

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Інститут матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів  
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.М. Ямшинський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021р.

**Дипломний проєкт**

на здобуття ступеня бакалавра  
зі спеціальності 136 «Металургія»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»  
на тему: Розроблення технології виготовлення виливка «Циліндр першої ступені»,  
та планування ділянки виготовлення оболонкових форм

Виконав: Студент 4 курсу, групи ФЛ-71-1  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Бандура Володимир Олексійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ к.т.н. доцент Кочешков А.С. \_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ к.т.н. доцент Демчук Г.В. \_\_\_\_\_  
з охорони праці (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ к.е.н. доцент Нараєвський С.В. \_\_\_\_\_  
з економічної частини (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ к.т.н. доцент Лютий Р.В. \_\_\_\_\_  
З нормоконтролю (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)



5.2 Креслення технологічної оснастки для виготовлення вилівка (модельна плита з частинами моделі)

5.3 Креслення ливарної форми у складеному вигляді

5.4 Креслення загального виду устаткування

5.5 Креслення плану технологічного відділення ливарного цеху із розміщеними на ньому устаткуванням, проходами, проїздами, тощо

#### 6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н. Нараєвський С.В.		
Охорона праці	к.т.н. Демчук Г.В.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми	24.05.21 р.	
2	Режими роботи цеху і фонди часу	26.05.21 р.	
3	Проектування відділення виготовлення оболонкових форм	28.05.21 р.	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення вилівка	31.05.21 р.	
5	Проектування ливарного устаткування	01.06.21 р.	
6	Організаційно-економічна частина	03.06.21 р.	
7	Охорона праці	04.06.21 р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.О. Бандура

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

А.С. Кочешков

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)



## **Пояснювальна записка до дипломного проєкту**

на тему: Розроблення технології виготовлення виливка «Циліндр першої ступені»,  
та планування ділянки виготовлення оболонкових форм

Київ – 2021 року

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 70 сторінок., 31 таблиць., 3 рисунки., 5 додатків.

Об'єкт проектування – розробляється ливарна технологія виготовлення виливка з сірого чавуну «Циліндр першої ступені» масою 23,0 кг литтям у оболонкові форми.

Предмет проектування – технологія виготовлення деталі, планування відділення виготовлення оболонкових форм.

Результати проектування – розроблена технологія ливарної форми, виконано технічне планування відділення оболонкових форм та ливарного устаткування.

Результати проектування можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві дрібних (до 40 кг) чавунних виливків середньої складності в умовах серійного та масового виробництва.

У дипломному проекті проведено основні економічні розрахунки, а також приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічні умови робочих місць.

ЦИЛІНДР, МАШИНА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ, КВАРЦОВИЙ ПІСОК, НОМЕНКЛАТУРА, ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕННЯ, СІРИЙ ЧАВУН, ВІДДІЛЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О..			РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.					6	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>								

## ABSTRACT

Diploma project: 70 pages, 31 tables, 3 figures, 5 appendices.

Object of design - foundry technology for the production of cast iron casting "Cylinder of the first degree" weighing 23.0 kg by casting in shell molds.

The subject of design - the technology of manufacturing parts, planning the department of manufacturing shell molds.

The results of the design - the technology of the mold is developed, the technical planning of the department of shell molds and foundry equipment is performed.

The design results can be recommended for implementation in the production of small (up to 40 kg) cast iron castings of medium complexity in terms of serial and mass production.

In the diploma project the basic economic calculations are carried out, and also attention is paid to protection of environment and improvement of sanitary and hygienic conditions of workplaces.

CYLINDER, MACHINE FOR MANUFACTURE OF SHELL MOLDINGS, QUARTZ SAND, NOMENCLATURE, MELTING TEMPERATURE, GRAY CAST IRON, BRANCH OFFICE

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.			ABSTRACT	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.					7	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>								

## ЗМІСТ

### ВСТУП

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

1	АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	14
1.1	Виробнича програма .....	14
1.2	Характеристика виробництва і вибір технологій виготовлення виливків .....	22
1.3	Тип і структура цеху .....	22
2	РЕЖИМИ РОБОТИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ФОНДИ ЧАСУ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ І РОБІТНИКІВ .....	24
3	ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ .....	27
3.1	Структура цехів лиття в оболонкові форми.....	27
3.2	Визначення обсягів виробництва .....	27
3.3	Технологічний процес та устаткування .....	28
4	РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА.....	32
4.1	Обґрунтування вибраної технології .....	32
4.1.1	Загальна характеристика виливка .....	32
4.2	Вибір технологічного процесу виготовлення виливка.....	33
4.3	Обґрунтування положення виливка в формі й вибір площини розніму моделі і форми.....	34
4.4	Усадка металу виливка .....	35
4.5	Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка .....	35
4.6	Допустимі відхилення за розмірами і масою виливка .....	36
4.7	Конфігурація та розміри стрижнів, стрижневих знаків .....	37

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.			8	70	
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>							



4.8	Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення .....	37
4.9	Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи, місця підведення металу та її розрахунок .....	37
4.9.1	Розрахунок площ поперечних перерізів усіх елементів ливникової системи .....	37
4.9.2	Характеристика модельного комплекту .....	40
4.10	Вибір формувальних та стрижневих сумішей .....	40
4.10.1	Обґрунтування вибору рецептур формувальної та стрижневої сумішей ...	40
4.10.2	Характеристика складових сумішей .....	41
4.11	Процес виготовлення ливарних форм .....	41
4.11.1	Вибір способу попередження прилипання суміші до моделі .....	42
4.11.2	Вибір способу захисту виливка від пригару .....	42
4.12	Розроблення технологічного процесу виплавлення металу та заливання форм .....	43
4.12.1	Шихтові матеріали та їх підготовка .....	43
4.12.2	Розрахунок температури розплаву перед випусканням його з печі .....	43
4.12.3	Технологія заливання форми .....	44
4.13.	Можливі дефекти виливка .....	44
4.13.1	Контроль якості продукції .....	45
4.14	Техніко-економічні показники .....	45
5	ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ .....	47
5.1	Призначення машини та межі її використання .....	47
5.2	Розрахунок вузла установки модельних комплектів машини-автомата для виготовлення оболонкових форм .....	48
6	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ .....	50
6.1	Визначення капітальних вкладень у проєкт відділення виготовлення оболонкових форм .....	50
6.2	Організаційний розділ .....	54

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.1 Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників.....	54
6.2.2 Розрахунок фондів заробітної плати .....	55
6.3 Визначення планової собівартості одиниці продукції .....	57
6.3.1 Розроблення планової собівартості продукції .....	57
6.3.2 Розрахунок продуктивності праці на ділянці .....	59
7. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	60
7.1 Загальна характеристика умов праці на відділенні виготовлення оболонкових форм.....	60
7.2 Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів .....	62
7.3 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці на відділенні виготовлення оболонкових форм .....	62
7.3.1 Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів на плавильному відділенні .....	62
7.3.1.1 Шкідливі речовини та запилення .....	62
7.3.1.2 Механізми і вироби що рухаються.....	64
7.3.1.3 Електронебезпека .....	66
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТКИ	

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

шт. – штуки;

кг – кілограми;

т – тона;

хв – хвилина

год – година

грн – гривня

ум. од. – умовні одиниці

мм – міліметри;

см – сантиметри;

м – метри;

ДСТУ – Державний стандарт України

ГОСТ – Міждержавний стандарт.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.			ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.					11	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>								

## ВСТУП

В машино- і приладобудуванні, будівництві та інших галузях народного господарства різні металеві вироби та заготовки отримують обробкою тиском в гарячому або холодному стані (пластичною деформацією), різанням, пресуванням порошків з подальшим спіканням, зварюванням і литтям.

Сутність отримання виливків полягає в тому, що розплавлений і перегрітий сплав заданого складу заливається в ливарну форму, внутрішня порожнина якої з максимальним ступенем наближення відтворює конфігурацію і розміри майбутнього виробу. При охолодженні метал твердне і в твердому стані зберігає обриси тієї порожнини, в яку він був залитий. Велика частина існуючих технологій обробки металів включає стадію отримання литої заготовки (виливка). З цього випливає, що найбільш ефективною є ливарна технологія, що дозволяє отримувати вироби необхідних конфігурації, розмірів і властивостей безпосередньо з розплаву при мінімальних витратах енергії, матеріалів і праці.

Перспективність ливарної технології обумовлюється також універсальністю, що дозволяє отримувати вироби з сплавів практично будь-якого складу, в тому числі з тих, що важко деформуються, масою від декількох грамів до сотень тон з розмірами до десятки метрів [1].

Основними задачами ливарного виробництва являються: підвищення продуктивності праці на основі створення нового високопродуктивного обладнання, систем машин, комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів і систем управління; підвищення якості, надійності і точності виливків з оптимальним приближенням їх розмірів готових деталей для зменшення об'єму механічної обробки.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.					12	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-2		
<i>Затверд.</i>								

Проектування та інновація нових і реконструкція та технічне переозброєння існуючих ливарних виробництв є першочерговим завданням підвищення конкурентоспроможності продукції, до складу якої входять литі деталі.

Використання застарілих технологій і устаткування призводить до зниження якості литих деталей через погіршення їх точності, експлуатаційних характеристик, товарного вигляду тощо та зменшення надійності й довговічності експлуатації машин і механізмів [2].

Завдання даного проекту – спроектувати ділянку виготовлення оболонкових форм і розробити технологію виготовлення чавунного виливка «Циліндр першої ступені».

					ФЛ717.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

# 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

## 1.1 Виробнича програма

Виробнича програма є базовим документом для розроблення будь-якого технологічного відділення ливарного цеху [3]. Вона містить завдання на річний випуск виливків для кожного виробу. Дільниця, що проектується, повинна забезпечити цех формами для отримання 1500 тон придатного литва за рік.

Цех для якого проектується задана дільниця відноситься до ливарних цехів серійного виробництва, для яких номенклатура виливків складає не більше за 200 одиниць найменувань і серійність не менше 1000 шт. в рік, і має масу виливків – від 0,8 кг до 39,6 кг.

Оскільки в даному цеху виготовляються виливки різної маси, то номенклатуру виливків поділяємо на дві групи:

- перша група – виливки, масою до 10 кг;
- друга група – виливки, масою більше 10 кг.

Річна кількість виливків розраховується, виходячи з річної програми цеху.

Номенклатура виливків представлена у таблиці 1.1

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.			АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.					14	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>								

Зм.

Арк.

