

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРЕС-ФОРМИ
ДЛЯ ЛИТТЯ РАДІАТОРА СВІТЛОДІОДНОЇ
ЛАМПИ

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти
групи М-41

Мись Максим Андрійович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Селезньов Едуард Леонідович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Пуць Віталій Степанович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра галузевого машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма: «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Пуць Віталій Степанович

« ___ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Мись Максим Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Проектування конструкції прес-форми для лиття радіатора світлодіодної лампи*

Керівник роботи: Селезньов Е.Л.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «14» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи базові креслення устаткування, технічна характеристика, технічні умови.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація Зміст Вступ. 1 Оглядова частина. 2 Проектна частина

3 Рекомендації з експлуатації обладнання. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Радіатори – 1 л. ф. А1;

2. Ливарні прес-форми – 1 л. ф. А1;

3. Прес-форма для лиття радіатора. Складальний кресленик – 1 л. ф. А1;

4. Матриця – 1 л. ф. А1;

5. Пуансон – 1 л. ф. А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Селезньов Е.Л., доцент		
Розділ 2	Селезньов Е.Л., доцент		
Розділ 3	Селезньов Е.Л., доцент		

7. Дата видачі завдання «19» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Рекомендації з експлуатації обладнання</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>01.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти _____ (_____)
(підпис) (прізвище, ініціали)Керівник кваліфікаційної роботи _____ (_____)
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мись М. А. Проектування конструкції прес-форми для лиття радіатора світлодіодної лампи. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, оглядової частини, проектної частини, розділу рекомендацій з експлуатації обладнання, висновків, списку використаних джерел, додатків.

В роботі було проведено аналіз радіаторів для світлодіодних ламп та розглянуто технологію лиття під тиском. В проектній частині розроблено конструкцію та принцип роботи прес-форми, описано її елементи та проведено розрахунок параметрів пресувального і запираючого механізмів та розмірний аналіз конструкції прес-форми та розроблено технологію складання пристрою. Приведені рекомендації з безпечної експлуатації.

Ключові слова: СВІТЛОДІОДНІ ЛАМПИ, РАДІАТОРИ, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ПРЕС-ФОРМА, АЛЮМІНІЙ.

ANNOTATION

Mys M.A. Design of a mould structure for casting a LED lamp radiator. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Industrial Mechanical Engineering" specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, an overview part, a project part, a section of equipment operation recommendations, conclusions, a list of used sources, and appendices.

In the work, an analysis of radiators for LED lamps was carried out and the casting technology under pressure was examined. In the design part, the design and operating principle of the mold are broken down, its elements are described, the parameters of the preseat and locking mechanisms are developed, a dimensional analysis of the design of the mold is carried out, and the technology of folding the device is broken down. Recommendations for safe operation are provided.

Key words: LED LAMPS, RADIATORS, VICE CASTING, PRESS FORM, ALUMINUM.

					<i>КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мись М.А.</i>			<i>Проектування конструкції прес-форми для лиття радіатора світлодіодної лампи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Селезньов Е.Л</i>					3	48
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мартинюк В.Л</i>				<i>ЛНТУ, ФТМІ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Піць В.С.</i>				<i>каф. ГМ, гр. ГМ-41</i>		

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ЗМІСТ	5
ВСТУП	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	7
1.1 Радіатори для світлодіодних ламп.....	7
1.2 Лиття під тиском.....	9
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	15
2.1 Конструкція та принцип роботи прес-форми.....	15
2.2 Деталі прес-форми.....	16
2.3 Розрахунок параметрів пресувального і запираючого механізмів.....	17
2.4 Розмірний аналіз конструкції прес-форми.....	19
2.5 Розробка технології складання пристрою.....	28
3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ	39
3.1 Правові та організаційні питання безпечної експлуатації.....	39
3.2 Промислова безпека при експлуатації.....	40
3.3 Екологічна безпека при експлуатації.....	42
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТКИ	48

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасне машинобудування постійно вимагає підвищеної точності, кращої якості продукції та складніших конструкцій. Це зумовлює потребу в автоматизованому обладнанні, наприклад, машинах і формах для лиття під тиском.

Процес лиття під тиском існує вже понад століття. Його головні переваги полягають у можливості отримувати заготовки, які майже не потребують або зовсім не потребують механічної обробки, мають дуже гладкі поверхні, а також забезпечують високу продуктивність та низьку трудомісткість виробництва деталей.

Світлодіодне освітлення є однією з найперспективніших і найпопулярніших сучасних технологій. Воно стрімко завойовує ринок, і на сьогоднішній день його частка становить близько 20,0%, продовжуючи зростати щороку.

Популярність світлодіодів пояснюється їхньою ефективністю, що є ключовим трендом сучасності. Світлодіоди випромінюють 132,0 люмени на 1 ват, що майже дорівнює показникам натрієвих ламп і приблизно в 5 разів більше, ніж у звичайних ламп розжарювання. Економія енергії очевидна. Термін служби світлодіодних ламп також значно довший: він перевищує термін служби ламп розжарювання більш ніж у 60 разів і люмінесцентних ламп у 6 разів. З естетичної точки зору, світлодіоди також лідирують, оскільки для досягнення різноманітних кольорових ефектів не потрібні світлофільтри, як у ламп розжарювання.

Світлодіоди безпечні у використанні, компактні та довговічні. Вони не виділяють небезпечних для здоров'я парів ртуті, що може статися з іншими типами ламп, тому ними неможливо отруїтися ні під час переробки, ні під час використання вдома. Крім того, світлодіоди мають низьке інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, а також виділяють мало тепла.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Радіатори для світлодіодних ламп

Світлодіоди мають і свої недоліки, головний з яких – висока вартість. За співвідношенням ціни та потужності світлодіодні лампи можуть бути до 100 разів дорожчими за звичайні лампи розжарювання. Ще один мінус – низька верхня температурна межа. Щоб уникнути перегріву, світлодіодні лампи обладнують охолоджувальними радіаторами. Їхнє завдання – відводити тепло від плати, де розташовані світлодіоди. Ці радіатори виглядають як набір пластин всередині лампи і можуть бути значно більшими за її світну частину. Розмір радіатора залежить від потужності лампи та матеріалу, з якого він виготовлений: чим потужніша лампа, тим більший і важчий радіатор.

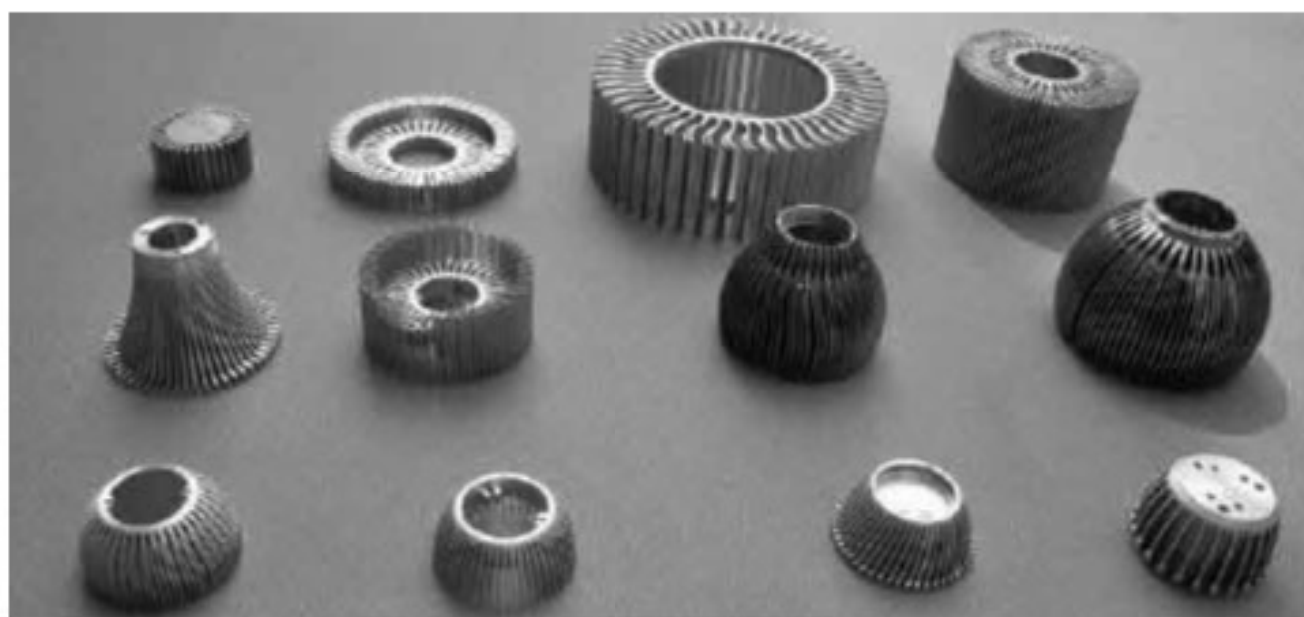


Рисунок 1.1 - Радіатори для світлодіодних ламп

Розглянемо матеріали, з яких виготовляють радіатори для світлодіодних ламп. Найчастіше радіатори для світлодіодних ламп роблять з алюмінію. Алюмінієві радіатори вважаються найкращими, оскільки вони легкі і добре проводять тепло. Проте вони й найдорожчі. Алюмінієві радіатори бувають ребристими (ефективніші) або гладкими (використовуються в недорогих і

										Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ					

невеликих лампах).

Іноді радіатори виготовляють з кераміки, яка на дотик схожа на пластик, але важча і гладкіша. Такі радіатори зустрічаються рідко. Також використовують композитні матеріали – алюміній, покритий тонким шаром пластику. Вони дешевші за чистий алюміній, але виглядають як пластик. У найдешевших лампах можуть бути радіатори з пластику або скла. Однак їхня теплопровідність дуже низька, тому такі потужні лампи швидко виходять з ладу. Щоб хоч якось компенсувати цей недолік, у корпусі роблять отвори для додаткової вентиляції.

У бакалаврській роботі ми зосередимося на алюмінієвих радіаторах, виготовлених методом лиття під тиском. (рис. 1.2, 1.3).

