Al+Cu лігатура – 16.0 грн/кг; Al+Mn лігатура – 18.20 грн/кг; механічний брак – 10 грн/кг. Загальна вартість металевих шихти буде складати:

$$M_{ш} = (549,3 \cdot 20.88 + 97 \cdot 18.20 + 51 \cdot 16 + 5 \cdot 30 + 297,97 \cdot 10 + 18 \cdot 10) \cdot 1,09 = 18923 \text{ грн.}$$

При плавлі алюмінієвого сплаву в індукційній печі витрати електроенергії складають 400-500 кВт на 1 т рідкого алюмінію. При вартості електроенергії 1.68 грн/кВт витрати на технологічне паливо становлять:

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\pi} = 500 \cdot 1.68 = 840 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці на 1 т рідкого металу визначається за формулою:

$$Z_o = \frac{\Phi_{\text{з.п.р.п}}^o}{Q_{\text{р.п}}}, \quad (5.18)$$

де $\Phi_{\text{з.п.р.п}}^o$ – основний фонд заробітної плати працівників плавильної дільниці цеху;

$Q_{\text{р.п}}$ – маса рідкого металу на річну програму, 5035 т (загальна частина проекту; враховуються ливники, зливи, брак);

$$Z_o = \frac{1565445}{5035} = 310.9 \text{ грн/т}$$

Додаткова заробітна плата робітників плавильної дільниці визначається як:

$$Z_d = Z_o \cdot (K_d + K'_d) \quad (5.19)$$

$$Z_d = 310.9 \cdot (0,1 + 0,09) = 59.1 \text{ грн/т}$$

Відрахування в соціальні фонди виробничих робітників визначаються як:

$$Z_{\text{відр}} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{K_c}{100} \quad (5.20)$$

$$Z_{\text{відр}} = (310.9 + 59.1) \cdot \frac{22}{100} = 81.4 \text{ грн/т}$$

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, яке приходить на 1 т рідкого металу визначаємо як:

$$P_o = t_y \cdot \frac{t_{\text{пл}}}{1000} \cdot 1000, \quad (5.21)$$

де t_y – витрати на утримання та експлуатацію устаткування, яке приходить на 1 т рідкого металу, грн/т; за даними підприємства – 251.2;

$t_{\text{пл}}$ – трудомісткість плавильної дільниці на 1 т рідкого металу, приймаємо 1,6 нгод/т;

$$P_o = 251.2 \cdot \frac{1.6}{1000} \cdot 1000 = 401.92 \text{ грн.}$$

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загально-цехові витрати, що припадають на 1 т рідкого металу визначаємо як:

$$K_y = \frac{\%K}{100} \cdot (3_o + P_o), \quad (5.22)$$

де K=70% за даними підприємства;

$$K_y = \frac{70}{100} \cdot (310.9 + 401.92) = 498.97 \text{ грн.}$$

Планова калькуляція 1 т рідкого алюмінію марки АК5М4МцМг за результатами попередніх розрахунків наведена в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10

Планова калькуляція 1 т рідкого алюмінію марки АК5М4МцМг

№	Найменування статей	Кількість, од.вим	Ціна, грн/од.вим	Сума, грн.
1	Металева шихта, кг			
	Al вторинний	549,3	20,88	11469.38
	Mg	5	30,00	150
	Al+Cu лігатура	51	16,00	816
	Al+Mn лігатура	97	18,20	1765.4
	механічний брак	18	10,00	180
	відходи власного виробництва	279,7	10,00	2797
Всього металева шихта:		1016	—	18923
2	Угар при плавці, кг	16	—	—
3	Вихід рідкого металу, кг	1000	—	18923
4	Паливо технологічне електроенергія	500	1,69	840
Всього технологічне паливо:		-	—	840
5	Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн	на 1т	—	310.9
6	Додаткова заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн	на 1т	—	59.1
7	Відрахування в соціальні фонди, грн	на 1т	—	81.4
8	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн	на 1т	—	401.92
10	Загальноцехові витрати, грн	на 1т	—	498.97
11	Цехова собівартість 1 т рідкого металу	на 1т	—	21115,29