№ докум.

Піппис

Дата

ФЛГ711.7101.1110.0006 ПЗ

15

Арк.

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Марка сплаву	Маса виливка, кг	Кількість деталей на один виріб, шт.	Габаритні розміри виливка, мм		
						довжина	ширина	висота
1	2	3	4	5	6	7	8	9
до 10 кг								
1	08050000001	Стакан	СЧ20	4,7	1	Ø98		140
2	08010000102	Кришка	СЧ15	6,4	4	110	95	24
3	20340750141	Корпус фільтра	СЧ20	3,5	1	84	72	65
4	21103510257	Корпус маслонасоса	СЧ20	4,7	1	98	60	90
5	21104150001	Клапанна коробка	СЧ15	8,0	4	110	80	153
6	21301001702	Опора	СЧ20	5,0	1	140	65	97
7	21301020100	Поршень	СЧ20	9,3	4	Ø80		54
8	31010002043	Кришка	СЧ15	2,1	6	Ø35		12
9	31050001060	Колектор	СЧ20	3,3	2	180	80	65
10	31080001010	Патрубок	СЧ15	6,1	4	152	108	80
11	32000002023	Циліндр	СЧ20	9,7	3	240	120	95
12	32010005007	Коліно сапуна	СЧ15	4,1	4	108	96	50
13	32200101005	Дошка клапана	СЧ20	4,6	6	110	80	18
14	32210101002	Дошка клапана	СЧ20	3,0	6	100	65	15
15	33040001027	Напівмуфта	СЧ20	5,20	1	108	65	112
16	33050001024	Стійка	СЧ20	2,40	1	96	38	170

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	33000002026	Корпус коробки клапанів	СЧ20	8,1	3	140	100	80
18	33000001016	Корпус коробки клапанів	СЧ20	9,2	3	166	48	60
19	34000004003	Корпус сапуна	СЧ15	7,4	4	180	60	140
20	34000015005	Патрубок лівий	СЧ20	4,7	2	130	104	80
21	34000014008	Патрубок правий	СЧ20	4,7	2	130	104	80
22	34010009009	Кришка права	СЧ20	4,8	1	180	124	36
23	34010010007	Кришка ліва	СЧ20	5,0	1	180	124	36
24	34010101006	Корпус фільтра	СЧ15	3,0	1	160	156	54
25	34020002007	Балансир додатковий	СЧ15	6,1	4	135	60	60
26	34050001002	Втулка	СЧ20	2,8	8	Ø65		54
27	34050002003	Фланець	СЧ15	8,0	4	280	80	22
28	34060002005	Кришка	СЧ15	3,4	6	92	64	46
29	34060004009	Кришка діафрагми	СЧ15	0,8	12	48	42	17
30	34080001002	Поршень ЦВТ	СЧ20	9,5	3	Ø90		84
Більше 10 кг								
31	21301000200	Циліндр	СЧ20	14,50	4	170	112	140
32	08020802019	Кронштейн	СЧ20	17,0	2	280	200	170
33	32000001039	Циліндр	СЧ20	16,2	3	220	200	120
34	60100000102	Циліндр першої ступені	СЧ20	23,0	4	Ø252		298
35	32010002004	Кришка	СЧ20	16,40	1	140	80	18

ФДЛ711.7101.1110.0006 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

16

Арк.



## Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	33130001005	Проставка	СЧ20	11,7	1	206	120	90
37	34020102050	Балансир	СЧ20	18,4	8	200	108	80
38	31010001017	Патрубок правий	СЧ20	34,0	2	185	143	83
39	32010001010	Направляюча	СЧ20	20,6	4	164	102	280
40	32010002050	Колектор	СЧ20	13,2	1	240	98	64
41	31010001013	Корпус коробки	СЧ20	21,0	4	186	160	108
42	33901000215	Вкладиш	СЧ20	18,8	8	173	124	60
43	34000006001	Циліндр ВТ	СЧ20	32,4	4	210	204	76
44	34000007008	Циліндр НТ	СЧ20	39,6	4	202	140	120
45	34060001008	Корпус коробки	СЧ20	28,2	4	146	120	96
Всього:					157			

ФЛГ711.7101.1110.0006 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

17

Спочатку розраховуємо масу литва на один виріб (це алгебраїчна сума мас усіх виливків за номенклатурою), яка складає 1712,1 кг. Потім розраховуємо кількість виробів за рік за формулою:

$$N = G / 1712,1 \quad (1.1)$$

де  $N$  – кількість виробів за рік;

$G$  – потужність цеху, т.

$$N = 1500 / 1,7121 = 876 \text{ виробів/рік}$$

Тобто , якщо цех буде випускати 876 виробів протягом року – це буде відповідати продуктивності 1 500 тон за рік.

На власні потреби беремо 10% від виробничої програми, що складає 171,21 кг витрат.

На підставі одержаних розрахунків складаємо точну (подетальну) виробничу програму, яку наведено в табл. 1.2.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма ливарного цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал і марка	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
				готової деталі	виливка	шт.	кг	на основні вироби		на запасні частини			всього	
								шт.	т	%	шт.	т	шт.	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 10 кг														
Перший груповий потік														
1	8010000102	Кришка	СЧ15	5,4	6,4	4	25,6	3154	20,2	10	350	2,2	3504	22,4
2	21104150001	Клапанна коробка	СЧ15	6,8	8,0	4	32,0	3154	25,2		350	2,8	3504	28,0
3	31010002043	Кришка	СЧ15	1,8	2,1	6	12,6	4731	9,9		525	1,1	5256	11,0
4	31080001010	Патрубок	СЧ15	5,2	6,1	4	24,4	3154	19,2		350	2,1	3504	21,4
5	32010005007	Коліно сапуна	СЧ15	3,5	4,1	4	16,4	3154	12,9		350	1,4	3504	14,4
6	34000004003	Корпус сапуна	СЧ15	6,3	7,4	4	29,6	3154	23,3		350	2,6	3504	25,9
7	34010101006	Корпус фільтра	СЧ15	2,6	3,0	1	3,0	788	2,4		88	0,3	876	2,6
8	34020002007	Балансир додатковий	СЧ15	5,2	6,1	4	24,4	3154	19,2		350	2,1	3504	21,4
9	34050002003	Фланець	СЧ15	6,8	8,0	4	32,0	3154	25,2		350	2,8	3504	28,0
10	34060002005	Кришка	СЧ15	2,9	3,4	6	20,4	4731	16,1		525	1,8	5256	17,9
11	34060004009	Кришка діафрагми	СЧ15	0,7	0,8	12	9,6	9461	7,6		1051	0,8	10512	8,4
Всього:														201,5
Другий груповий потік														
12	80500000001	Стакан	СЧ20	4,0	4,7	1	4,7	788	3,7	10	88	0,4	876	4,1
13	20340750141	Корпус фільтра	СЧ20	3,0	3,5	1	3,5	788	2,8		88	0,3	876	3,1

ФЛГ711.7101.1110.0006 ПЗ

Зм.

Арк.

№ док.м.

Підпис

Дата

19

Арк.

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14	21103510257	Корпус маслонасоса	СЧ20	4,0	4,7	1	4,7	788	3,7	10	88	0,4	876	4,1
15	21301001702	Опора	СЧ20	4,3	5,0	1	5,0	788	3,9		88	0,4	876	4,4
16	21301020100	Поршень	СЧ20	7,9	9,3	4	37,2	3154	29,3		350	3,3	3504	32,6
17	31050001060	Колектор	СЧ20	2,8	3,3	2	6,6	1577	5,2		175	0,6	1752	5,8
18	32000002023	Циліндр	СЧ20	8,2	9,7	3	29,1	2365	22,9		263	2,6	2628	25,5
19	32200101005	Дошка клапана	СЧ20	3,9	4,6	6	27,6	4731	21,8		525	2,4	5256	24,2
20	32210101002	Дошка клапана	СЧ20	2,6	3,0	6	18,0	4731	14,2		525	1,6	5256	15,8
21	33040001027	Напівмуфта	СЧ20	4,4	5,2	1	5,2	788	4,1		88	0,5	876	4,6
22	33050001024	Стійка	СЧ20	2,0	2,4	1	2,4	788	1,9		88	0,2	876	2,1
23	33000002026	Корпус коробки клапанів	СЧ20	6,9	8,1	3	24,3	2365	19,2		263	2,1	2628	21,3
24	33000001016	Корпус коробки клапанів	СЧ20	7,8	9,2	3	27,6	2365	21,8		263	2,4	2628	24,2
25	34000015005	Патрубок лівий	СЧ20	4,0	4,7	2	9,4	1577	7,4		175	0,8	1752	8,2
26	34000014008	Патрубок правий	СЧ20	4,0	4,7	2	9,4	1577	7,4		175	0,8	1752	8,2
27	34010009009	Кришка права	СЧ20	4,1	4,8	1	4,8	788	3,8		88	0,4	876	4,2
28	34010010007	Кришка ліва	СЧ20	4,3	5,0	1	5,0	788	3,9		88	0,4	876	4,4
29	34050001002	Втулка	СЧ20	2,4	2,8	8	22,4	6308	17,7		700	2,0	7008	19,6
30	34080001002	Поршень ЦВТ	СЧ20	8,1	9,5	3	28,5	2365	22,5	263	2,5	2628	25,0	
Всього:														241,3
Разом:														442,7

ФЛГ711.7101.1110.0006 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

20

Арк.

## Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Більше 10 кг														
Перший груповий потік														
31	21301000200	Циліндр	СЧ20	12,3	14,5	4	58,0	3329	48,3	10	175	2,5	3504	50,8
32	8020802019	Кронштейн	СЧ20	14,5	17,0	2	34,0	1577	26,8		175	3,0	1752	29,8
33	32000001039	Циліндр	СЧ20	13,8	16,2	3	48,6	2365	38,3		263	4,3	2628	42,6
34	60100000102	Циліндр першої ступені	СЧ20	19,6	23,0	4	92,0	3154	72,5		350	8,1	3504	80,6
35	32010002004	Кришка	СЧ20	13,9	16,4	1	16,4	788	12,9		88	1,4	876	14,4
36	33130001005	Проставка	СЧ20	9,9	11,7	1	11,7	788	9,2		88	1,0	876	10,2
37	34020102050	Балансир	СЧ20	15,6	18,4	8	147,2	6308	116,1		700	12,9	7008	128,9
38	31010001017	Патрубок правий	СЧ20	28,9	34,0	2	68,0	1577	53,6		175	6,0	1752	59,6
39	32010001010	Направляюча	СЧ20	17,5	20,6	4	82,4	3154	65,0		350	7,2	3504	72,2
40	32010002050	Колектор	СЧ20	11,2	13,2	1	13,2	788	10,4		88	1,2	876	11,6
41	31010001013	Корпус коробки	СЧ20	17,9	21,0	4	84,0	3154	66,2		350	7,4	3504	73,6
42	33901000215	Вкладиш	СЧ20	16,0	18,8	8	150,4	6308	118,6		700	13,2	7008	131,8
43	34000006001	Циліндр ВТ	СЧ20	27,5	32,4	4	129,6	3154	102,2		350	11,3	3504	113,5
44	34000007008	Циліндр НТ	СЧ20	33,7	39,6	4	158,4	3154	124,9		350	13,9	3504	138,8
45	34060001008	Корпус коробки	СЧ20	24,0	28,2	4	112,8	3154	88,9		350	9,9	3504	98,8
Всього:														1057,3
На програму:														1500,0

ФЛГ711.7101.1110.0006 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

21

Арк.

## 1.2 Характеристика виробництва і вибір технологій виготовлення виливків

Ливарний цех спеціалізується на виробництві виливків середньої складності із чавуну марок СЧ15, СЧ20. Потужність ливарного цеху складає 1 500 тон придатного литва за рік.

Виходячи з аналізу виробничої програми, характеру виробництва, серійності, розподілу виливків за групою складності та масою, габаритами, марок металу обираємо спосіб виготовлення виливків.

Отже, в проектованому цеху виготовлення виливків здійснюється в оболонкові форми, які виготовляються із сумішей, що твердіють у контакті з гарячою оснасткою.

## 1.3 Тип і структура цеху

За типом виробництва ливарний цех відноситься до серійного виробництва.

Структура ливарного виробництва підприємства наступна:

- сумішоприготувальне відділення;
- стрижневе відділення;
- відділення оболонкових форм;
- склад шихтових матеріалів;
- склад формувальних матеріалів;
- плавильне відділення;
- відділення фінішних операцій;
- склад готової продукції.

До ливарного цеху входять не тільки виробничі відділення, а й різні комори, службово-адміністративні, побутові відділення.

Компонування ливарного цеху здійснено відповідно до різноманітних вимог проектування без перетинання вантажопотоків та дотримання санітарно-гігієнічних умов робочого процесу. Схему ливарного цеху показано на рис. 1.1.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

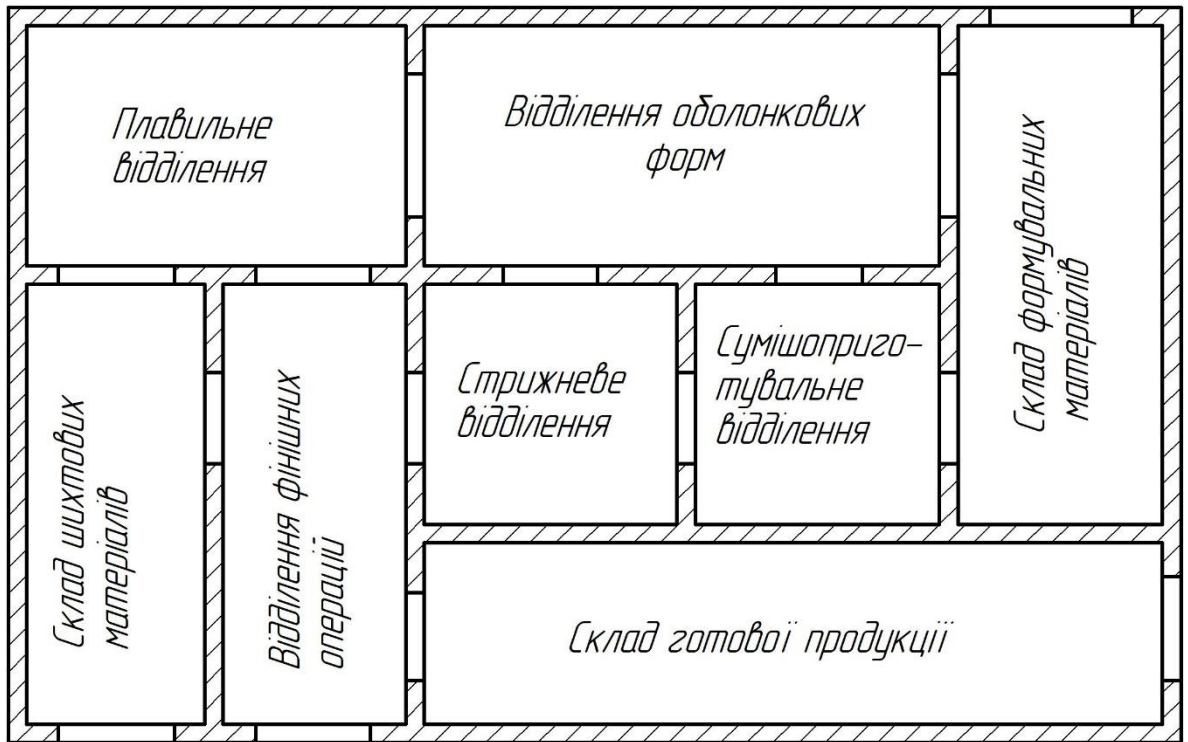


Рисунок 1.1 – Загальний план ливарного цеху

## 2 РЕЖИМ РОБОТИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ І ФОНДИ ЧАСУ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ І РОБІТНИКІВ

На підставі аналізу виробничої програми та характеру виробництва встановлюємо режими роботи цеху й окремих відділень та фонди часу роботи устаткування і робітників.

Найпоширенішим є двохзмінний паралельний режим роботи, за якого третю зміну використовують для профілактики і ремонту устаткування [2]. Цей режим є оптимальним за характеристиками та підходить за серійністю, характером і продуктивністю виробництва. Тому в даному проекті приймаємо двохзмінний паралельний режим роботи.

Відповідно до обраного режиму роботи перед проектуванням відділення ливарного цеху встановлюємо фонди часу роботи устаткування і робітників, для цього використовуємо три види фондів часу:

– календарний фонд  $\Phi_k$ , знаходимо за наступною формулою:

$$\Phi_k = P \cdot D, \text{ год} \quad (2.1)$$

де  $\Phi_k$  – календарний фонд часу, год;

$P$  – кількість днів у році, днів;

$D$  – кількість годин на добу, год.

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}$$

– номінальний фонд  $\Phi_n$  — час, протягом якого можна виконувати роботу за впровадженим режимом без урахування неминучих утрат .

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \text{ год} \quad (2.2)$$

ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Бандура В.О.		
		Кочешков А.С.		
		Лютый Р.В.		
РЕЖИМИ РОБОТИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ І РОБІТНИКІВ				
		Літ.	Арк.	Акрушів
		24	70	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1
Н. Контр.				
Затверд.				



де  $\Phi_n$  – номінальний фонд часу, год;

$C$  – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

$\Gamma$  – кількість годин в залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин;

Враховуючи святкові та вихідні дні, приймаємо 250 робочих днів в рік.

При двозмінному режимі роботи номінальний фонд роботи устаткування становить:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 \cdot 2 = 4000 \text{ год.}$$

– дійсний  $\Phi_d$  — розраховуємо як різницю між номінальним фондом і неминучими втратами робочого часу.  $\Phi_d$  знаходимо за формулою:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \text{ год} \quad (2.3)$$

де  $\Phi_d$  – дійсний фонд, год;

$\Phi_n$  – номінальний фонд часу, год;

$B$  – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати, год.

За умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневій відпустці дійсний фонд часу для робочих становить:

$$\Phi_d = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год.}$$

Всі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу наведені в табл. 2.1.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.1 – Режим роботи цеху та фондів часу

Індекс позиції	Найменування відділень, устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год	
			устаткування	робітників
1	Відділення оболонкових форм	2	3740	1840
2	Плавильне відділення	2	3720	1840
3	Стрижневе відділення,	2	3600	1840
4	Сумішоприготувальне відділення,	2	3680	1840
5	Відділення фінішних операцій,	2	3600	1840
6	Додаткові відділення	2	3600	1840

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ

#### 3.1 Структура цехів лиття в оболонкові форми

Цехи лиття в оболонкові форми мають такі основні виробничі відділення і дільниці:

- приготування піщано-смоляних сумішей;
- виготовлення, зміцнення і складання оболонкових форм. У відділенні установлюють форми в контейнери і засипають дробом;
- стрижневе відділення, у якому виготовляють стрижні, зачищають їх, фарбують і підсушують;
- відділення плавлення металу і заливання форм. У відділенні виплавляють сплави, заливають форми, охолоджують і видаляють виливки з контейнерів (за умови використання такої технології) та остаточно охолоджують виливки;
- відділення фінішних операцій. У відділенні очищають, зачищають, ґрунтують виливки та контролюють їх якість;
- склади шихтових і формувальних матеріалів з дільницями їх приготування до використання[3].

До складу цехів входять і допоміжні дільниці:

- регенерації піску — розташовують на складі формувальних матеріалів;
- охолодження і знепилювання дроби — розташовують також на складі формувальних матеріалів;
- служби механіка і енергетики;
- лабораторії, комори тощо[3].

#### 3.2 Визначення обсягів виробництва

Обсяги виробництва визначають на підставі вихідних даних заповненням відомості, при цьому враховують: брак виливків  $K_{бр} - 4...5 \%$ ; утрати оболонок

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бандура В.О.			ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кочешков А.С.					27	70
Н. Контр.		Лютый Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
Затверд.								

$K_{об} - 3...4 \%$ ; утрата стрижнів  $K_{ст} - 7...8 \%$ ; утрати піщано-смоляної суміші  $K_{см} - 5...6 \%$ ; утрата металу на угар, скрап тощо  $K_{ум}$ :  $4...5 \%$  – для чавунів,  $5...6 \%$  – для сталей і  $7...8 \%$  – для сплавів на основі кольорових металів.