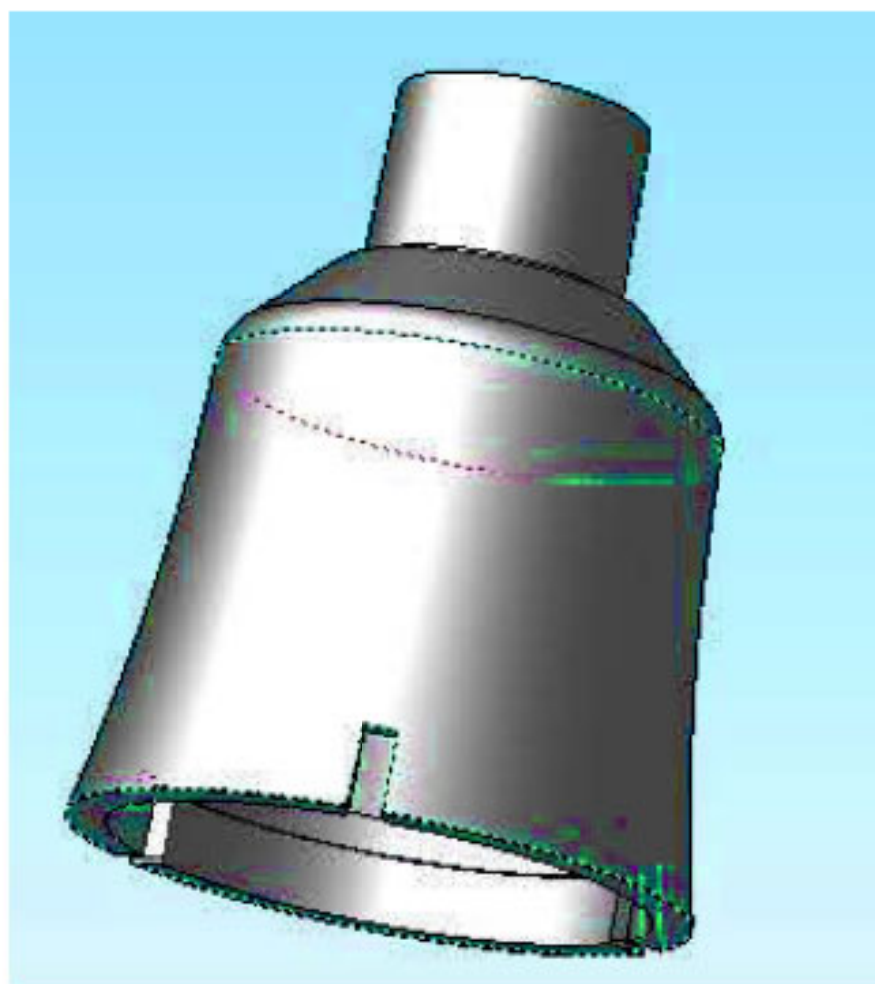


Рисунок 1.2 - 3D -модель радіатора, виготовленого методом лиття під тиском.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Отже, метою бакалаврської роботи є розробка форми для лиття під тиском алюмінієвих радіаторів для світлодіодних ламп.



Рисунок 1.3 - Радіатор, виготовлений методом лиття під тиском.

1.2 Лиття під тиском

Особливістю лиття під тиском є те, що рідкий метал подається у встановлену на верстаті металеву розрізну прес-форму (рис. 1.4) під тиском 20,0-100,0 МПа зі збільшеною швидкістю до 60,0 м/с. Цей метод дозволяє виготовляти виливки складних конфігурацій, що найбільше наближені до розмірів готової деталі без механічної обробки (або з дуже малими припусками 0,30- 1,0 мм, та з дуже тонкими стінками 1,0-7,0 мм). Деталі отримують з точними розмірами (5-7-й клас точності) з чистою поверхнею (6-й клас), чіткими дизайнерськими рельєфами [2].

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ					

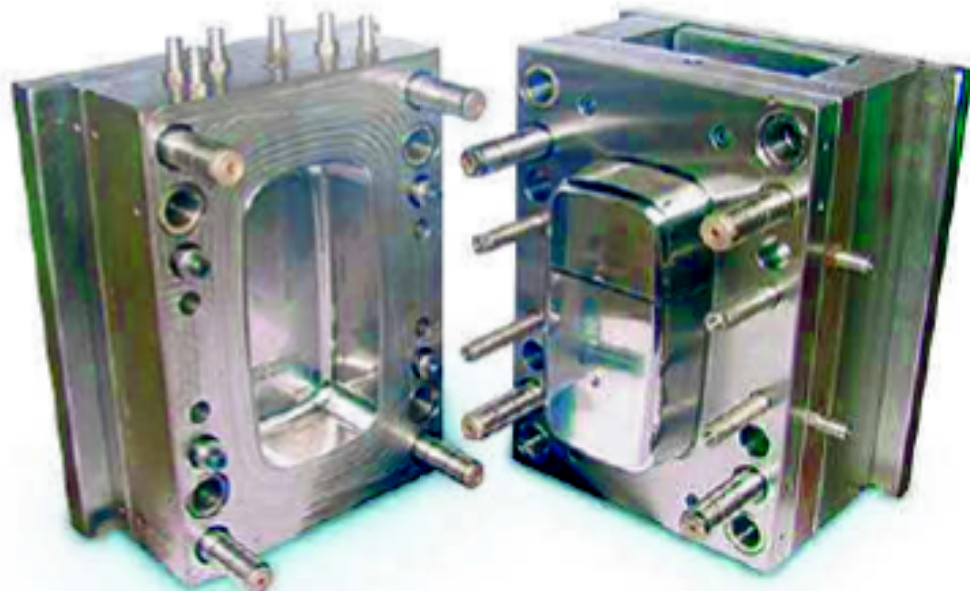


Рисунок 1.4 - Ливарна форма.

Виробництво фасонних виливків методом лиття під тиском зумовлене великим попитом на вироби з легких та цинкових сплавів, оскільки цей метод є високопродуктивним, що особливо цінно в масовому виробництві. Наразі 95,0% виливків з цинкових сплавів та близько 40,0% виливків з алюмінієвих сплавів виготовляється цим методом. Споживачами лиття під тиском є точне приладобудування, автомобілебудування, електротехніка та побутова промисловість.

Лиття під тиском здійснюється на машинах, які конструктивно поділяються на машини з камерами холодного та гарячого пресування.

Як показано на рисунку б, пресувальні камери деяких машин розташовані горизонтально (рис. 1.5b), і у інших - вертикально (рис. 1.5a). Під час роботи машини рідкий метал заливається в пресувальну камеру за допомогою мірної ложки або автоматичного дозатора та пресується у форму за допомогою гідравлічного плунжера. Форми виготовляються з двох половин (рухомої та нерухомої) з вертикальною або горизонтальною площиною розділу. Це забезпечує швидке вилучення виливків за допомогою штовхачів, які кріпляться до задньої частини рухомої форми.

										Арк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ					

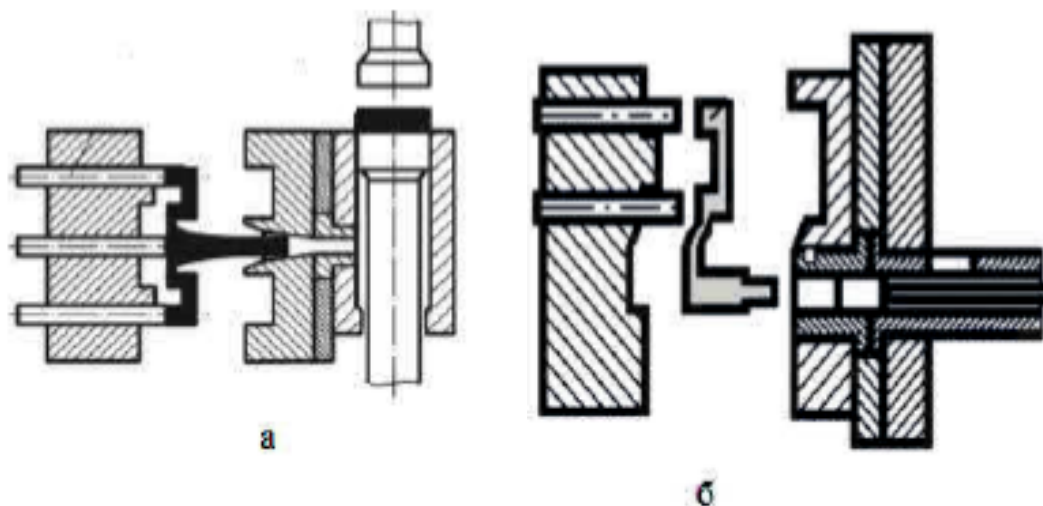


Рисунок 1.5 - Прес-форми з вертикальною (а) та горизонтальною (б) пресувальними камерами

Виробництво машини з різним зусиллям пресування – від 13,0 кілоньютонів (як у машини типу 5 15 М) до 1500,0 кілоньютонів (як у машини типу 5А19) рис. 1.7. Щоб прес-форми щільно замикалися під високим тиском під час пресування рідкого металу, всі наші машини мають системи замикання із зусиллям від 550,0 до 30 000,0 кілоньютонів. Більшість цих машин працюють у напівавтоматичному або автоматичному режимах. В середньому, машини з камерою холодного пресування роблять від 50,0 до 180,0 пресувань (ударів) за годину. [3].



Рисунок 1.6 - Машина із зусиллям 13,0 кН

									КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						11

Також існують машини з камерою гарячого пресування. Продуктивність машин з камерою гарячого пресування вища, ніж у машин з холодною камерою, але вони використовуються переважно для виробництва виливків з низькотемпературних сплавів (цинк, олово, свинець)



Рисунок 1.7 - Машина із зусиллям 1500,0 кН

Форми для лиття складаються з рам, які кріпляться до верстата, та змінних матриць, що фіксуються в рамі болтами. В одній рамі можна розмістити матриці для різних деталей, оскільки їхні зовнішні розміри та конструкція стандартизовані. Використання таких знімних форм дозволяє легко їх встановлювати та знімати, що робить лиття під тиском вигідним навіть для невеликих партій деталей. Одна форма може виготовляти як одну, так і декілька відливок одночасно (багатопорожнинні форми) з однією системою ливників. Рухомі частини форм, такі як металеві стрижні, що створюють отвори, заглиблення або виступи, приводяться в рух різними механічними та гідравлічними системами. Форми мають розвинені системи водяного охолодження. Матриці охолоджуються водою, яка циркулює по внутрішніх каналах, і, як правило, всі рухомі стрижні, роздільники та інші елементи ливникової системи також охолоджуються.

Розміри живильних каналів для алюмінієвих сплавів залежать від маси

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ

випливаючі і становлять приблизно від 13,0 x17,0 до 20,0x30,0 мм у поперечному перерізі. У місці впорскування металу поперечний переріз живильників становить 1,50 -3,0 мм, що залежить від товщини стінки виливка. Система вентиляції складається з вентиляційних каналів і так званих "шайб". Для кращого видалення повітря та відведення перших (охоплених та окислених) порцій металу з порожнини форми передбачені розширювальні канали (шайби) об'ємом до 20,0-40,0% від об'єму виливка, які розміщуються у найважчих для доступу місцях форми. Шайби також полегшують виштовхування виливка разом з ливниковою системою з форми. Штовхачі встановлюються навпроти шайб з невеликим заглибленням, що дозволяє уникнути слідів від штовхачів на виливках і, відповідно, зайвої операції очищення. Вентиляційні канали робляться у вигляді широких щілин глибиною 0,050 -0,30 мм у площині розняття форми.