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

5.5. Калькуляція собівартості тони придатних відливоків

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання ливарного цеху без врахування обладнання плавильної дільниці визначаємо як:

$$P_o = t_y \cdot \frac{t_n - t_{пл}}{1000} \cdot 1000, \quad (5.23)$$

де t_y – витрати на утримання та експлуатацію устаткування, яке приходить на 1 т рідкого металу, грн/т;

$t_{пл}$ – трудомісткість плавильної дільниці на 1 т рідкого металу

$$P_o = 251.2 \cdot \frac{12,5 - 1,6}{1000} \cdot 1000 = 2738.08 \text{ грн.}$$

Основну заробітну плату виробничих робітників без врахування робітників плавильної дільниці визначаємо як:

$$З_o = \frac{\Phi_o^c - \Phi_o^{пл}}{Q_n}, \quad (5.24)$$

$$З_o = \frac{4564180 - 1565445}{3300} = 908.70 \text{ грн/т}$$

Загально цехові витрати, що припадають на 1 т придатних відливоків визначаємо як:

$$K_n = \frac{\%K_n}{100} \cdot (З_o + P_o),$$

$$K_n = \frac{60}{100} \cdot (908.70 + 2738.08) = 2188.07 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників без врахування робітників плавильної дільниці визначаємо як:

$$З_d = З_o \cdot (K_d + K'_d) \quad (5.25)$$

$$З_d = 908.70 \cdot (0,1 + 0,09) = 172.65 \text{ грн/т}$$

Відрахування в соціальні фонди виробничих робітників без врахування робітників плавильної дільниці:

$$З_{відр} = (З_o + З_d) \cdot \frac{K_c}{100} \quad (5.26)$$

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{відр}} = (908.70 + 172.65) \cdot \frac{22}{100} = 237.9 \text{ грн/т}$$

Зйом з 1 м² загальної площі цеха, т/м²;

$$Q_{\text{пл.}} = \frac{Q_{\text{п.}}}{S_{\text{цех.}}}, \quad (5.27)$$

де $Q_{\text{п.}}$ – випуск придатного литва, т;

$S_{\text{цех.}}$ – загальна площа цеху, м².

$$Q_{\text{пл.}} = \frac{3300}{7000} = 0,47$$

Фондовіддача, грн/грн:

$$f_o = \frac{k \cdot C_{\text{п.}} \cdot Q}{\Phi_{\text{осн.}}}, \quad (5.28)$$

де $C_{\text{п.}}$ – цехова собівартість 1 т придатного литва, т;

Q – випуск придатного литва, т;

$\Phi_{\text{осн.}}$ – основні фонди, грн.

$$f_o = \frac{1,2 \cdot 34068.4 \cdot 3300}{188497074} = 0,72$$

Планова калькуляція 1 т придатних відливків із алюмінієвого сплаву марки АК5М4МцМг наведено в таблиці 5.11.

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.11

Планова калькуляція 1 т придатних відливок із алюмінію марки АК5М4МцМг

№	Найменування статей	Кількість, од.вим	Ціна, грн/од.вим	Сума, грн.
Всього рідкий метал:		1530	21,1	32283
	Брак	40	10	400
	Зливи та сплески	70	10	700
	Ливники	420	10	4200
	Придатні відливки, кг	1000	—	26983
2	Паливо технологічне електроенергія	500	1,68	840
Всього технологічне паливо:		-	—	840
3	Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн	на 1т	—	908.70
4	Додаткова заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн	на 1т	—	172.65
5	Відрахування в соціальні фонди, грн	на 1т	—	237.9
6	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн	на 1т	—	2738.08
7	Загальноцехові витрати, грн	на 1т	—	2188.07
8	Цехова собівартість 1 т придатного литва	на 1т	—	34068.4

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6. Техніко-економічні показники цеху алюмінієвого литва

Абсолютні показники характеризують виробничі можливості цеху, а також містять в собі відомості про основну структуру цеха і організацію робіт в ньому.