Відомість обсягів виробництва занесена до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Відомість обсягів виробництва

Індекс позиції	Груповий потік	Кількість виливків, шт.		Маса, т				
		На програму	На програму з урахуванням браку	Виливків на програму	Виливків на програму з урахуванням браку	Стрижневої суміші на програму	Формувальної суміші на програму	Металевого дробу на програму
До 10 кг								
1	Перший груповий потік	46428	48285	201,5	209,6	35,0	28,0	4,2
2	Другий груповий потік	43800	45552	241,4	250,9	41,8	33,4	4,9
Більше 10 кг								
3	Перший груповий потік	47304	49196	1057,1	1099,4	183,2	146,6	21,3
Всього:		137532	143033	1500,0	1559,9	260,0	208,0	30,4

### 3.3 Технологічний процес та устаткування

Приготування піщано-смоляних сумішей - основна і відповідальна операція, оскільки від неї залежать як якість оболонки, так і якість виливків.

Формувальну суміш складається із сухого кварцового піску, зволожувача (гасу або оливи) і порошкоподібного зв'язувального компонента.

Формувальну суміш готують послідовним перемішуванням у змішувачі спочатку сухого піску зі зволожувачем (2...3 хв), а потім додають порошкоподібний зв'язувальний компонент і продовжують перемішувати протягом 4...5 хв.

Відцентровий змішувач періодичної дії для швидкого приготування плакованої суміші холодним способом в умовах масового і великосерійного виробництва.

Суміш готують за такою технологією. Матеріал, який завантажують у змішувач, піднімається із дна за допомогою двох плужків і підкидається під котки, що обертаються в горизонтальній площині і притискуються під дією відцентрової сили до стінок чаші.

Матеріал, перебуваючи у суспендованому стані, піддається інтенсивному продуванню повітрям, яке подається повітрорудкою через дифузор. Котки і стінки чаші змішувача облицьовують гумою.

Унаслідок значної частоти обертання вертикального вала змішувача і котків інтенсивність перемішування компонентів суміші досить висока. У змішувач компоненти піщано-смоляної суміші подають через дозатори[3].

Автоматичну установку моделі 7226 використовують для приготування плакованих сумішей гарячим способом.

Годинну потребу суміші визначають, виходячи із витрат матеріалів, за формулою 3.1:

$$V_c = V_p P_T 1,05 / K_y \Phi_d, \quad (3.1)$$

де  $V_p$  - річний випуск литва за програмою, т;

$P_T$  - витрати суміші на одну тонну придатного литва, кг;

1,05 - коефіцієнт, який враховує утрати матеріалів;

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$K_y$  - коефіцієнт використання устаткування для виготовлення оболонок,  $K_u$   
= 0,7...0,8;

$\Phi_d$  - дійсний річний фонд роботи устаткування для виготовлення оболонок,  
год.

$$V_c = 1500 \cdot 3,2 \cdot 1,05 / 0,8 \cdot 3740 = 1,68$$

Кількість змішувачів, з урахуванням тривалості циклу приготування суміші 12 хв, визначають за формулою

$$Z = V_c / \Pi, \quad (3.2)$$

де  $\Pi$  - продуктивність одиниці устаткування, т/год.

$$Z = 1,68 / 3 = 0,6$$

Приймаємо кількість змішувачів-1.

Оболонкові форми виготовляють на устаткуванні, яке розрізняють:

- за методом виготовлення оболонок (насіпанням, насипанням з наступним підпресовуванням, надуванням);
- за способом насипання суміші (бункерний і рамковий);
- за кількістю позицій (одно- і багатопозиційне);
- за способом переміщення модельної плити (човникове, карусельне, конвеєрне і рольгангове);

Машини для виготовлення оболонкових півформ виготовляють переважно багатопозиційними, щоб підвищити їх продуктивність, при чому оболонки спікаються на декількох позиціях.

Це зумовлено тим, що на спікання оболонок необхідно більше часу, ніж на виконання інших операцій виготовлення оболонкової півформи.

Під час проектування сучасного цеху лиття в оболонкові форми необхідно передбачати механізоване складання останніх.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кількість устаткування для виготовлення оболонкових форм визначають за формулою:

$$n = 2 V / \Phi_d q, \quad (3.3)$$

де  $V$  - кількість форм для виконання річної програми з урахуванням бракованих (середня маса форми із стрижнями 16 кг), шт.;

$q$  - продуктивність устаткування, півформ/год.

Оболонкові форми виготовляються на машині моделі УКФ-2

$$n = 2 \cdot 143033 / 3680 \cdot 40 = 2 \text{ шт.}$$

Кількість установок приймаємо-2 шт.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

### 4.1 Обґрунтування вибраної технології

#### 4.1.1 Загальна характеристика виливка

Деталь «Циліндр першої ступені» призначений розміщення в собі поршня, що рухається вздовж деталі.

Виливок «Циліндр першої ступені» повинен мати високі механічні і експлуатаційні властивості, витримувати прикладені статичні навантаження, чинити опір агресивній дії робочого середовища і водночас повинен бути виготовлений з недорогого, недефіцитного, легко оброблюваного (технологічного з механічної точки зору) матеріалу.

Конструкція даного виливка повинна забезпечувати високий рівень його службових характеристик при заданій масі та точності конфігурації, а також враховувати технологію його виготовлення, тобто зручною для виготовлення та оброблення.

Для виготовлення виливка «Циліндр першої ступені» в якості матеріалу використано сірий чавун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85, хімічний склад якого та механічні властивості наведено в табл. 4.1, 4.2 відповідно.

Таблиця 4.1 – Масова частка компонентів сірого чавуну марки СЧ20  
ГОСТ 1412-85

Позначення за ГОСТ	Масова частка елементів, %				
	вуглець	марганець	кремній	фосфор	сірка
				Не більше	
СЧ20	3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	0,2	0,15

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Бандура В.О.				Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Кочешков А.С.						
Н. Контр.	Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
Затверд.							
РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА							



Таблиця 4.2 – Механічні властивості сірого чавуну марки СЧ20  
ГОСТ 1412-85

Марка чавуну	Тимчасовий опір розриванню, МПа	Твердість (орієнтовні дані), НВ			
		товщина стінки 4 мм	товщина стінки 8 мм	товщина стінки 15 мм	товщина стінки 30 мм
	не менше	не більше			
СЧ20	200	255	240	230	216

Даний сплав, сірий чавун СЧ20 (ГОСТ 1412-85, має такі ливарні властивості: температура плавлення 1150 °С; ливарна усадка 1,2 %.

Маса деталі 20 кг, вилівка 23 кг.

Даний вилівок за відповідальністю відноситься до другої категорії: вилівки, які розраховані на міцність і які несуть статичні і динамічні навантаження. Такі вилівки контролюють за зовнішнім виглядом, розмірами та масою (вибірково), хімічним складом і механічними властивостями (обов'язково) та піддають спеціальним видам контролю і випробуванням (вибірково) на щільність, відсутність тріщин, герметичність.

#### 4.2 Вибір технологічного процесу виготовлення вилівка

Технологічний процес повинен забезпечити виготовлення в необхідній кількості вилівок з дотриманням технічних вимог, щодо геометричної, розмірної та масової точності, повинен мати високі техніко-економічні показники.

Остаточний вибір технологічного процесу, з числа рівноцінно можливих, здійснюється на основі аналізу основного показника – економічної ефективності (сумарні витрати на одиницю продукції), котрий залежить від групи складності вилівка, роду сплаву, маси та габаритних розмірів, характеру виробництва. Обираємо виготовлення вилівка методом лиття в оболонкові форми.

									ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

### 4.3 Обґрунтування положення виливка у формі й вибір площини розніму моделі і форми

При виборі положення виливка під час заливання та площини розніму моделі (форми) керуємося наступними правилами, положеннями по ГОСТ 3.1125-88:

– найбільш відповідальні робочі частини, плоскі поверхні великої протяжності, місця, які підлягають механічному обробленню, потрібно, по можливості, розміщувати в нижній півформі; в крайньому випадку – вертикально або похило. При вимушеному розміщенні оброблюваних поверхонь у верхній півформі необхідно забезпечити такі умови, при яких піщані і газові раковини могли б утворюватися тільки в тих частинах виливка, які видаляються при обробленні;

– для попередження утворення недоливів тонкі стінки виливків необхідно розміщувати в нижній півформі, бажано вертикально або похило, при цьому шлях проходження металу від ливникової системи до тонких стінок повинен бути найкоротшим. Масивні теплові вузли виливка, кристалізація яких закінчується в останню чергу, розміщувати зверху; при такому розміщенні цих вузлів легше реалізувати їх направлену, послідовну кристалізацію та підживлення їх надливами;

– для виливків, котрі мають внутрішні порожнини, які утворюються за допомогою стрижнів, вибране положення повинно забезпечити можливість контролю розмірів порожнини форми при збиранні, а також надійність кріплення стрижнів;

– виливки з сплавів зі значною усадкою розміщувати в положенні, зручному для живлення їх металом верхніми зливними або бічними відвідними надливами;

– положення виливка у формі повинно забезпечити зручність підведення металу у форму та повне її заповнення;

– число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальними;

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– площа розніму моделі повинна забезпечувати легке видалення моделі, без використання відокремлюваних частин.

Оскільки основна частина виливка має просту геометричну форму (циліндричне тіло) та спосіб виготовлення форм, розмістимо його вертикально. Таке положення зручне для здійснення безперешкодного вилучення моделі з форми.

#### **4.4 Усадка металу виливка**

Усадка виливка (зміна об'єму та лінійних розмірів) проходить на всіх стадіях формування виливка із рідкого металу. Вона сприяє утворенню усадкових раковин та поруватості, ливарних напружень, гарячих та холодних тріщин, впливає на вагову точність виливка, його герметичність та щільність. Усадкові процеси, які протікають при формуванні виливка, визначаються хімічним складом металу, температурою його перегріву над лінією ліквідусу, фазовими переходами в рідкому та твердому станах, наявністю домішок в металі та швидкістю відведення тепла як при кристалізації розплаву, так і при подальшому його охолодженні в формі.

Протидію вільній усадці металу виливка, по периметру, чинить лише вертикальний стрижень. Враховуючи те, що виготовлення форм здійснюється з сирих піщано-глинястих сумішей з вмістом глинястої складової від 4 до 9 %, котрі мають високу податливість, небезпеки виникнення тріщин немає.