Довговічність прес-форм залежить від типу металу, що заливається, та способу заповнення форми. В середньому, прес-форми витримують 150,0-250,0 тисяч пресувань при роботі з цинковими сплавами, 50,0-100,0 тисяч – з алюмінієвими та магнієвими сплавами, і 5,0-10,0 тисяч – з мідними (латунними) сплавами.

Повний цикл виробництва виливків методом лиття під тиском триває від 20,0 до 200,0 секунд і включає такі основні етапи: підготовка рідкого металу, підготовка та фіксація прес-форм, заливання розплаву в пресувальну камеру, пресування металу у форму, витримка до затвердіння, відкриття прес-форми та викидання виливків, а також очищення та підготовка форми до наступного заливання.

Температура заливання різних сплавів під час лиття під тиском залежить від розмірів і товщини виливка, конструкції ливникових систем та багатьох інших факторів. Для алюмінієвих сплавів вона становить приблизно 660,0-700,0°C. Рекомендується підтримувати температуру форми на рівні приблизно однієї третини від температури металу, що заливається. Сталість температури форми забезпечується водяним охолодженням через систему каналів, розташованих у стінках форми.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Перед початком і під час роботи поверхні форми, які безпосередньо контактують з рідким металом, покриваються мастилом. Це захищає форму від прилипання металу, збільшує її довговічність, покращує якість поверхні виливка та зменшує зусилля, необхідні для виймання виливка з форми. У складі мастила може бути до 3,0% NaF. Мастило наноситься тонким шаром, оскільки товстий шар може призвести до збільшення вмісту газу у виливках.

Найкращі швидкості пресування, які забезпечують якісне заповнення форми і мінімальне захоплення газу, зазвичай підбираються експериментальним шляхом. Найбільш ефективним вважається ступінчастий режим впорскування: низька швидкість на початку і максимальна в кінці.

Незважаючи на свої переваги, лиття під тиском має й значні недоліки. Цим методом важко отримати виливок без газової пористості. Через майже миттєве заповнення форми розплав змішується з газом і повітрям, які не встигають вийти з виливка. Через наявність газової пористості виливки не можна піддавати термічній обробці, оскільки при нагріванні вони можуть спучуватися через розширення газу в бульбашках. Щоб уникнути утворення повітряних і газових пор, іноді у порожнині форми створюють вакуум. Однак це ускладнює процес, тому такий метод застосовується лише для виробництва особливо важливих виробів.

Серед різних кольорових сплавів, найбільш технологічними для лиття є сплави з вузьким діапазоном кристалізації. Вони мають підвищену текучість і легше забезпечують подачу металу для лиття, ніж сплави з широким діапазоном кристалізації. З алюмінієвих сплавів широко використовуються такі, як АЛ 2, АЛ 9, АЛ 4, АЛЦ.

Отже, цілями цієї бакалаврської роботи є розробка конструкції форми для лиття радіатора для світлодіодної лампи, аналіз цієї конструкції, розробка технологічного процесу виготовлення матриці та пуансона, а також проектування технології складання прес-форми.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Конструкція та принцип роботи прес-форми

Ця прес-форма для лиття алюмінію під тиском з горизонтальною камерою складається з двох частин: рухомої та нерухомої.

Нерухома частина містить матрицю 8, в якій розташована заглушка 11. Матриця 8 кріпиться в матричному комірці 6 за допомогою штифтів 38. Матричний комір 6 та центрувальні колони 2 встановлені на нерухомому комірці 4. На нерухомому комірці 4 також є заглушки 31 та ніпелі 36 для подачі води, що охолоджує прес-форму. Нерухомий комір 4 і втулка ливника 13 закріплені на нерухомій плиті 1. Нерухомий комір 4 та нерухома плита 1 з'єднані болтами 34 через опорні шайби 3.

У рухомій частині знаходиться пуансон 9 з вставками пуансона 7. Пуансон 9 кріпиться в тримачі пуансона 12 за допомогою штифтів 38. Тримач пуансона 12 встановлений у литниковій пластині 5 за допомогою штифтів 37. Роздільник 14 закріплений на рухомому тримачі 15 за допомогою штифта 37. На рухомому тримачі також розміщені литникова пластина 5, напрямні втулки 32, заглушки 31 та фітинги 36.

Для викидання вилівка служать виштовхувачі 24, 25, 26, які разом зі зворотними колонами 28 та втулками 22 розташовані на викидній плиті 19. Викидна плита 19 з'єднана з видальною плитою 21 болтами 33. На видальній плиті 21 також встановлені упори 27. Видальна плита 21 з'єднана з опорною плитою 16 колонами 23. Рухомий бургт 15, верхні стійки 29, нижня стійка 17, рухома пластина 18 та опорна пластина 16 з'єднані між собою болтами 35 через опорні шайби 3 та напрямні втулки 32.

Розплавлений метал подається під тиском у втулку ливника 13, проходить через роздільник 14 і потрапляє в простір між матрицею 8 та пуансоном 9. Пуансон попередньо покривається розділювальним складом "Ставрол-500 марки 3". Після застигання металу рухома частина форми віддаляється, захоплюючи вилівок, який залишається на пуансоні. У цей момент штовхач,

						КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			15

що знаходиться на машині, утримує знімну пластину нерухомою, і виливок видаляється з пуансонів за допомогою ежекторів 24, 25, 26.

2.2 Деталі прес-форми

Конструктивні елементи мають бути достатньо міцними, щоб не деформуватися від сил, які передають формувальні деталі. Ці сили виникають від гідродинамічного тиску при заповненні форми та статичного тиску під час пресування.

Під час лиття під тиском деталі прес-форм швидко нагріваються та охолоджуються, тому сталі для їхнього виготовлення повинні мати певні властивості: високу твердість при нагріванні, стійкість до ударів і термічних ударів, низький коефіцієнт розширення, добре піддаватися куванню та обробці, мало деформуватися при термічній обробці, а також не взаємодіяти з розплавленим металом. Найкраще цим вимогам відповідають сталі з вольфрамом, хромом, молібденом, ванадієм, кобальтом та деякими іншими елементами.

Для збільшення терміну служби поверхні формувальних деталей їх обробляють хіміко-термічним способом. Щоб захистити ці деталі від прилипання рідкого металу, їх поверхню воронують. Утворена оксидна плівка діє як бар'єр між деталлю та сплавом.

Для підвищення твердості поверхні при збереженні її в'язкості використовують азотування на глибину до 0,50 мм. З цією ж метою застосовують низькотемпературне ціанування, коли поверхневий шар товщиною 0,150-0,20 мм одночасно насичується азотом і вуглецем. Цей процес проводять у рідкому ціанізаторі або газовому середовищі при температурі 540,0-560,0 °С. Ціанування надає сталі високу твердість, стійкість до втоми та відпуску за високих температур, високу зносостійкість, низьку змочуваність розплавом та підвищену стійкість до ерозії.

Щоб покращити властивості поверхні формувальних деталей, застосовують оксидно-фосфатні та електролітичні покриття, а також шліфування для усунення тріщин на ранніх стадіях їхнього розвитку.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Матриці, вставки, вкладиші та щоки для виливків з алюмінієвих сплавів виготовляються зі сталей 3 X 3 М 3 Ф, 4 X 5 М Ф С . Їх піддають низькотемпературному ціануванню на глибину 0,020-0,050 мм. Твердість поверхні становить 59- 63 Н R C, а серцевини – 46- 49 Н R C.

Штоки, ежектори, втулки ливників та розгалужувачі, виготовлені зі сталей 3 X 3 М 3 Ф, 4 X 5 М Ф С, також проходять низькотемпературне ціанування на глибину 0,020-0,050 мм. Твердість їхньої поверхні – 59- 63 Н R C, а серцевини – 50- 54 Н R C.

Напрямні колони, втулки колон, зворотні штовхачі, клини, замки роблять зі сталей У 8, У 1 0 А та загартовують до твердості 51- 56 Н R C.

Пластини для пакетів прес-форм виготовляють зі сталі 35.

2.3 Розрахунок параметрів пресувального і запираючого механізмів

1 Визначення параметрів пресувальних механізмів

Визначення параметрів пресувального механізму. У практиці лиття під тиском часто можна зіткнутися з виготовленням деталей на машини недостатньої потужності, особливо при використанні багатопорожнинних форм або при литті великогабаритних виробів, тому при виборі машини, перш за все, необхідно спиратися на розрахунок необхідних сил пресування допреса.

Визначити технологічно необхідну силу $P_{пр.т}$ пресування, будемо вважати, що воно повинно перевищувати опір твердої кірки металу на стінках пресувальної камери. Для кірки товщиною δ_k та площа f_k поперечний переріз, що дорівнює $\pi D_{пр} \delta_k$ (Тут $D_{пр}$ — діаметр пресувальної камери),

$$P_{пр.т} = (n/\mu) f_k \sigma_t$$

де n – коефіцієнт запасу міцності, $n = 1,20-1,50$; – коефіцієнт корисної дії пресувального механізму; для машин з горизонтальною пресувальною камерою $\mu = 0,80$, з вертикальною камерою $\mu = 0,70$, з гарячою камерою $\mu = 0,50-0,60$;

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

— межа міцності на стиск литого сплаву А L 9, МПа [7].

Значення f_k залежить від теплових умов у пресувальній камері та тривалості $t_{пр}$ наявності у ньому литого металу;

Де $\lambda_{см}$ — коефіцієнт теплопровідності мастила – мінеральної оливи «Вапор», Вт/(м· К); — температура кристалізації сплаву А L 9, К; $t_{пр}$ — температура пресувальної камери, К; $x_{см}$ — товщина шару мастила в пресувальній камері, м; ρ_m — густина литого металу А L 9, кг/м³; g — питома теплота кристалізації сплаву А L 9, Дж/кг·см

$$f_k = 0,149 \cdot 3,14 \cdot 51,5 \cdot 10^{-3} \cdot (933,3 - 433)3 / (3 \cdot 10^{-6} \cdot 2698 \cdot 3,9 \cdot 10^5) = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Визначаємо технологічно необхідну силу $P_{пр.т}$ пресування

$$P_{пр.т} = (1,5 / 0,8) \cdot 3,67 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^6 = 6,19 \cdot 10^4 \text{ Н} = 6,19 \text{ тс}$$

Ми обрали термопластавтомат моделі 7 1 108 з холодною горизонтальною пресувальною камерою та зусиллям пресування 3 0 тс

2 Розрахунок сили блокування форми

Зусилля замикання форми має бути максимальним наприкінці заповнення, воно повинно забезпечувати щільне закриття половинок форми під час пресування. Зусилля замикання термопластавтомата

$$P_{зап} = \frac{P_{пр}}{f_{пр}} \sum F_{пр}$$

де $P_{пр}$ – сила пресування машини, Н; $f_{пр}$ – площа поперечного перерізу пресувальної камери, м²; $\sum F_{пр}$ – сума площ проекції виливка та елементів литникової системи на площину розриву, м² [7].