Перелік абсолютних та відносних показників цеху алюмінієвого литва наведено в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12

Техніко-економічні показники цеху алюмінієвого литва

№	Найменування показників	Одиниці виміру	Величина показників
Абсолютні показники			
1	Річний випуск литва	т/рік	3300
2	Кількість працюючих в цеху виробничих робітників допоміжних робітників керівників та спеціалістів всього	чол.	47 33 24 104
3	Фонди заробітної плати : виробничих робітників допоміжних робітників робітників плавильної ділянки керівників та спеціалістів	грн.	4564180 3551929 1565445 284000
4	Собівартість 1 т рідкого металу	грн.	21115,29
5	Собівартість 1 т придатного литва	грн.	34068,4
6	Капіталовкладення: в технологічне устаткування енергетичне устаткування будівлі та споруди підйомно-транспортне устаткування ливарна оснастка засоби механізації та автоматизації виробничий інвентар капіталовкладення в проектування ливарного цеху всього	грн.	17361600 1736160 150092250 12153120 1215312 5208480 260424 469728 188473064
7	Загальна внутрішня площа	м ²	7000

Техніко-економічні показники			
8	Випуск литва на одного виробничого робітника	т/чол.	70,21
9	Середня заробітна плата одного виробничого робітника	грн.	8670,55
10	Трудомісткість 1 т придатного литва	нормо-год/т	12,5
11	З'йом з 1 м ² загальної площі цеха	т/м ²	0,47
12	Фондовіддача	грн/грн.	0,72

Висновки: в даному розділі виконано розрахунки капітальних вкладень в проект цеху алюмінієвого литва потужністю 3300 т придатних відливок, чисельність працюючих по групах, фонди заробітної плати працюючих, заробітна плата працівників, калькуляція собівартості одної тони рідкого металу та тони придатного литва.

					ДП-131.21.11.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Виконано проект цеху алюмінієвого литва за номенклатурою ПрАТ «Гідросила» з річною продуктивністю 3300 т придатних виливків.

При виконанні проекту застосовані сучасні технологічні процеси виготовлення виливків та устаткування, що дало можливість забезпечити річний випуск придатних литих виробів.

Розроблена технологія виготовлення виливки корпусу насоса НШ 32 із алюмінієвого сплаву марки АК5М2Ц4 в сталевому кокіллі.

В науковій частині роботи сформульована теплова задача та виконано моделювання затвердіння виливки корпусу насоса НШ 32 в кокіллі. За допомогою комп'ютерних розрахунків визначена кінетика затвердіння виливки та динаміка теплопередачі в газовому зазорі кокілю. На підставі отриманих даних оптимізовано технологію лиття корпусу насоса НШ 32 в кокілях на карусельній восьмипозиційній кокільній машині моделі 59K815. Кокільна машина працює в пульсуючому режимі з часовим інтервалом зупинки кокілю на кожній позиції, рівним 3,5 хв. При цьому час перебування виливки до моменту видалення із кокілю відповідає оптимальній розрахунковій тривалості 24,5 хв. Це забезпечило максимальну продуктивність карусельної машини моделі 59K815 при литті корпусу насоса НШ 32.

Розрахована економічна частина проекту цеху.

					ДП-131.21.11.00.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки		
Розроб.		Ізовіта О.Л.					
Перевір.		Ломакін В.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Ломакін В.М.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушіє
					ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М		