#### **4.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка**

Припуски на механічне оброблення призначаємо з метою забезпечення необхідної шорсткості робочих поверхонь та доведення виливка до номінальних розмірів деталі відповідно до ГОСТ 26645-85. Значення припусків наведені в таблиці 4.3.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка по ГОСТ 26645-85

Тип сплаву	Чавун СЧ20		
Технологічний процес	Литво в форми, які тверднуть в контактi з гарячою оснасткою		
Найбільший габаритний розмір	296		
Норми точності виливка за ГОСТ 26645-85			
Клас розмірної точності виливка	9		
Ступінь жолоблення виливка	0		
Ступінь точності поверхонь	0		
Клас точності маси виливка	11		
Ряд припусків	6		
Номінальні розміри, мм			
22	155	172	296
Допуски розмірів виливка, мм			
1,8	3,2	3,2	3,6
Допуски форми та розміщення елементів виливка, мм			
0,5	0,5	0,5	1,2
Загальний допуск елементу виливка, мм			
2,2	4,0	4,0	4,4
Вид кінцевого механічного оброблення - чистове			
Загальний припуск на сторону, мм			
3,0	5,0	5,0	5,6

#### 4.6 Допустимі відхилення за розмірами і масою виливка

На точність розмірів та маси виливка впливають наступні фактори: точність виготовлення модельного оснащення, а відповідно і разової піщано-глинястої форми; точність встановлення і фіксації стрижнів та точність центрування півформ під час складання; величина ливарної усадки металу виливка в різних напрямках; відхилення, які виникають на етапах фінішних операцій та термічного оброблення.

Всі вище перераховані фактори в значній мірі впливають на точність розмірів, змінюючи їх в ту чи іншу сторону, проте величина похибки не повинна виходити за межі загального поля допуску, призначеного на розміри виливка «Циліндр першої ступені», котрий становить  $\pm 4,0$  мм за ГОСТ 26645-85.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Допустиме відхилення маси виливка становить  $\pm 6,4$  % по ГОСТ 26645-85.

#### **4.7 Конфігурація та розміри стрижнів, стрижневих знаків**

Для формування внутрішньої порожнини виливка використовуємо один внутрішній стрижень. Встановлення й фіксація піщаного стрижня у ливарній формі здійснюється за допомогою спеціальних виступів, які називаються стрижневими знаками. Конфігурація і розміри стрижневих знаків визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, які оформлюються стрижнями. Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

В нашому випадку для виконання внутрішньої порожнини та отворів застосовуємо вертикальний стрижень.

Розміри знакових частин стрижня вибираємо залежно від довжини стрижня і розміщення його у формі відносно площини розніму.

Стрижні та їх знаки зображуємо за масштабом креслення суцільною тонкою лінією. Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній, довжина штрихових ліній 3...30 мм.

#### **4.8 Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення**

Враховуючи габаритні розміри 252×296 мм та масу 23,0 кг, а також розміщення ливникової системи у формі виготовляємо один виливок.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 4.9 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи, місця підведення металу та її розрахунок

### 4.9.1 Розрахунок площ поперечних перерізів усіх елементів ливникової системи

В теперішній час існує багато розроблених різними авторами методів розрахунку ливникових систем для сталевих виливків, які засновані на законах гідравліки.

Розрахунок загальної площі вузького перерізу (живильника) ливникової системи за формулою Озана-Дітерта, що являє собою спрощене вираження рівняння Бернуллі:

$$\sum F_{\text{Ж}} = \frac{G_{\text{В}}}{\mu \cdot \tau_3 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{H_{\text{Р}}}}, \quad (4.1)$$

де  $\sum F_{\text{Ж}}$  – сумарна площа живильників, м<sup>3</sup>;

$G_{\text{В}}$  – маса металу виливка, кг;

$\mu$  – коефіцієнт опору руху металу в каналах ливникової системи

$$\mu = 0,85;$$

$\tau_3$  – час заповнення форми металом:

$$\tau_3 = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (4.2)$$

де  $S$  – коефіцієнт часу (приймаємо рівним  $S=1,3$ )

$\delta$  – переважна товщина стінки виливка, мм;

$G$  – маса металу, необхідна для отримання виливка з ливниковою системою:

$$G = G_{\text{В}} + 0,1 \cdot G_{\text{В}} + G_{\text{Н}}, \quad (4.3)$$

де  $G_{\text{В}}$  – маса металу виливка, кг;

$G_{\text{Н}}$  – маса надливів, кг;

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G=1,15 \cdot 23,0 + 7,5 = 34, \text{ кг};$$

$$\tau_3=1,3 \cdot \sqrt[3]{17 \cdot 34} = 11 \text{ с};$$

$H_p$  – розрахунковий металостатичний напір розраховуємо за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{h_B}{2}, \quad (4.4)$$

де  $H_0$  – відстань від горизонтальної площини, яка проходить через ливникову воронку, до місця підведення металу в порожнину форми, см;

$h_B$  – висота виливка під час заливання, см;

$$H_p = 18 - \frac{30}{2} = 3 \text{ см.}$$

Підставляємо отримані дані у формулу для розрахунку сумарної площі живильників:

$$\sum F_{Ж} = \frac{34}{0,85 \cdot 11 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{3}} = 8,1 \text{ см}^2$$

Розрахунок співвідношення між площами перетинів елементів ливникової системи:

$$\sum F_{СТ} : \sum F_{К} : \sum F_{Ж} = 1,3 : 1,1 : 1,0 \quad (4.5)$$

де  $\sum F_{СТ}$  – сумарна площа перетину стояків, см<sup>2</sup>;

$\sum F_{Ш}$  – сумарна площа перетину шлаковловлювачів см<sup>2</sup>.

$\sum F_{Ж}$  – сумарна площа перетину живильників см<sup>2</sup>.

$$10,5 : 8,9 : 8,1 \text{ см}^2.$$

Оскільки, на один вилівок передбачено вісім живильників, то

$$F_{Ж} = \frac{\sum F_{Ж}}{8}, \quad (4.6)$$

де  $F_{Ж}$  – площа перетину одного живильника, см<sup>2</sup>;

$\sum F_{Ж}$  – сумарна площа перетину живильників на форму, см<sup>2</sup>;

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідси,

$$F_{\text{ж}} = 1,0 \text{ см}^2,$$

$$F_{\text{ш}} = 8,9 \text{ см}^2,$$

$$F_{\text{ст}} = 10,5 \text{ см}^2.$$

Лінійні розміри та поперечні перерізи живильника, шлаковловлювача і стояка зображені на кресленні ФЛ711.7101.1110.0001 ДП.

#### 4.9.2 Характеристика модельного комплекту

Для виготовлення нашого виливка модельний комплект має склад:

- набір металевих моделей (2 шт.);
- гільза для виготовлення стрижнів (1 шт.).

Для виготовлення моделі виливка, а також виготовлення стрижневого ящика застосовуємо металеві модельні комплекти. Для виготовлення модельного комплекту та гільзи для виливка «Циліндр першої ступені» використовуємо конструкційну вуглецеву сталь 25Л ГОСТ 977-88. Моделі та стрижневі ящики з цього сплаву забезпечать нам достатню міцність, зносостійкість, корозійну стійкість та термостійкість.

Так як модель виконується з металу, а виливок відноситься до серійного виробництва точність модельного комплекту - 4 класу ГОСТ 3212-92. Технологічні вимоги до виготовлення моделі по ГОСТ 21087-75. Технічні вимоги до монтажу моделі по ГОСТ 20351-74.

#### 4.10 Вибір формувальних та стрижневих сумішей

##### 4.10.1 Обґрунтування вибору рецептур формувальної та стрижневої сумішей

Формування виливка відбувається при затвердінні металу в ливарній формі. При цьому розплав взаємодіє з поверхнею форми й у ній відбуваються складні механічні і фізико-хімічні процеси, що впливають на якість виливків. Так, форма

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





## 4.11 Процес виготовлення ливарних форм

Перед запуском машини переконатися в справності модельного оснащення машини, наявності та стану піщано-смоляних сумішей.

При відкритому шибері бункера піщано-смоляна суміш поступово потрапляє через приймальню воронку і гнучкий рукав в бункер формувальної машини. Рукав приєднаний до рами печі формувальної машини так, щоб суміш висипалася в бункер тільки при опущеному на модельну оснастку ковпаку печі (операція попереднього підігріву і випалення).

Модельна оснащення не повинна мати пошкоджень; повинна бути надійно закріплена, придатна до роботи.

Для початку роботи установити на машину набір моделей та обдути оснащення стисненим повітрям для видалення з неї пилу.

Увімкнути режим нагріву і при досягненні температури оснастки 120-140°C нанести на моделі з пульверизатора розділове покриття. Продовжити нагрів модельного оснащення до робочої температури 300 °C та приступити до виготовлення напівформ. Для отримання оболонки переключаємо машину в режим спікання форми, що являє собою нанесення на оснащення формувальної суміші, витримка та поверхнєве спікання форми газовими пальниками зі сторони контрладу. Після закінчення кожного циклу роботи машини зняти оболонки з піднятих штовхачів і подати на склейку

### 4.11.1 Вибір способу попередження прилипання суміші до моделі

Для зменшення прилипання суміші до моделі її покривають розділовим покриттям, на основі кремнійорганічних полімерів, рідину СКТ – синтетичний каучук термостійкий.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

#### 4.11.2 Вибір способу захисту виливка від пригару

Пригар – шлакоподібний силікатний шар із оксидів металу, силікатних фаз та формувальних матеріалів, який міцно зчеплений з поверхнею виливка. Зменшити або ж уникнути утворення пригару можна шляхом створення відновлювальної атмосфери в порожнині ливарної форми і на межі «метал-форма» при заповненні її розплавом до моменту утворення на поверхні виливка твердої кірочки затверділого сплаву.

Для попередження утворення пригару додаємо в формувальну та стрижневу суміш 3 % маршаліту.

#### 4.12 Розроблення технологічного процесу виплавлення металу та заливання форм

##### 4.12.1 Шихтові матеріали та їх підготовка

Для виплавлення чавуну СЧ20 використовуємо такі шихтові матеріали: сталевий брухт, чавунний брухт, стружка чавуну, чавун переробний ПЛ2, зворот власного виробництва, феромарганець та феросиліцій.

Сталевий брухт та чавунний брухт. Наліт іржі не допускається. Забрудненість нешкідливими домішками не повинна перевищувати 1% за масою. Розмір шматків брухту повинен бути не більше 200 мм.

Зворот власного виробництва. Повинен бути до необхідних розмірів, очищений від формувальної суміші.

Феросиліцій – застосовується для введення елементу кремнію в чавун. Із марок ФС 45 і ФС 75 краще застосовувати ФС 45, який має більшу питому вагу і краще засвоюється металом. Маса шматків до 5 кг.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

#### 4.12.2 Розрахунок температури розплаву перед випусканням його з печі

Температура заливання сталі залежить від складу сталі, середньої товщини стінки вилівка і найбільшого шляху проходження металу по горизонталі до протилежного краю вилівка. Рекомендована температура заливання чавуну становить 1340...1360 °С.