Визначимо суму площ проекцій виливки та елементів литникової системи на площину розриву

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum F_{пр} = F_{пр.від} + F_{пр.літ} + F_{пр.ост}$$

де $F_{пр.від}$ – площа проекції вилівка на площину розтину; $F_{пр.літ}$ – площа полозів; $F_{пр.ост}$ – площа пресового залишку (лише для машин з горизонтальною пресувальною камерою)

Визначимо силу блокування

$$P_{зм} = \frac{30}{3,67 \cdot 10^{-3}} 12,7 \cdot 10^{-3} = 103,8 \text{ тс}$$

Оскільки сила блокування термопластавтомата моделі 7 1 108 становить 250,0 тс, це відповідає нашим вимогам .

2.4 Розмірний аналіз конструкції прес-форми

Розробка проекту виробу завжди передбачає встановлення вимог до його загальної точності та точності всіх його компонентів. Останню проблему можна правильно вирішити лише на основі розмірного аналізу конструкції виробу.

Розмірний аналіз конструкції виконується конструктором. Він обирає методи досягнення точності замикаючих ланок проектних розмірних ланцюгів та виконує всі необхідні розрахунки параметрів точності складових ланок цих ланцюгів [8].

У цьому розділі виконується розмірний аналіз форми для лиття під тиском алюмінієвих радіаторів. Для належної роботи форми зазор між рухомою та нерухомою частинами форми має бути позитивним. Цей зазор необхідний для того, щоб з комірами пуансона були з'єднані лише матричні хомути, а інші частини не торкалися. Також необхідно підтримувати необхідну товщину вилівки.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

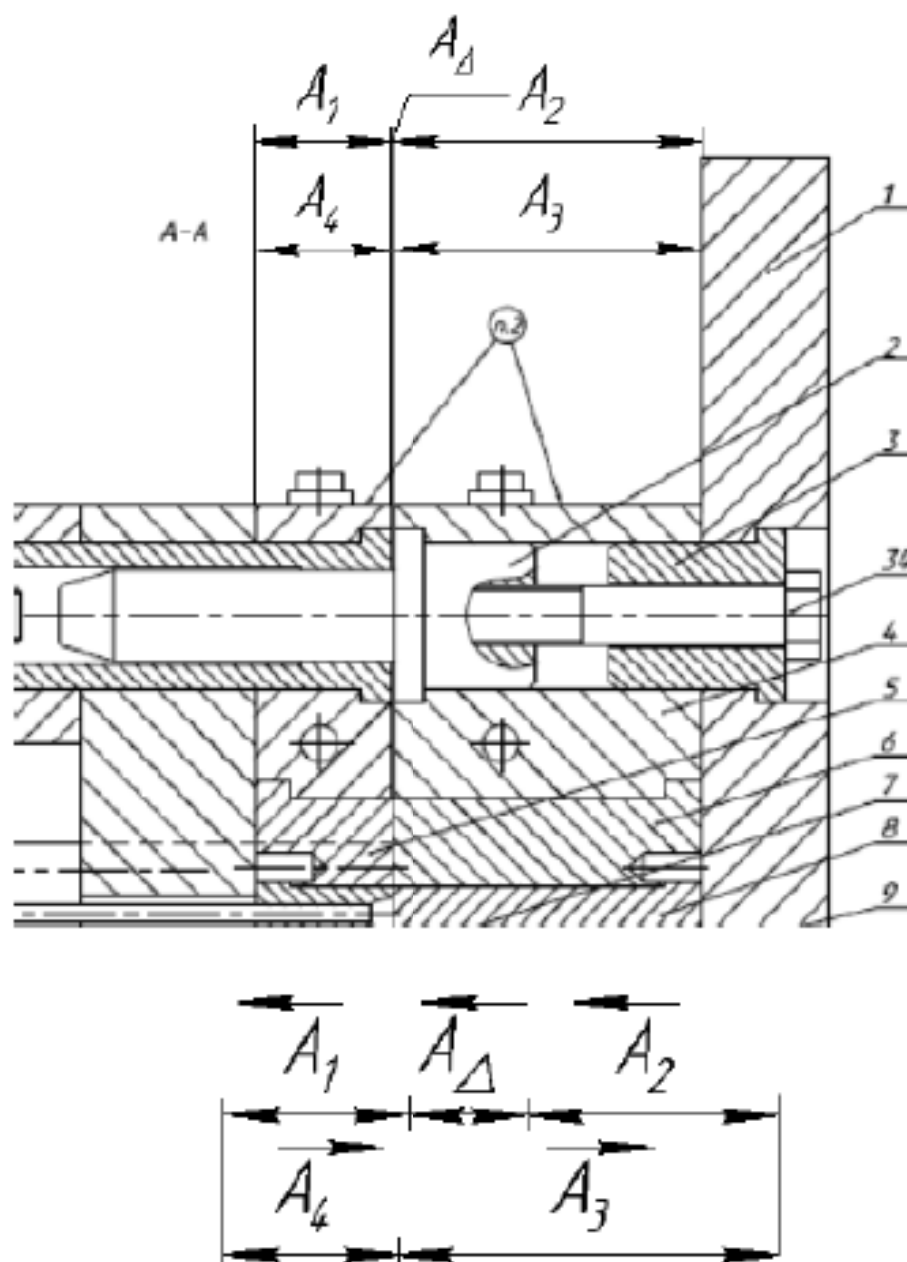
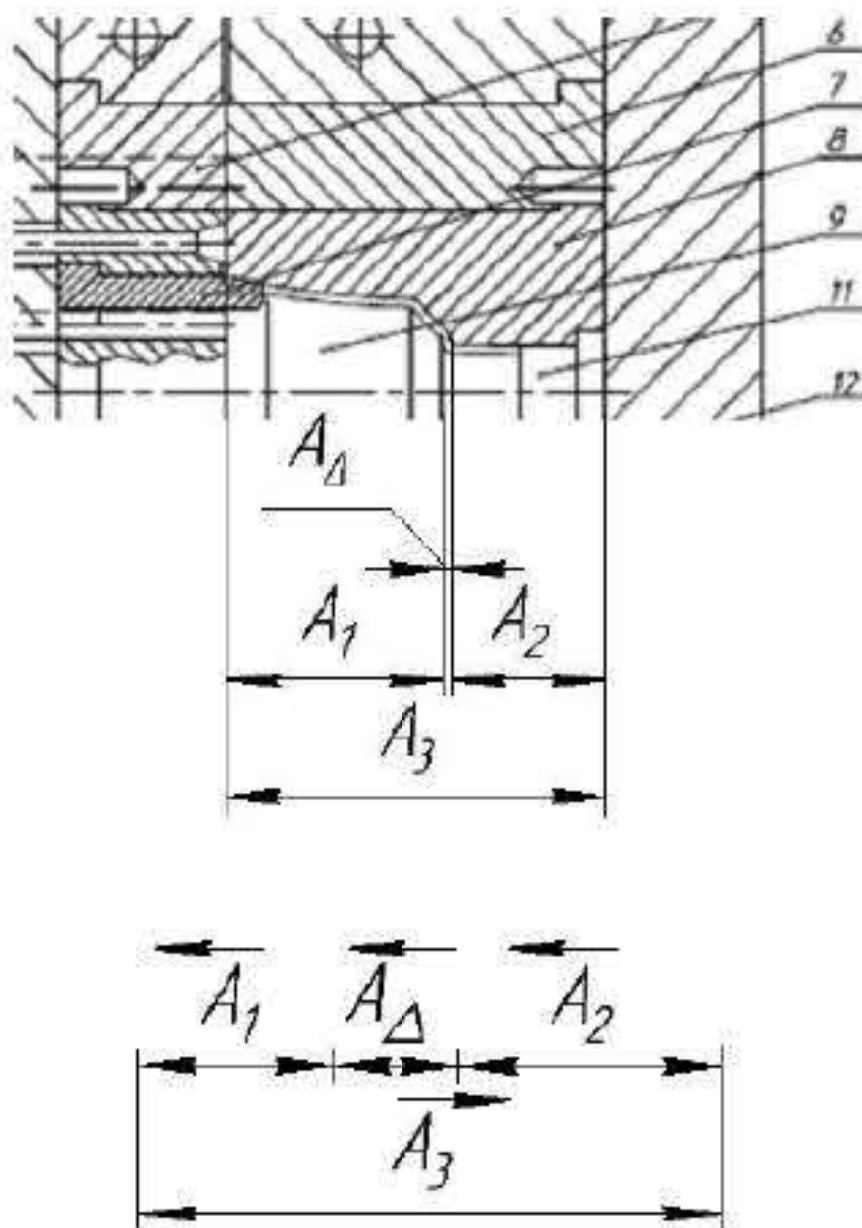


Рисунок 2.1 - Розмірна схема для визначення зазору.

На рисунку 2.1 зображено розмірну схему, необхідну для визначення зазору між рухомою та нерухомою частинами прес-форми. На цій схемі замикаюча ланка A_{Δ} – це зазор між частинами прес-форми, A_1 – розмір нерухомого коміра 15, що дорівнює $38,0 - 0,030$, A_2 – розмір рухомого коміра 4, що дорівнює $84,5 - 0,05$, A_3 – розмір матричного коміра 6, що дорівнює $85 - 0,03$, A_4 – розмір литникової плити 5, що дорівнює $38,0 - 0,03$. Виходячи з розмірної схеми, знаходимо A_{Δ} :

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк. 20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_3 = A_1 + A_3 - A_2 - A_4 = 38_{-0,03} + 85_{-0,03} - 37,5_{-0,05} - 84,5_{-0,05} = 1_{-0,06}^{+0,1}$$