Список літератури

1. Гнатуш В.А., Дорошенко В.С. Тенденции мирового и украинского рынков отливок и развития технологии литья в зеркале 2016 г. *Металл и литье Украины*. 2018. № 1-2. С. 29-33.
2. Гнатуш В.А., Дорошенко В.С. Рост производства алюминиевого литья в начале XXI века. *Металл и литье Украины*. 2019. № 3-4. С. 25-33.
3. Воздвиженский В.М. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. Москва: Машиностроение, 1984. 432 с.
4. Б. Ф. Туманський. Проектування ливарних цехів: навч. посіб. Київ: НМК, 1992. 188 с.
5. Основы проектирования литейных цехов и заводов: учебник / под ред. Б.В. Кнорре. Изд. 2-е, перераб. Москва: Машиностроение, 1979. 376 с.
6. Каширцев Л.П. Литейные машины. Литье в металлические формы: учебное пособие. Москва: Машиностроение, 2005. 368 с.
7. Кольцевой виброшлифовальный станок Walther Trwal: веб-сайт. URL: https://www.walther-trowal.com/de/service/kunden_service/austauschbehaelter/
8. Термообработка алюминия и пайка в контролируемой атмосфере: веб-сайт. URL: <https://www.secowarwick.com/ru/продукты/обработка-алюминия/>
9. Степанов Ю. А., Баландин Г. Ф., Рыбкин В. А. Технология литейного производства. Москва: Машиностроение, 1983. 287 с.
10. Титов. Н. Д., Степанов Ю. А. Технология литейного производства. Москва.: Машиностроение, 1978. 432 с.
11. Некрасов Г.Б., Одарченко И.Б. Основы технологии литейного производства. Плавка, заливка металла, кокильное литье: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2013. 224 с.

					ДП-131.21.11.00.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список літератури		
Розроб.		Ізовіта О.Л.					
Перевір.		Ломакін В.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Ломакін В.М.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ЦНТУ, гр. ПМ (ОЛ) – 20М		

12. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства: Специальные виды литья: учебник для вузов. Москва: Машиностроение, 1983. 287 с.

13. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. Часть 1. Тепловые основы теории. Затвердевание и охлаждение отливки: учебное пособие в 2-х частях. Москва: Машиностроение, 1976. 328 с.

14. Вейник А.И. Теория затвердевания отливки. Москва: МАШГИЗ, 1960. 437 с.

15. Самарский А.А. Теория разностных схем. Москва: Наука, 1977. 656 с.

16. Сисоліна Н. П., Лебедева Л. В. Економічні розрахунки при проектуванні ливарних цехів: методичні вказівки. Кіровоград: КДТУ, 2000. 63 с.

					ДП-131.21.11.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						134
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
A1			ДП-131.21.11.01.01.00.00.В3	Вид загальний	1	
		1		Піч індукційна ІСТ-1/0,8	4	
		2		Піч індукційна ІСТ–0,16/0,16	1	
		3		Трансформаторна	1	
		4		Карусельно-кокільна машина моделі 59K815	8	
		5		Дозатор розплаву	8	
		6		Стрічко-пилний верстат моделі 872А	6	
		7		Віброшліфувальна установка WALTHER TROWAL	7	
		8		Піч відпалювальна“Алтай”	5	
		9		Закром	2	
		10		Короб	4	
		11		Кран-балка	3	Q=5 т
		12		Ворота	2	
		13		Ворота	2	
				</		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
				Документація			
A0			ДП-131.21.11.02.04.00.00 КС	Складальне креслення	1		
		1		Болван	1		
		2		Права половина кокілю	1		
		3		Ліва половина кокілю	1		
				Деталі			
		4		Основа	1		
		5		Стрижень	2		
		6		Плита перехідна	1		
		7		Ліва половина надставки	1		
		8		Права половина надставки	1		
		9		Штирь	1		
		10		Шпилька	16		
		11		Гайка	16		
		12		Шайба	16		
		13		Штирь	2		
		14		Штіфт	4		
		15		Штіфт	4		
					2		
				Стандартні вироби			
		16		Болт М16х60	8		
				ДП-131.21.11.02.04.00.00 КС			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кокіль в зборі		
Розробив		Ізовіта О.Л.					
Перевірив		Ломакін В.М.					
Н. контр.		Ломакін В.М.					
Затвердив		Кропівний В.М.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
						1	2
					ЦНТУ ПМ (ОЛ)–20М		

[illegible]