При випусканні чавуну з печі втрачається 50...100 °С.

При транспортуванні металу в ковшах, температура зменшується на 10...20 °С за хвилину.

Враховуючи всі вище наведені фактори, температура чавуну перед випусканням з печі складатиме:

$$t_{\text{вип}} = t_{\text{зал}} + 100 \quad (4.7)$$

де  $t_{\text{вип}}$  – температура чавуну перед випусканням з печі,

$t_{\text{зал}}$  – температура заливання. Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$t_{\text{вип}} = 1340 + 100 = 1440 \text{ °С}$$

#### 4.12.3 Технологія заливання форми

Для заливання нашої форми застосовуємо ківш ємністю 0,5 т. Температура заливання чавуну СЧ20 становить 1340...1350 °С.

Після заливання вилівок охолоджується і твердіє. Чавунні вилівки вибиваються при температурі нижче 450...500 °С.

#### 4.13 Можливі дефекти вилівка

У зв'язку з ускладненою конфігурацією, що представляє собою розміщення 10 шт. охолоджуючих ребер на деталі маємо велику ймовірність утворення в цій ділянці неспаю, недоливу та важкодоступного для видалення

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пригару. Для попередження утворення перелічених дефектів встановлюємо мінімальну температуру заливання форм 1340°C, в формувальну суміш обов'язково додаємо 3% маршаліту.

Тонкі ребра є уразливою частиною деталі при вибиванні та обрубіванні заготовок. У разі механічного пошкодження ребер деталі виконуємо виправлення дефекту електричною заваркою електродами ПАНЧ-11. Таблиця 4.6 – Характерні види дефектів

#### 4.13.1 Контроль якості продукції

До основних методів контролю якості відносимо:

- контроль геометричних розмірів;
- контроль наявності поверхневих та внутрішніх дефектів.
- контроль твердості виливків не менше ніж 2 шт. від плавки.

#### 4.14 Техніко-економічні показники

Маса формувальної суміші, потрібної для виготовлення 1т придатних виливків:

$$M_{\text{фсум}}(\text{на } 1\text{т}) = V_{\text{фсум}} \cdot 1000 \cdot \rho_{\text{фсум}} / (n_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} + m_{\text{л.с}}), \quad (4.8)$$

де  $V_{\text{фсум}}$  – об'єм формувальної суміші в опоці, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{фсум}}$  – густина формувальної суміші, кг/м<sup>3</sup>;

$n_{\text{в}}$  – кількість виливків;

$m_{\text{в}}$  – маса виливка, кг;

$m_{\text{л.с.}}$  – маса ливникової системи, кг.

$$M_{\text{фсум}}(\text{на } 1\text{т}) = 0,01 \cdot 1000 \cdot 1600 / (23+11) = 470 \text{ кг.}$$

Вихід придатного литва

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{техн}} = n_{\text{в}} \cdot G_{\text{в}} \cdot 100\% / (n_{\text{в}} \cdot G_{\text{в}} + G_{\text{л.с}}) \quad (4.9)$$

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де  $G_{л.с}$  – маса ливникової системи, кг;

$$G_{л.с.} = G_{жив} + G_{шл.} + G_{ст.} = 15 \text{ кг.}$$

$G_B$  – маса виливка, кг;

$$G_B = 53 \text{ кг.}$$

$n_B$  – кількість виливків.

$$ВП_{техн} = 23 \cdot 100\% / (23 + 11) = 68 \text{ \%}.$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{мет} = ((100 - Y)(100 - B)(100 - Б)) ВП_{техн} / 106 \quad (4.10)$$

де  $Y = 5\%$  – угар чавуну;

$B = 1,5\%$  – беззворотні втрати;

$Б = 7\%$  – брак для чавунних виливків.

$$ВП_{мет} = ((100 - 5)(100 - 1,5)(100 - 7) 68 / 106 = 59,2 \text{ \%}.$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, ми можемо розрахувати масу металозавалки на 1 тону придатного литва:

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100\% / ВП_{мет}, \quad (4.11)$$

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100\% / 59,2 = 1689 \text{ кг}$$

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## 5 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКОВАННЯ

### 5.1 Призначення машини та межі її використання

Для виготовлення оболонкових напівформ в ливарних цехах серійного і масового виробництв використовуються чотирьохпозиційні машини-автомати (Рисунок 5.1). Вони являють собою карусельну установку з вертикальною віссю обертання.

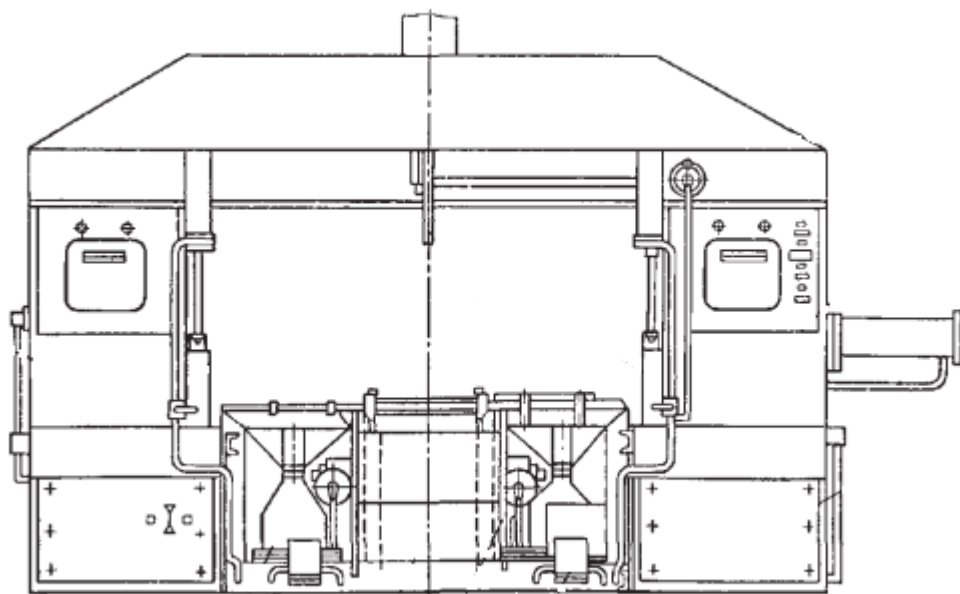


Рисунок 5.1 – Машина для виготовлення оболонкових форм моделі УКФ-2

Машина має на кожній позиції: модельну плиту; шарнірно з'єднану з поворотним бункером ковпакову піч; переміщуючись з однієї робочої позиції на іншу виконує операції затвердіння оболонки. Переміщення і скидання оболонки на стрічковий транспортер виконується за допомогою проміжного транспортера. Знімання оболонкової півформи проводиться знімачем, який переміщається від позиції до позиції разом з ковпаковою піччю і після

ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКОВАННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бандура В.О.						
Перевір.		Кочешков А.С.					47	70
Н. Контр.		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
Затверд.								

закінчення процесу затвердіння півформи піднімає її над модельною плитою і виштовхує. Завантаження піщано-смоляних сумішей в поворотні бункери проводиться в верхньому перекинутому положенні за допомогою завантажувальних пристроїв[5].

Ковпакова піч і знімач встановлені на верхньому і нижньому візках, які переміщуються від позиції до позиції за допомогою пневматичних циліндрів і ланцюгових тяг.

Апаратура управління автоматів змонтована в спеціальній шафі, розташованій поруч з машиною. При налагодженні автомат може бути переключено на напівавтоматичну роботу. З автоматичного циклу установка працює наступним чином. Отримавши первинну команду, модельна плита повертається пневматичним циліндром і рейковим механізмом на 360 °, захоплюючи при цьому і перекидаючи на себе бункер з піщаносмоляною сумішшю. Спеціальне реле часу, відрахувавши витримку плити під сумішшю, дає команду на поворот модельної плити в початкове положення. Зафіксована в початковому положенні модельна плита з утворилася оболонкою накривається ковпаковою піччю. Після затвердіння напівформи електронний блок робить її зняття, підйом. Переміщення знімача синхронізовані з переміщеннями ковпакової печі. Пересуваючись на другу позицію, ковпакова піч на пів-шляху механічно скидає оболонкову напівформу на конвеєр[5].

## **5.2 Розрахунок вузла установки модельних комплектів машини-автомата для виготовлення оболонкових форм**

Величина модельних плит для визначення параметрів столу машини-автомата розраховується по максимальних габаритах виливків, які планується виготовляти на дільниці з урахуванням зазорів по контуру форми та ливниково-живильної системи.

Максимальні габарити виливків:

Довжина 280 мм

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



Ширина 252 мм

Висота 298 мм

Довжину модельної плити знаходимо за формулою:

$$L_{\text{пл}} = L_{\text{вил}} + L_{\text{л.с.}} + 2 \cdot a \quad (5.1)$$

Де  $L_{\text{пл}}$  – довжина плити для моделей, мм;

$L_{\text{вил}}$  – максимальна довжина виливка, мм;

$L_{\text{л.с.}}$  – довжина ливникової системи (становить 45...70 % від максимальної довжини виливка), мм;

$a$  – зазор між моделями і окантовочною наповнювальною рамкою,

$$L_{\text{пл}} = 280 + 154 + 2 \cdot 30 = 494$$

Ширину підмодельної плити знаходимо за формулою:

$$B_{\text{пл}} = B_{\text{вил}} + B_{\text{л.с.}} + 2 \cdot a \quad (5.2)$$

де  $B_{\text{пл}}$  – ширина плити для моделей, мм;

$B_{\text{вил}}$  – максимальна ширина виливка, мм;

$B_{\text{л.с.}}$  – ширина ливникової системи (становить 15...40 % від максимальної довжини виливка), мм;

$a$  – зазор між моделями і наповнювальною рамкою,  $a = 30$  мм;

$$B_{\text{пл}} = 252 + 50 + 2 \cdot 30 = 362$$

Габаритні розміри плит для моделей – 500 мм×400 мм

Для визначення необхідної висоти виштовхувачів, що будуть забезпечувати вилучення напівформи, використовуємо наступну формулу:

$$H_{\text{вишт.}} = 20 + H_{\text{вил}}/2 \quad (5.3)$$

де  $H_{\text{вишт.}}$  – максимальна висота деталі, мм; Висотою деталі вважається розмір перпендикулярний до лінії розніму.