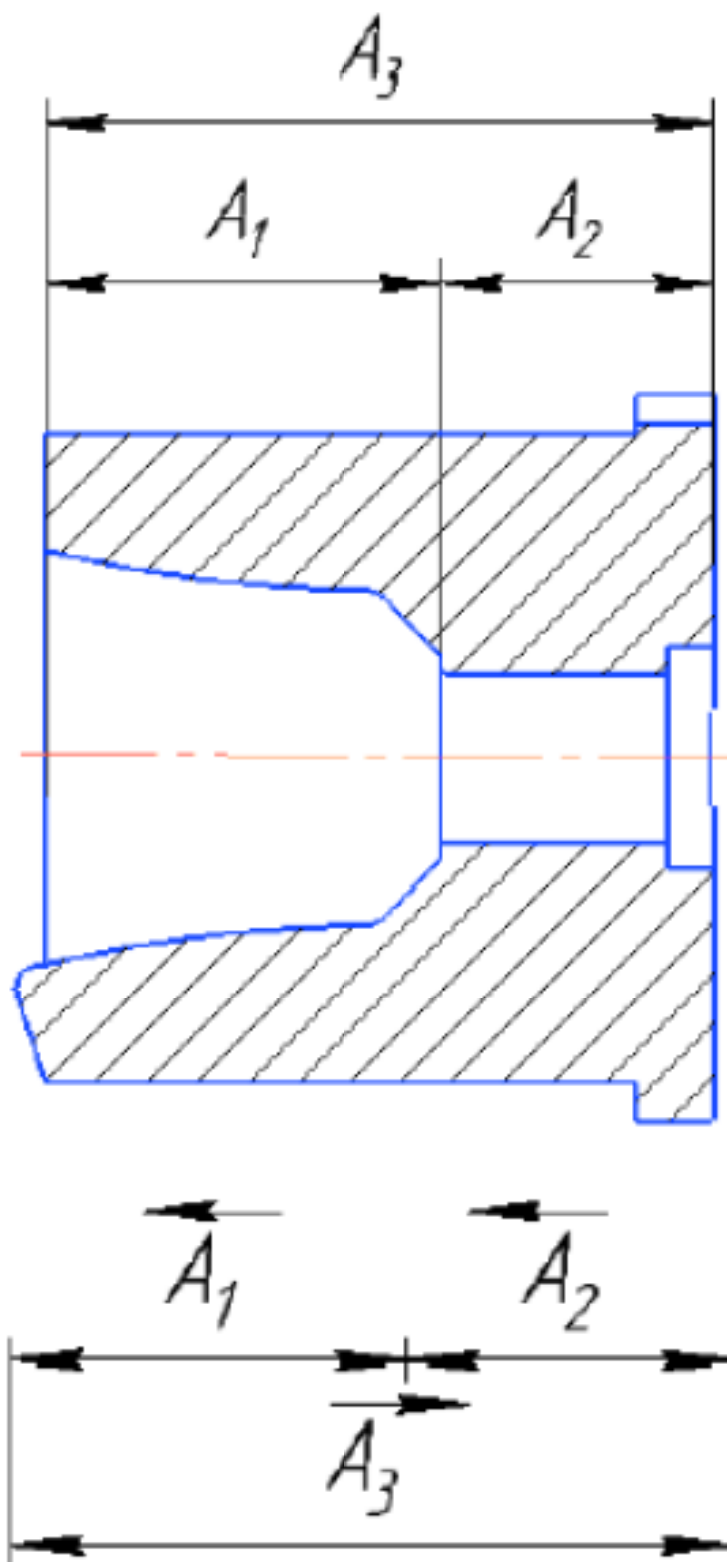


Рисунку 2.2 - Розмірна схема для визначення товщини виливка.

На рисунку 2.2 зображено розмірну схему, необхідну для визначення товщини стінки виливка. На цій схемі головна ланка A_{Δ} – це товщина стінки виливка, A_1 – розмір пуансона 9, A_2 – розмір матриці 8, A_3 – розмір коміра матриці 6, що дорівнює $85_{-0,03}$.

Знайдемо розмір матриці A_2 з розмірного ланцюга на рисунку 2.3, побудованого на основі креслення матриці 6

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ				

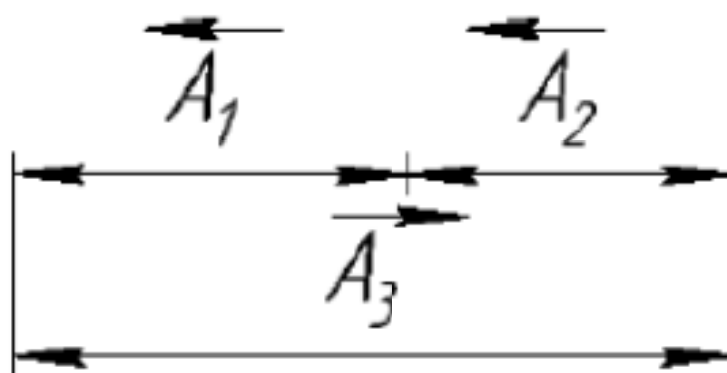
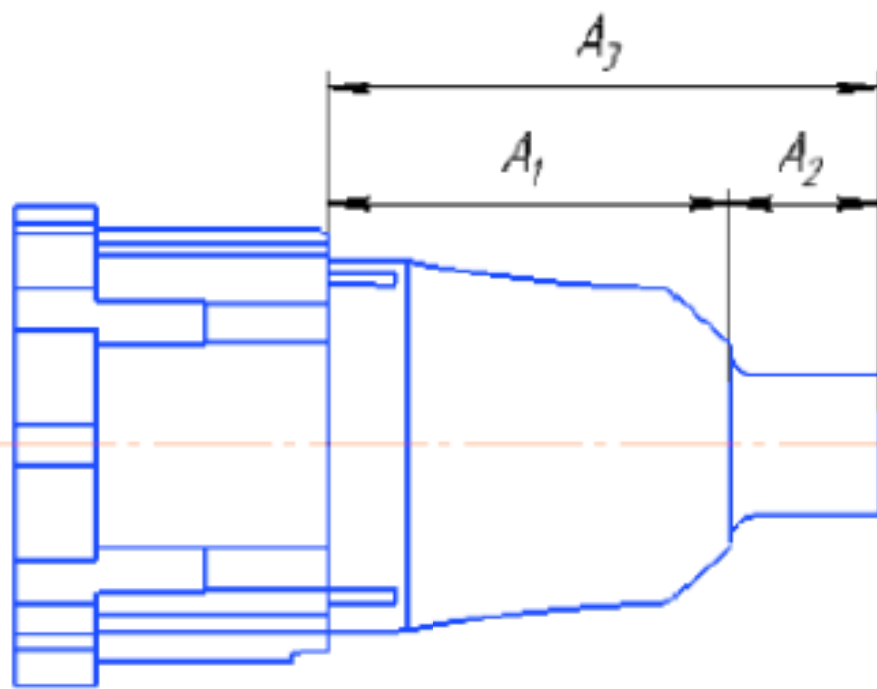


Рисунку 2.3 - Розмірна схема для визначення розміру А 2.

$$A_2 = A_3 - A_1 = 85_{-0,03} - 50,3 \pm 0,15 = 34,7_{-0,18}^{+0,15}$$

Знайдемо розмір пуансона А 1 за розмірним ланцюжком на рисунку 2.4, побудованим на основі креслення пуансона 9.

										КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							22



Рисунку 2.4 - Розмірна схема для визначення розміру A 1.

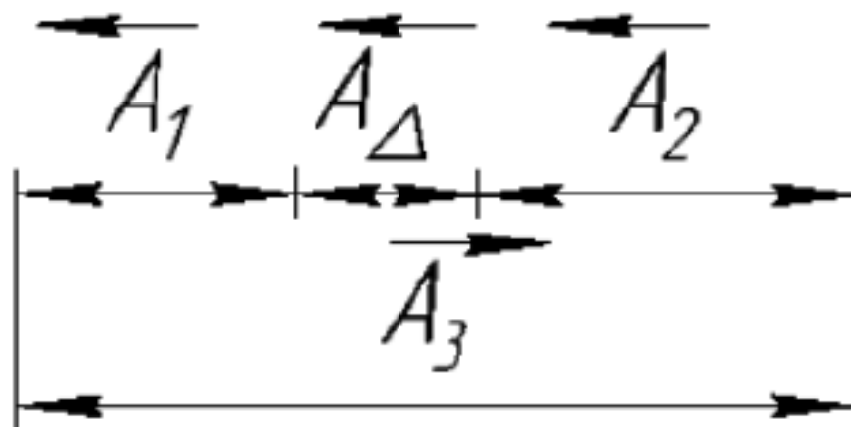
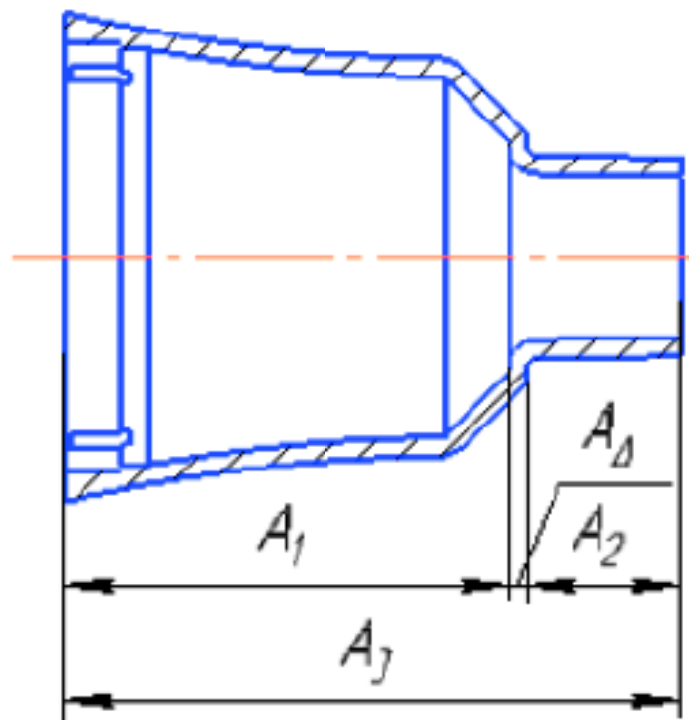
$$A_1 = A_3 - A_2 = 66,4_{-0,03} - 18 \pm 0,05 = 48,4_{-0,08}^{+0,05}$$

Виходячи з розмірної діаграми на рисунку 2, знаходимо ΔA :

$$A_{\Delta} = A_3 - A_2 - A_1 = 85_{-0,03} - 48,4_{-0,08}^{+0,05} - 34,7_{-0,18}^{+0,15} = 1,9_{-0,23}^{+0,26} = 2_{-0,33}^{+0,16}$$

На основі креслення радіатора побудуємо розмірну схему (рис. 2.5) та знайдемо теоретичну товщину виливки.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



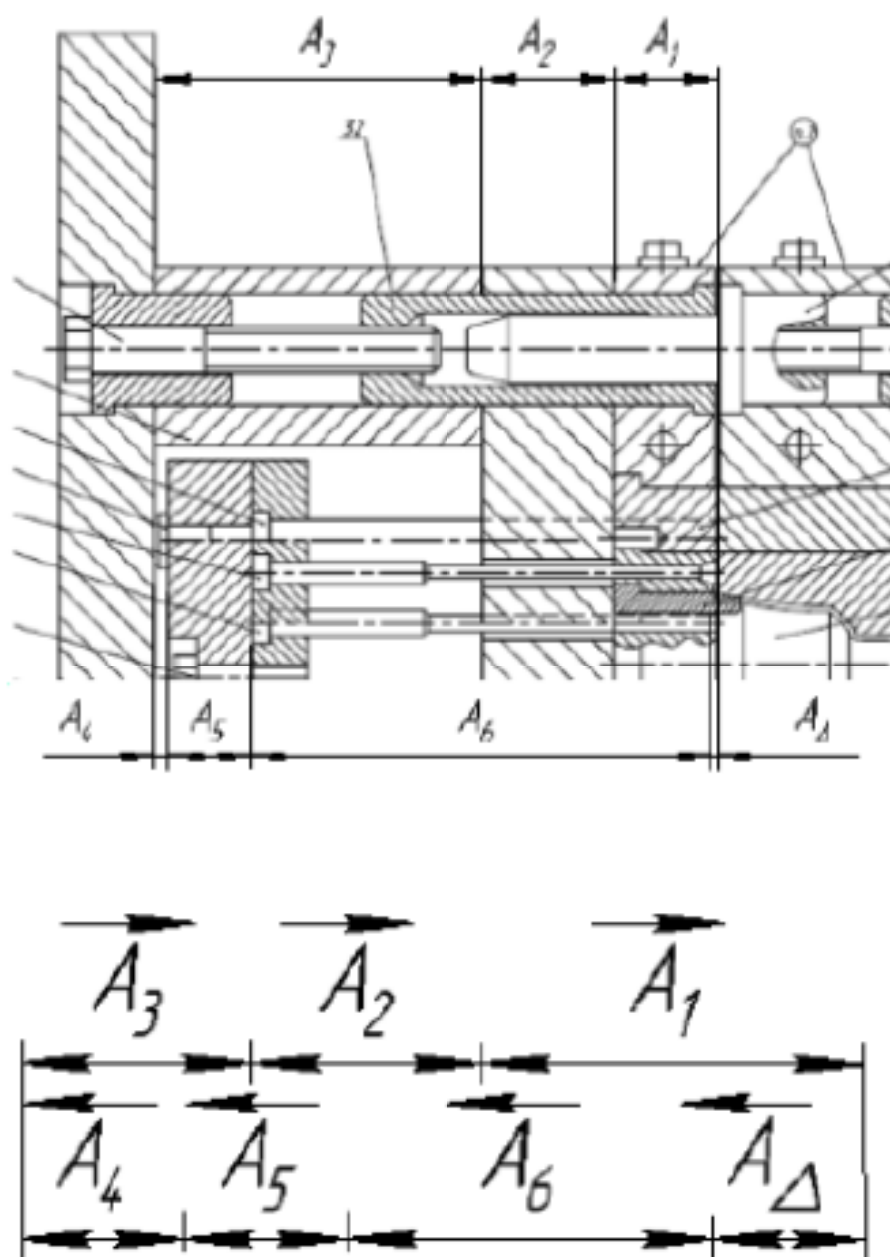
Рисунку 2.5 - Розмірна діаграма для визначення теоретичної товщини виливка.

$$A_{\Delta} = A_3 - A_2 - A_1 = 65 \pm 0,2 - 27 \pm 0,125 - 16 \pm 0,09 = 2 \pm 0,415$$

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що зазор між рухомою та нерухомою частинами форми є додатним. Товщина виливка також зберігається.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк. 24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також, для того, щоб торець вилівка був площиною, необхідно, щоб ежектор 25 був урівень з торцем вилівка, тобто торець ежектора повинен бути врівень з площиною стику. Для цього розглянемо розмірну схему визначення зазору між торцем ежектора та площиною стику.



Рисунку 2.6 - Розмірна схема для визначення зазору між кінцем ежектора та площиною роз'єму.

На рисунку 2.6 зображено розмірну схему, необхідну для визначення зазору між ежектором 25 та площиною розриву, де A_1 – розмір литникової

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

пластини 5, що дорівнює 38,0 x 0,030, А 2 – розмір опорної пластини 16, що дорівнює 48,0 x 0,030, А 3 – розмір верхньої стійки 29, що дорівнює 120,0 x 0,030, А 4 – розмір упору 27, що дорівнює 5,0 x 0,080, А 5 – розмір знімної пластини 21, що дорівнює 30,0 x 0,030, А6 – розмір ежектора 25, що дорівнює 171,0 x 0,030.

$$A_2 = A_1 + A_2 + A_3 - A_4 - A_5 - A_6 =$$

$$38_{-0,03} + 48_{-0,03} + 120_{-0,05} - 5_{-0,08} - 30_{-0,03} - 171_{-0,03} = 0_{-0,11}^{+0,14}$$

Тут не гарантовано, що ежектор буде врівень з площиною роз'єму, це відбувається тому, що розмірна схема для... Велика кількість деталей враховується при визначенні зазору між торцем ежектора та площиною роз'єму. Це означає, що необхідно залишити припуск на розмір ежектора, і цей припуск потрібно локально видалити під час складання. З розмірного аналізу випливає, що припуск потрібно залишити на рівні 0,20 мм, тоді виготовляємо 25 штовхачів розміром 171,20 -0,030 мм. Перевіряємо.

$$A_2 = A_1 + A_2 + A_3 - A_4 - A_5 - A_6 =$$

$$38_{-0,03} + 48_{-0,03} + 120_{-0,05} - 5_{-0,08} - 30_{-0,03} - 171,2_{-0,03} = 0,2_{-0,11}^{+0,14}$$

Ми отримуємо гарантовано ежектор, який виступає назовні; при подальшій обробці можна буде зробити його врівень з площиною роз'єму.

Те саме робимо з ежекторами 24, 26, отже, їх розміри будуть 166,20-0,030, 165,20-0,030 мм відповідно.

Тепер розглянемо, чи достатньо заявленого ходу ежектора 65,0 мм для видалення виливки з пуансона (рис. 2.7). Це можна з'ясувати, розглянувши креслення радіатора на рисунку 2.7, загальний розмір виливки становить 65,0 мм, а значить, заявленого ходу цілком достатньо для видалення виливки з пуансона.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

вгору на всіх деталях. Отже, розміри пуансонів, хомутів пуансона, литникової пластини будуть $10^{+0.02}_{-0.01}$ мм, а розмір рухомого затискача $37,5^{+0.02}_{-0.01}$.

2.5 Розробка технології складання пристрою

1 Розробка схеми технологічного складання

Послідовність загального складання виробу в основному визначається його конструктивними особливостями та прийнятими методами досягнення необхідної точності, а тому не може бути довільною. На цьому етапі важливо вміти правильно виявляти складальні одиниці відповідного порядку у виробі, які характеризуються самостійністю та повнотою складання, і не розпадаються на окремі деталі під час транспортування до складальних робочих місць [8].

Розробка маршрутного технологічного процесу складання та його стандартизація. Складемо технологічну карту складання форми, маршрут технологічного процесу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Блок-схема складання

Номер операції	Назва операції	Зміст операції
005	Збірка тримача матриці (2 сб. б)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть тримач матриці б на стіл; 2. Встановіть матрицю 8 у тримач матриці б; 3. Закріпіть матрицю 8 на тримачі матриці б за допомогою штифтів 2; 4. Встановіть штекер 11 у тримач матриці б;

010	Збірка фіксованого затискача (1 сб, 4)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть фіксований затискач 4 на стіл 2. Встановіть матричні затискачі в зборі (2 в комплекті 6) у фіксований затискач 4 3. Встановіть центрувальні колони 2 у нерухомий тримач 4 4. Встановіть заглушки 31 у фіксований тримач 4 5. Встановіть фітинги 36 у нерухомий затискач 4 6. Відшлифуйте вузол
015	Збірка нерухомої пластини (1 шт. 1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть нерухому пластину 1 на стіл 2. Встановіть фіксований вузол коміра (1 вузол 4) у фіксовану пластину 1 3. Встановіть опорні шайби 3 у нерухому пластину 1 4. Встановіть втулку литника у нерухому пластину 1 5. Відкрутіть вузол фіксованого кільця (1 вузол 4) з фіксованою пластиною 1 за допомогою болтів 34
020	Збірка перфоратора (2 сб. 9)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Покладіть пробійник 9 на стіл 2. Встановіть вставки пуансона 7 у пуансон 9

025	Збірка тримача перфоратора (2 сб, 12)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть тримач пробійника 12 на стіл 2. Встановіть вузли перфоратора (2 шт. 9) у тримач перфоратора 12 3. Закріпіть вузли пуансона (2 шт. 9) за допомогою затискачів пуансона 12 штифтів 38
030	Збірка литникової пластини (1 сб, 5)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Помістіть литникову пластину 5 на стіл 2. Встановіть вузол муфти пуансона (2 шт. 12) у литникову пластину 5 3. Закріпіть хомути пуансона у зборі (2 шт. 12) на литниковій пластині за допомогою штифтів 37.
035	Збірка рухомого затискача (1 сб, 15)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть рухомий затискач 15 на стіл 2. Встановіть вузол литникової пластини (1 вузол 5) у рухомий тримач 15 3. Встановіть роздільник 4 у рухомий тримач 15 4. Закріпіть роздільник 4 рухомим затискачем 15 за допомогою штифтів 37 5. Встановіть напрямні втулки 32 у рухомий корпус 15 6. Встановіть заглушку 31 у рухомий тримач 15 7. Встановіть фітинги 36 у рухомий затискач 15 8. Відшліфуйте вузол

040	Збірка ежекторної пластини (1 сб, 19)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть ежекторну пластину 19 на стіл 2. Втисніть ежектори 24 у пластину ежектора 19 3. Втисніть ежектори 25 у пластину ежектора 19 4. Втисніть ежектори 26 у пластину ежектора 19 5. Втисніть зворотні колони 28 у ежекторну пластину 19 6. Втисніть втулки 22 у ежекторну пластину 19. 7. Відшлифуйте вузол
045	Збірка знімної пластини (1 сб. 21)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть ежекторну пластину 19 на стіл 2. Встановіть вузол ежекторної пластини (1 в зборі 19) на знімну пластину 21 3. Відкрутіть вузол ежекторної пластини (1 в зборі 19) разом зі знімною пластиною 21 за допомогою болтів 33. 4. Втисніть упори 27 у знімну пластину 21
050	Збірка опорної пластини (1 сб, 16)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановіть опорну пластину 16 на стіл 2. Встановіть знімну пластину (1 шт. 21) на опорну пластину 16 3. Встановіть вузол рухомого кільця (1 шт. 15) на опорну пластину 16 4. Притисніть колони 23 до опорної

		<p>пластини 16</p> <p>5. Встановіть верхню полицю 29 на опорну пластину 16</p> <p>6. Встановіть нижню полицю 17 на опорну пластину 16</p>
055	Збірка рухомої пластини (1 сб, 18)	<p>1. Встановіть рухому пластину 18 на стіл</p> <p>2. Встановіть вузол опорної пластини (1 шт. 16) на ковзну пластину 18</p> <p>3. Встановіть опорні шайби 3 у ковзну пластину 18</p> <p>4. Прикрутіть вузол опорної пластини (1 в комплекті 16) до рухомої пластини 18 болтами 35</p>
060	Контрольна	<p>1. Перевірте надійність збірки та функціональність форми.</p> <p>2. Контролюйте зазор між рухомими та нерухомими частинами форми</p>

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 005 – «Складання тримача матриці». Операція виконується за умов одиничного виробництва.

Встановіть тримач матриці 6 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,20$ хв.

Встановіть матрицю 8 у тримач матриці 6. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,20$ хв.