$$H_{\text{вишт.}} = 20 + 298/2 = 169$$

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

### 6.1 Визначення капітальних вкладень у проєкт відділення виготовлення оболонкових форм

Величина необхідних капітальних вкладень (у грн.) визначається методом розрахунку окремих елементів вкладень, за формулою:

$$K = K_o + K_{ocн} + K_{iнв} + K_{бyд} + K_M, \quad (6.1)$$

де  $K_o$  – капіталовкладення у необхідне обладнання;

$K_{ocн}$  – капіталовкладення в оснащення;

$K_{iнв}$  – капіталовкладення в інвентар

$K_{бyд}$  – капіталовкладення у виробничі будівлі та споруди;

$K_M$  – капіталовкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів. Вкладення в обладнання (у грн.) розраховують за формулою:

$$K_o = K_T + K_{пт} + K_e + K_{yп}, \quad (6.2)$$

де  $K_T$  – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{пт}$  – капіталовкладення у піднімально-транспортне устаткування;

$K_e$  – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{yп}$  – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення одиниць необхідного устаткування розраховують за формулою:

$$K = Ц(a_T + a_б + a_M), \quad (6.3)$$

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.				50	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.			ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>							

де Ц – договірна ціна одиниці технологічного устаткування, грн.;

$a_t$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05...0,1);

$a_b$  – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

$a_m$  – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

Розрахунок капітальних вкладень в устаткування сумішоприготувальної ділянки наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок капіталовкладень в устаткування

Найменування устаткування	Кількість, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн	Витрати на монтаж, грн.	Всього, грн.
1.Змішувач лопатевий для приготування формувальної суміші моделі 15711	1	720000	720000	31000	751000
2.Машина для виготовлення оболонкових форм моделі УКФ-2	2	490000	980000	28500	100850
3. Прес для склеювання оболонкових напівформ	1	180000	180000	14500	194500
Всього			1880000	74000	1954000

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 8 грн. на одиницю придатного литва (річна програма).

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (6.4)$$

						ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

де  $K_{осн}$  – вартість обігового фонду оснастки та інструментів;

$n_{заг}$  – загальна кількість виливків на рік, шт.

Підставивши значення в формулу (6.4) отримуємо:

$$K_{осн} = 8 \cdot 143033 = 1\,144\,264 \text{ грн.}$$

Вартість виробничого та господарчого інвентарю приймаємо в розмірі 2% від вартості устаткування:

$$K_{инв} = 1\,954\,200 \cdot 0,02 = 39\,080 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в запаси матеріалів розраховують за формулою:

$$K_M = \sum M_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (6.5)$$

де  $M_i$  – середня кількість запасів матеріалів і-го типу, т;

$C_i$  – оптова ціна матеріалу і-го типу, грн.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання матеріалу і-го типу.

Розрахунок капітальних вкладень в запаси матеріалів плавильного відділення наведений у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Визначення капітальних вкладень у запаси матеріалів

Найменування матеріалу	Кількість на 1 т литва, т	Планова ціна, грн./т	Мінімальний запас (тижневий), т	Вартість мінімального запасу, грн
1.Пісок кварцовий	3,000	600	94	56400
2.Зв'язувальний компонент СФП-011Л	0,150	62500	5,0	312500
3.Маршаліт	0,150	3750	5,0	18750
4.Розділове покриття СКТ (синтетичний каучук термостійкий	0,001	30000	0,03	900
5. Дріб чавунна	0,020	10000	0,625	6250
Всього:				338400

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівні та споруди визначають. Виходячи з площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових проводок.

Таблиця 6.3 – Капіталовкладення у виробничі будівлі та споруди

№ п/п	Елементи будівельно-монтажних робіт	Нормативне значення вартості, грн/м <sup>3</sup>	Дільниця або приміщення проведення робіт	Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Вартість робіт, грн
1	Виробничі одноповерхові будівлі	2 500	Відділення виготовлення оболонкових форм	1944	4 860 000
2	Електропроводка виробничих приміщень	50	Відділення виготовлення оболонкових форм	1944	97 200
3	Вентиляція виробничих приміщень	75	Відділення виготовлення оболонкових форм	1944	145 800
4	Невраховані витрати	500	Відділення виготовлення оболонкових форм	1944	972 000
Всього					6 075 000

Визначаємо кількість необхідних капіталовкладень у створення дільниці:

$$K = 1\,954\,000 + 1\,144\,264 + 39\,080 + 6\,075\,000 + 338\,400 = 9\,550\,744 \text{ грн.}$$

					ФЛ712.7114.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## 6.2 Організаційний розділ

### 6.2.1 Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників

Кількість основних виробничих працівників кожної з професій визначається із трудомісткості виробничих операцій, які здійснюються на дільниці, або по аналогії із діючим виробництвом [6].

Плановий час роботи одного працівника за рік розраховуємо шляхом складання балансу робочого часу. Цей розрахунок представлений у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Плановий баланс робочого часу за рік

Індекс	Найменування витрат часу	Кількість днів
1	Кількість номенклатурних днів за рік	365
2	Неробочі дні, у тому числі:	114
	– загальнодержавні та релігійні свята	10
	– вихідні	104
3	Режимний час підприємства, у тому числі:	251
	– плановий фонд роботи працівника	212
	– витрати робочого часу працівників, у тому числі:	39
	– хвороба	13
	– чергові та додаткові відпустки	24
	– невиходи з дозволу адміністрації	1
– скорочення робочого часу матерям, підліткам	1	

На підставі балансу робочого часу визначаємо обліковий склад робітників, який в свою чергу розраховується за допомогою коефіцієнта облікового складу  $K_{обл.}$ :

$$K_{обл.} = \Phi_{реж.} / \Phi_{пл.}, \quad (6.6)$$

де  $\Phi_{реж.}$  – режимний річний фонд роботи підприємства, днів;

$\Phi_{пл.}$  – плановий фонд роботи працівника за рік, днів.

Підставивши значення у формулу (6.6) розраховуємо:

$$K_{обл.} = 251/212 = 1,18$$

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Чисельність основних, допоміжних робітників та управлінського персоналу дільниці наведено у табл. 6.5.

Таблиця 6.5– Загальна чисельність працівників

Найменування професії	Кваліфікація, розряд	Чисельність робітників, осіб	Коефіцієнт облікового складу	Обліковий склад
<b>ОСНОВНІ РОБІТНИКИ</b>				
Формувальник	3	3	1,18	3
Землероб	3	1	1,18	2
Разом		4		5
<b>ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ</b>				
Різноробочий	3	2	1,18	2
Слюсар по ремонту тех. уст.	4	1	1,18	1
Електромонтер	4	1	1,18	1
Разом		4		4
<b>УПРАВЛІНСЬКИЙ ПЕРСОНАЛ</b>				
Майстер	-	2	-	2
Механік	-	1	-	1
Разом		3		3

### 6.2.2 Розрахунок фондів заробітної плати

Витрати на заробітну плату робітників складаються з основної та додаткової заробітної плати з відрахуванням на соціальні потреби. Сума цих нарахувань складає 22,0% від загального річного фонду заробітної плати.

Загальний фонд заробітної плати робітників розраховується наступним чином: спочатку визначають основний і додатковий фонд заробітної плати.

Основний фонд заробітної плати за рік (у грн.) для відрядників за професіями і розрядами розраховується за формулою:

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (6.7)$$

де N – число основних робітників даної професії та розряду, чол;

Φ – ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

C – годинна тарифна ставка, грн.

Розмір премії приймаємо 25...35% від фонду основної заробітної плати.

Розмір додаткового фонду визначається як сума всіх перерахованих виплат.

Загальний фонд заробітної плати розраховується як сума основного та додаткового фондів.

Результати розрахунків заробітної плати управлінського персоналу наведено у табл. 6.6 і основних та допоміжних робітників – у табл. 6.7.

Таблиця 6.6 – Розрахунок з/п управлінського персоналу

Посада	Кількість, осіб	Місячний оклад, грн	Річний фонд з/п, грн
Майстер	2	14000	336000
Механік	1	14000	168000
Разом	3	28000	504000

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 6.7 – Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників

Професія, спеціальність	Тарифна ставка, грн	Облік складу, осіб	Плановий фонд роб., год	Основна заробітна плата, осіб	Розрахунок додаткової плати				
					надбавки				Разом додаткова зарплата
					Премія, 20%	Особливі умови, 12%	Відпустка, 12%	Інші, 10%	
<b>ОСНОВНІ РОБІТНИКИ</b>									
Формувальник	55,0	3	1672	275800	55160	33096	33096	27580	148932
Землероб	38,5	2	1672	128744	25749	15449	15449	12874	69521
Разом		5		404544					68618
<b>ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ</b>									
Різноробочий	38,0	2	1672	127072	25414	15249	15249	12707	68619
Слюсар по ремонту тех. уст.	45,0	1	1672	75240	15048	9029	9029	7524	40630
Електромонтер	45,0	1	1672	75240	15048	9029	9029	7524	40630
Разом		3		784846					149878

### 6.3 Визначення планової собівартості одиниці продукції

#### 6.3.1 Розроблення планової собівартості продукції

Для розрахунку планової собівартості продукції складаємо планову калькуляцію, яка представлена у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Планова калькуляція собівартості 1 т рідкого металу та придатної продукції

Найменування статей витрат	% до металозавалки	Кількість на 1 т виливків, кг	Планова ціна за 1 т, грн	Вартість на 1 т, грн
1. Металева шихта:				
- сталевий брухт	30,0	300,0	7800	2340
- зворот власного виробництва	30,0	300,0	1000	300
- чавунний брухт	30,0	300,0	7800	2340
- феросиліцій ФС45	7,0	70,0	30000	2100
- феромарганець ФМн78	3,0	30,0	85000	2550
Разом		1000	-	9630
2. Угар	5	50	-	
Загалом рідкого металу	95	950	-	9630
3. Відходи власного виробництва		300	1000	-300
Разом		1000		9330
4. Заробітна плата				
а) основна		404544/1500		270
б) додаткова		68618/1500		46
6. Єдиний соціальний внесок		22%		70
7. Енергоносії		Нормативи на підприємстві Е/е =2 500 кВт/тонну виливків. Тариф = 2,84 грн/кВт Природний газ =40 м <sup>3</sup> /тонну виливків. Тариф = 9,5 грн/м <sup>3</sup>		7100 380
8. Утримання та експлуатація устаткування		120%		324
9. Загальновиробничі витрати		110%		297
10. Загальногосподарські витрати		80%		367
11. Витрати на підготовку та освоєння виробництва		40%		216
12. Позавиробничі витрати		6%		1104
Всього				19504

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ

Арк.