Закріпіть матрицю 8 на матричному хомуті 6 за допомогою штифтів 2.

									КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						32

Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,302$ хв.

Встановить штекер 11 у тримач матриці 6. Орієнтовний час роботи $t_4 = 0,20$ хв.

$$T_{оп1} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,2 + 0,2 + 0,32 + 0,2 = 0,92$$

високої щільності

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 010 - "Монтаж нерухомої обойми". Операція виконується за умов поштучного виробництва.

Встановить нерухомий затискач 4 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановить зібрані матричні затискачі (2 в комплекті 6) у нерухомий затискач 4. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,20$ хв.

Встановити центрувальні колони 2 у нерухомий тримач 4. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,40$ хв.

Встановить заглушки 31 у нерухомий тримач 4. Орієнтовний час роботи $t_4 = 0,6$ хв.

Встановить фітинги 36 у нерухомий затискач 4. Орієнтовний час роботи $t_5 = 0,10$ хв.

Шліфування в зборі. Орієнтовний час роботи $t_6 = 10,0$ хв.

$$T_{оп2} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 0,1 + 0,2 + 0,4 + 0,6 + 0,1 + 10 = 11,4$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 015 - "Складання нерухомої плити". Операція виконується за умов поштучного виробництва.

Встановить нерухому пластину 1 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановить фіксований вузол коміра (1 вузол 4) у нерухому пластину 1. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,10$ хв.

Встановить опорні шайби 3 у нерухому пластину 1. Орієнтовний час роботи

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$t_3 = 0,80$ хв.

Встановіть втулку ливника у нерухому пластину 1. Орієнтовний час роботи $t_4 = 0,10$ хв.

Відкрутіть вузол нерухомого коміра (1 вузол 4) з нерухомою пластиною 1 за допомогою болтів 34. Орієнтовний час роботи $t_5 = 0,240$ хв.

$$T_{оп3} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 0,1 + 0,1 + 0,8 + 0,1 + 0,24 = 1,34$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 020 – «Складання пуансона». Операція виконується за умов одиничного виробництва.

Помістіть пуансон 9 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,20$ хв.

Встановіть вставки пуансона 7 у пуансон 9. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,60$ хв.

$$T_{оп4} = t_1 + t_2 = 0,2 + 0,6 = 0,8$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 025 – «Складання тримача пуансона». Операція виконується за умов одиничного виробництва.

Встановіть тримач пробійника 12 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,20$ хв.

Встановіть вузли пуансона (2 шт. 9) у тримач пуансона 12. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,20$ хв.

Закріпіть пуансони комплектом (2 шт. 9) за допомогою затискачів пуансона 12 шт. 38. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,320$ хв.

$$T_{оп5} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,2 + 0,2 + 0,32 = 0,72$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 030

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- "Складання литника". Операція виконується за умов одиничного виробництва.

Встановіть литникову пластину 5 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановіть вузол пробивного муфтового отвору (2 шт. 12) у литникову пластину 5. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,20$ хв.

Закріпіть вузол муфти пуансона (2 шт. 12) на литниковій пластині за допомогою штифтів 37. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,320$ хв.

$$T_{оп6} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,1 + 0,2 + 0,32 = 0,62$$

Визначимо нормативний поштучний час для складальної операції 035 - "Складання рухомої рами". Операція виконується за умов поштучного виробництва.

Встановіть рухомий затискач 15 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановіть вузол литникової пластини (1 вузол 5) у рухомий тримач 15. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,1$ хв.

Встановіть дільник 4 у рухомий тримач 15. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,10$ хв.

Закріпіть дільник 4 рухомим затискачем 15 штифтами 37. Орієнтовний час роботи $t_4 = 0,320$ хв.

Встановіть напрямні втулки 32 у рухомий корпус 15. Орієнтовний час роботи $t_5 = 0,40$ хв.

Встановіть штекерну пластину 31 у рухомий корпус 15. Орієнтовний час роботи $t_6 = 0,60$ хв.

Встановити фітинги 36 у рухомий затискач 15. Орієнтовний час роботи $t_7 = 0,10$ хв.

Шліфування в зборі. Орієнтовний час роботи $t_8 = 10,0$ хв.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$T_{оп7} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 = 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,32 + 0,4 + 0,6 + 0,1 + 10 = 11,72$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 040 - "Складання ежекторної плити". Операція виконується за умов поштучного виробництва.

Встановіть ежекторну пластину 19 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Втисніть ежектори 24 у ежекторну пластину 19. Орієнтовний час роботи $t_2 = 2,820$ хв.

Втисніть ежектори 25 у ежекторну пластину 19. Орієнтовний час роботи $t_3 = 11,280$ хв.

Втисніть ежектори 26 у ежекторну пластину 19. Орієнтовний час роботи $t_4 = 2,820$ хв.

Втисніть зворотні колони 28 у ежекторну пластину 19. Орієнтовний час роботи $t_5 = 4,23$ хв.

Втисніть втулки 22 у ежекторну пластину 19. Орієнтовний час роботи $t_6 = 5,640$ хв.

Шліфування в зборі. Орієнтовний час роботи $t_7 = 10$ хв.

$$T_{оп8} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 = 0,1 + 2,82 + 11,28 + 2,82 + 4,23 + 5,64 + 10 = 36,8$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 045 - «Монтаж знімної плити». Операція виконується за умов одиничного виробництва.

Встановіть ежекторну пластину 19 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановіть вузол ежекторної плити (1 вузол 19) на знімну пластину 21. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,10$ хв.

Відкрутіть вузол ежекторної плити (1 вузол 19) разом зі знімною пластиною 21 за допомогою болтів 33. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,240$ хв.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Втисніть упори 27 у знімну пластину 21. Орієнтовний час роботи $t_4 = 4,230$ хв.

$$T_{оп9} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,1 + 0,1 + 0,24 + 4,23 = 4,67$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 050 - "Складання опорної плити". Операція виконується за умов поштучного виробництва.

Встановіть опорну плиту 16 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановіть вузол знімної пластини (1 вузол 21) на опорну пластину 16. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,10$ хв.

Встановіть рухомий вузол коміра (1 вузол 15) на опорну пластину 16. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,1$ хв.

Втисніть колони 23 в опорну пластину 16. Орієнтовний час роботи $t_4 = 5,640$ хв.

Встановіть верхню полицю 29 на опорну плиту 16. Орієнтовний час роботи $t_5 = 0,10$ хв.

Встановіть нижню полицю 17 на опорну плиту 16. Орієнтовний час роботи $t_6 = 0,10$ хв.

$$T_{оп10} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 0,1 + 0,1 + 0,1 + 5,64 + 0,1 + 0,1 = 6,14$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 055 - "Складання рухомої плити". Операція виконується за умов поштучного виробництва.

Встановіть рухому пластину 18 на стіл. Орієнтовний час роботи $t_1 = 0,10$ хв.

Встановіть вузол опорної пластини (1 вузол 16) на рухому пластину 18. Орієнтовний час роботи $t_2 = 0,10$ хв.

Встановити опорні шайби 3 у рухому пластину 18. Орієнтовний час роботи $t_3 = 0,80$ хв.

Прикрутіть вузол опорної пластини (1 вузол 16) до рухомої пластини 18 за

										Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ					

допомогою болтів 35. Орієнтовний час роботи $t_4 = 0,240$ хв.

$$T_{оп11} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,1 + 0,1 + 0,8 + 0,24 = 1,24$$

Визначимо нормативний калькуляційний час для складальної операції 060 – «Контроль». Операція виконується за умов одиничного виробництва.

Перевірити надійність вузла та функціональність прес-форми. Час роботи $t_1 = 0,4$ хв.

Контролюйте зазор між рухомою та нерухомою частинами форми. Час роботи $t_2 = 0,40$ хв.

$$T_{оп12} = t_1 + t_2 = 0,4 + 0,4 = 0,8$$

$$T_{оп} = T_{оп1} + T_{оп2} + T_{оп3} + T_{оп4} + T_{оп5} + T_{оп6} + T_{оп7} + T_{оп8} + T_{оп9} + T_{оп10} + T_{оп11} + T_{оп12} = 1,24 + 0,8 + 6,14 + 4,67 + 36,8 + 11,72 + 0,62 + 0,72 + 0,8 + 1,34 + 11,4 + 0,2 = 76,45$$

Нормативний час поштучного розрахунку в умовах поштучного виробництва розраховуємо за формулою:

$$T_{шк} = \sum T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100}\right) \cdot K_1 K_2$$

де $\alpha_{пз}$, $\alpha_{об}$, $\alpha_{отл}$ – відсотки підготовчого

кінцевий час, час обслуговування робочого місця та

час для відпочинку та особистих потреб від операційного часу; K_1 , K_2 –

коригувальні коефіцієнти з урахуванням специфіки реалізації операції

[10].

Приймаємо: $\alpha_{пз} = 11\%$; $\alpha_{об} = 3,5\%$; $\alpha_{отл} = 6\%$; $K_1 = 1$ (співвідношення

плановий випуск продукції за місяць до стандарту); $K_2 = 1,0$

$$T_{шк} = 76,45 \cdot \left(1 + \frac{11 + 3,5 + 6}{100}\right) = 92,12$$

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

3.1 Правові та організаційні питання безпечної експлуатації

Ця випускна кваліфікаційна робота була присвячена розробці прес-форми для лиття алюмінієвих радіаторів для світлодіодних ламп.

Робота інженера-конструктора є напруженою як для психіки, так і для емоцій. Довготривале перебування в погано провітрюваному, шумному приміщенні з нестабільною температурою, вологістю та недостатнім освітленням негативно впливає на самопочуття працівника, що може знизити продуктивність.

Основна частина дипломної роботи виконувалася в конструкторському бюро, яке спеціалізується на машинобудуванні. Значна частина роботи виконувалася за комп'ютером, що створює певні шкідливі та небезпечні фактори. Цей розділ дипломної роботи аналізує ці фактори та надає рекомендації щодо мінімізації їхнього шкідливого впливу, спираючись на чинні нормативні документи.

Комфорт робочого середовища залежить, зокрема, від організації робочого місця. Воно має відповідати вимогам Г О С Т 12. 2. 032 -78 [2]. Щодня необхідно проводити вологе прибирання в приміщенні з комп'ютерами та регулярно його провітрювати.

Для оформлення інтер'єру рекомендуються пастельні тони. Комп'ютери та супутнє обладнання краще обирати темних кольорів з висококонтрастними елементами керування та написами. Аудиторія, де виконувалася робота, має білу стелю, однотонні бежеві стіни та бежеву підлогу. Для підлоги найкраще підходять гладкі, нековзні та антисептичні матеріали.

При організації робочих місць слід враховувати, що відстань між бічними поверхнями моніторів повинна бути щонайменше 1,20 метра, а між екраном монітора та спинкою іншого – не менше 2,0 метрів. Висота робочої поверхні столу для дорослих користувачів має бути регульованою в межах 680,0-800,0 мм; якщо це неможливо, то 725,0 мм.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Ергономічні вимоги до робочих місць при роботі сидячи описані в [2]. Робоче місце має відповідати вимогам стандартів, технічних умов та/або методичних вказівок з охорони праці.