58

### 6.3.2 Розрахунок продуктивності праці на дільниці

Продуктивність праці розраховуємо як відношення обсягів виробництва придатного литва за рік до загальної чисельності персоналу дільниці:

$$\text{ПП} = Q/n, \quad (6.8)$$

де ПП – продуктивність праці, т/особу;

Q – кількість придатного литва за рік, т;

n – загальна чисельність персоналу дільниці, особа.

$$\text{ПП} = 1500 / 12 = 125 \text{ т/особу.}$$

					ФЛ712.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою даного розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників у проектуваному відділенні виготовлення оболонкових форм, розробка заходів та засобів їх усунення.

### 7.1 Загальна характеристика умов праці на відділенні виготовлення оболонкових форм

Параметри приміщення наведені в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Параметри приміщення плавильного відділення

№ п/п	Найменування	Основні характеристики	Кількість
<b>Приміщення</b>			
1	Параметри приміщення	18000мм×18000мм×6000мм S = 324 м <sup>2</sup> ; V = 1944 м <sup>3</sup>	-
2	Кількість працівників	Працівники відділення	12
3	Природне освітлення	Вікна металопластикові вікна з профілю Mega line 500 2800мм×2000мм	3
4	Штучне освітлення	Світлодіодний світильник LED 100W 6500K 10000Lm IP66	10

Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 7.2

Таблиця 7.2 – Обладнання і оснащення відділення

№ п/п	Назва	Розміри, мм	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рис.
1	1.Змішувач лопатевий для приготування формувальної суміші моделі 15711	2400×2100×2400	матеріал: метал вага: 10 тон	1	1
2	2.Машина для виготовлення оболонкових форм моделі 51713	12000×3200×1640	Матеріал: метал Вага: 8 тон	1	2
3	3. Прес для склеювання оболонкових напівформ	2000×1500×1850	Матеріал: метал Вага: 450 кг	1	3

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Бандура В.О.				Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Кочешков А.С.				60	70	
Н. Контр.	Лютый Р.В.				ОХОРОНА ПРАЦІ КПП ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
Затверд.							

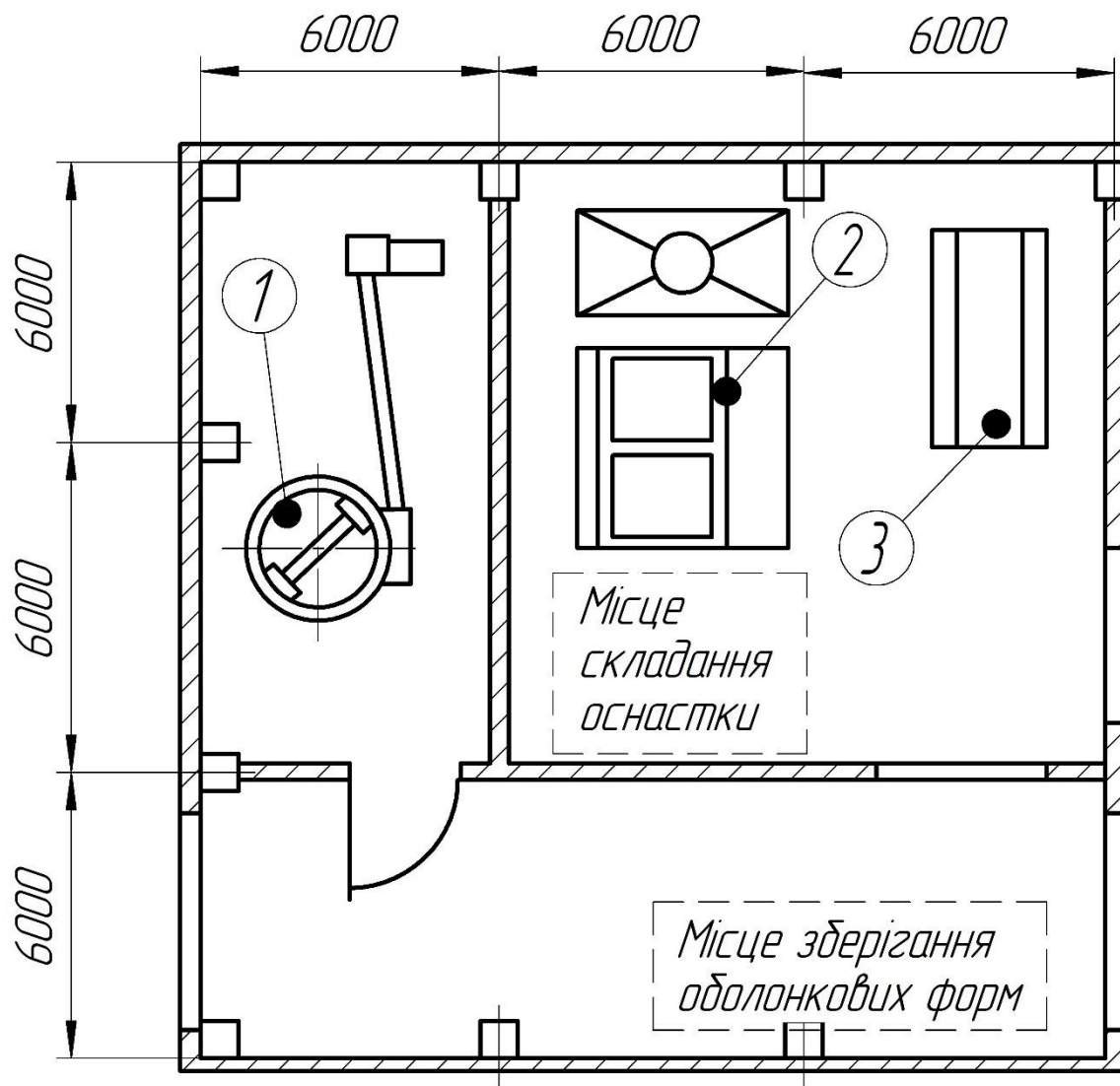


Рисунок 7.1 – План відділення

Порівняння реальні та нормативних (ДСанПіН 6.6.3-150-2007) характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання проведено в таблиці 7.3

Таблиця 7.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№ п/п	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативне значення
1	Площа на 1 працюючого	27,0 м <sup>2</sup>	4,5 м <sup>2</sup>
2	Об'єм на 1 працюючого	162 м <sup>3</sup>	15 м <sup>3</sup>
3	Мінімальна ширина проходу	3 м	1,5 м

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ

Арк.

61











### 7.3.1.3. Електронбезпека

Небезпека ураження електричним струмом збільшується при невиконанні правил експлуатації електрообладнання, термінів ремонту обладнання. Дія електричного струму може викликати опіки, механічні ушкодження організму людини. Небезпека ураження може виникнути в результаті короткого замикання, іскріння, ушкодження ізоляції [7]

Основні небезпеки пов'язані з дією на організм людини електричного струму, який використовується в технологічному процесі при формувальних роботах занесено в таблицю 7.10

Таблиця 7.10 – Електричні джерела небезпеки

№ п/п	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Змішувач лопатевий для приготування формувальної суміші моделі 15711	Шафа керування	Пошкодження ізоляції електропроводки	Ураження струмом
2	Машина для виготовлення оболонкових форм моделі 51713	Ковпакова піч	Пошкодження ізоляції електропроводки з ризиком потрапляння струму на каркас печі	Ураження струмом

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена таблиця 7.10. Нормативні значення було взято з НПАОП 40.1-1.21-98. «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Таблиця 7.11 - Реальні та нормативні фактори небезпеки ураження електричним струмом

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Максимальний струм	>А	0,025 А
2	Максимальна напруга	220В	42 В

										ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							66



## ВИСНОВКИ

При виконанні даного дипломного проекту було реалізовано такі завдання:

– спроектовано відділення виготовлення оболонкових форм, обрано високопродуктивне устаткування, яке виконує всі технологічно необхідні операції на цій ділянці;

– окремо розроблено та розраховано устаткування, що працює у спроектованому відділенні, а саме машину для виготовлення оболонкових форм моделі 51713;

– розроблено технологію виготовлення виливка «Циліндр першої ступені», яка здійснюється литтям в об'ємні разові сирі піщано-глинясті форми. Технологія забезпечує наближення виливка до готової деталі за розмірами та конфігурацією;

– проведені економічні розрахунки підтверджують доцільність роботи відділення, обраного устаткування та технології виготовлення виливка;

– аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які існують при виконанні даної роботи, має допустимі результати, що є забезпеченням здорових умов праці та низький рівень забрудненості навколишнього середовища.

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ВИСНОВКИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Бандура В.О.						
<i>Перевір.</i>		Кочешков А.С.					68	70
<i>Н. Контр.</i>		Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>								

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Михайлов А.М. и др. Литейное производство. Учебник для металлургических специальностей – М., «Машиностроение», 1987 – 256с.

2. «Особливості проектування спеціальних способів лиття»  
<https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/04/fedorov-gye-proektuvannya-lyvarnyh-czehiv-chastyna-2.pdf>

3. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр». Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво / Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М.Сиропоршнев, М.М. Ямшинський.– К.: ВПК «Політехніка», 2011. – 67 с.

4. Евстигнеев А.И и др. Специальные технологии литейного производства, учебное пособие ч.2, М., «Машиностроение», 2012-436 с.

5. <http://delta-grup.ru/bibliot/12/119.htm>

6. Гавриш О.А. та ин. Методичні рекомендації до розробки економічної частини дипломних проектів і робіт/ О.А. Гавриш, В.І. Кривда, С.В Нараєвський – К. ІВЦ «Політехніка» - 2010 – 54 с.

7. Левченко О.Г., Демчук Г.В. Розділ з охорони праці в дипломних роботах: Рекомендації до виконання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей 132 «Матеріалознавство» та 136 «Металургія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; – Електронні текстові дані (1 файл: 90,9 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 16 с

					ФЛ711.7101.1110.0006 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Бандура В.О.				<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	Кочешков А.С.						69	70
<i>Н. Контр.</i>	Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1			
<i>Затверд.</i>								

ДОДАТКИ

					ФЛ711.7101.1110.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ДОДАТКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>	Бандура В.О.						70	70
<i>Перевір.</i>	Кочешков А.С.							
<i>Н. Контр.</i>	Лютый Р.В.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ЛВЧКМ, ФЛ-71-1		
<i>Затверд.</i>								