Робота над проєктом передбачає використання комп'ютерного обладнання. Робочі місця з персональними комп'ютерами повинні відповідати вимогам [3].

3.2 Промислова безпека при експлуатації

У цьому розділі ми розглянемо шкідливі та небезпечні фактори, які можуть виникнути під час експлуатації.

До фізичних шкідливих факторів належать відхилення мікроклімату в приміщенні, підвищений рівень шуму на робочому місці та недостатнє освітлення робочої зони. Фізичною небезпекою на робочому місці оператора ПК є ризик ураження електричним струмом. До психофізіологічних шкідливих факторів належать монотонний режим роботи, статичне фізичне перевантаження, емоційне напруження та ступінь нервово-емоційної напруги.

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів у робочій зоні

Відхилення показників мікроклімату в приміщенні: під час роботи в приміщенні на людину впливає його внутрішній клімат – мікроклімат. У приміщеннях для роботи з комп'ютерною технікою необхідно дотримуватися певних параметрів мікроклімату. Основними його факторами є температура, рухливість повітря та вологість. Для підтримки нормальних параметрів мікроклімату використовуються системи припливно-витяжної вентиляції, кондиціонування та опалення. При нормуванні метеорологічних умов враховується пора року та кількість надлишкового тепла. На робочих місцях користувачів ПК повинні бути забезпечені оптимальні параметри мікроклімату відповідно до СанПіН 2.2 .4.54 8- 96, які встановлюються залежно від пори року, характеру роботи та типу приміщення. У приміщенні підтримуються такі параметри: температура 22,0 – 24,0°C; відносна вологість повітря 40,0-60,0%; швидкість повітря 0,10 м/с; ці значення підтримуються автоматичною системою кондиціонування повітря.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Підвищений рівень шуму на робочому місці: тривалий вплив шуму призводить до несприятливих наслідків: знижується гострота зору та слуху, підвищується артеріальний тиск, притуплюється увага. Будівля, де розташована лабораторія, знаходиться подалі від сильних джерел шуму, таких як центральні вулиці, дороги, залізниці. Шум на робочому місці створюється внутрішніми джерелами, такими як кондиціонери та інше технічне обладнання. Рівень шуму на робочому місці користувача ПК не повинен перевищувати 50,0 дБА. Для зниження рівня шуму слід використовувати раціональне розташування обладнання, а також обшивати стіни та стелю звукопоглинальними матеріалами. У технологічному кабінеті рівень внутрішнього шуму не перевищує гранично допустимого значення.

Недостатнє освітлення робочої зони: до освітлення робочого місця інженера-конструктора застосовуються такі вимоги: освітлення повинно відповідати характеру зорової роботи, рівень освітленості має бути постійним у часі, не повинно бути пульсацій. Кімнати з комп'ютерами повинні мати як штучне, так і природне освітлення. Вимоги до освітлення під час роботи за комп'ютером: загальна освітленість повинна становити 200 люкс, комбінована освітленість – 300 люкс. Для забезпечення нормативних значень освітленості необхідно очищати скло, віконні отвори та світильники не рідше двох разів на рік та своєчасно замінювати перегорілі лампи. Як джерела штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи, об'єднані попарно.

Підвищений рівень статичної електрики: його можна вважати небезпечним фактором у робочій зоні інженера-конструктора. Небезпека ураження електричним струмом існує у всіх випадках, коли використовуються електроустановки та обладнання. Для запобігання цьому необхідно по можливості усунути причини ураження, до яких належать: випадкове торкання задньої панелі системного блоку, а також перемикання роз'ємів периферійних пристроїв працюючого комп'ютера; поява напруги на механічних частинах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції; виникнення «ступінчастого» напруження на поверхні землі або опорній поверхні;

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

перевищення рівня електромагнітних полів струмів частотою 50,0 Гц багатьма силовими фільтрами та подовжувачами. Згідно з вимогами «Правил улаштування електроустановок», приміщення має бути обладнане розподільним щитом з вимикачем для відключення загальної мережі електроживлення; усі пристрої мають запобіжники для захисту від перевантажень та несправностей. Експлуатація приладів повинна відповідати «Правилам технічної експлуатації», виключаючи контакт людини зі струмоведучими частинами. Для цього всі струмопровідні провідники мають ізоляцію, для підключення використовуються лише стандартні електричні роз'єми, необхідно суворо дотримуватися інструкцій з техніки безпеки та забороняється використовувати несправні пристрої. Конструкторське бюро відповідає вищезазначеним вимогам, що дозволяє його класифікувати як приміщення без підвищеного ризику ураження електричним струмом, оскільки воно сухе, без підвищеного вмісту пилу, з нормальною температурою повітря.

Нервово та розумове перевантаження: цей вид шкідливих факторів виникає у разі нерівномірного розподілу часу роботи та відпочинку. Якщо на відпочинок виділяється недостатньо часу, працівник скаржиться на головний біль, зорове напруження, дратівливість та невдоволення роботою. Недостатній час відпочинку під час роботи з комп'ютером призводить до почуття тривоги та депресії, що спричиняє проблеми зі сном, біль у м'язах, шні та попереку. Зниження працездатності безпосередньо залежить від дотримання режиму праці та відпочинку.

3.3 Екологічна безпека при експлуатації

Утворення відходів є невід'ємною частиною виробничих процесів. Відходи забруднюють навколишнє середовище та утворюють високі концентрації токсичних речовин.

Джерелами забруднення навколишнього середовища в приміщеннях є люмінесцентні лампи, що використовуються для освітлення, та електронні схеми комп'ютерів. Трубки люмінесцентних ламп містять від 3,0 до 5,0 мг ртуті. Електронні схеми містять шкідливі речовини, такі як свинець, літій, кадмій та

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

берилій. Лампи та мікросхеми класифікуються як токсичні відходи I класу та є надзвичайно небезпечними; вони потребують спеціальної утилізації. Видалення токсичних відходів та радіокомпонентів передбачає демонтаж основних засобів, розділення та подрібнення елементів, що містять шкідливі речовини. Потім відходи радіокомпонентів переробляються за допомогою хімічного процесу.

Цей розділ випускної кваліфікаційної роботи охоплював юридичні та організаційні аспекти безпеки, аналізуючи норми трудового законодавства та заходи з облаштування робочого місця.

У другій частині розглянуто питання промислової безпеки, зокрема шкідливі та небезпечні фактори, що можуть виникнути під час дослідження. Аналіз цих факторів показав, що параметри мікроклімату та рівень шуму на робочому місці відповідають нормам. Освітлення також відповідає вимогам. За рівнем електробезпеки конструкторське бюро вважається приміщенням без підвищеного ризику ураження електричним струмом, оскільки воно сухе, підлога ізольована, вологість не перевищує 75,0%, відсутній струмопровідний пил, а температура не вище 35,0°C.

У підрозділі, присвяченому екологічній безпеці, було вивчено вплив проєктованого рішення на довкілля та визначено способи забезпечення екологічної безпеки.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

ВИСНОВКИ

Проектування конструкції прес-форми для лиття алюмінієвих радіаторів для світлодіодних ламп є вкрай перспективним напрямком з кількох ключових причин, що охоплюють технологічні, економічні та екологічні аспекти. Ця робота не лише демонструє глибоке розуміння інженерних принципів, але й відкриває шлях до підвищення ефективності виробництва та якості кінцевої продукції.

Насамперед, технологічні переваги цього проектування очевидні. Розробка оптимальної конструкції прес-форми для лиття під тиском дозволяє створювати радіатори зі складними геометричними формами та високою точністю розмірів. Це критично важливо для ефективного відведення тепла від світлодіодів, оскільки якісний радіатор забезпечує стабільну роботу лампи, запобігає перегріву та подовжує термін її служби. Врахування таких аспектів, як системи охолодження (водяні канали всередині форми), вентиляції (шайби та канали для виведення повітря) та виштовхування виливків (спеціальні штовхачі, що не залишають слідів), свідчить про комплексний підхід до проектування, що мінімізує дефекти та покращує якість продукції. Вибір алюмінію як основного матеріалу для радіаторів є оптимальним завдяки його високій теплопровідності та легкості, що в поєднанні з технологією лиття під тиском дозволяє досягти найкращих характеристик.

З економічної точки зору, цей проєкт має значний потенціал. Хоча початкові інвестиції у проектування та виготовлення прес-форми можуть бути високими, довгострокові вигоди переважають. Лиття під тиском є високоефективним методом масового виробництва, що дозволяє виготовляти великі обсяги радіаторів за відносно короткий час. Це знижує собівартість одиниці продукції в умовах серійного виробництва. Крім того, підвищена довговічність прес-форм, забезпечена правильним вибором матеріалів (спеціальні сталі з вольфрамом, хромом, молібденом) та їх хіміко-термічною обробкою (азотування, ціанування, вороніння), зменшує витрати на обслуговування та заміну обладнання. Можливість виготовлення багатопорожнинних форм, що дозволяють відливати кілька радіаторів одночасно, ще більше підвищує продуктивність і знижує витрати. Це

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

робить світлодіодні лампи більш доступними для широкого споживача, сприяючи їхньому поширенню на ринку.

Екологічний аспект також є важливим позитивним наслідком. Світлодіодні лампи самі по собі є енергоефективними та екологічно безпечними джерелами світла, що знижують споживання електроенергії та викиди вуглекислого газу порівняно з традиційними лампами розжарювання. Забезпечення ефективного охолодження радіаторів подовжує термін служби світлодіодів, що зменшує кількість відходів (менше викинутих ламп) і потребу в нових виробництвах. Хоча утворення газової пористості під час лиття під тиском є певним викликом, впровадження вакуумного лиття для критично важливих виробів або оптимізація режимів пресування (ступінчастий режим) мінімізує цей недолік, підвищуючи якість продукції та зменшуючи кількість браку.

Крім того, сам процес проєктування прес-форми є чудовим прикладом застосування інженерних знань та навичок. Він вимагає врахування широкого спектру факторів: від властивостей металів та технологічних процесів до вимог охорони праці та ергономіки робочого місця конструктора. Опис у дипломній роботі аналізу шкідливих факторів, таких як мікроклімат, шум, освітлення та електробезпека, демонструє відповідальний підхід до створення безпечних умов праці, що є невід'ємною частиною успішного інженерного проєкту.

Підсумовуючи, проєктування конструкції прес-форми для лиття радіатора світлодіодної лампи є надзвичайно перспективним кроком. Воно не лише забезпечує виробництво високоякісних, довговічних та ефективних світлодіодних ламп, але й сприяє розвитку технологій лиття під тиском, підвищенню економічної ефективності виробництва та підтримці екологічної сталості. Це комплексний проєкт, який демонструє важливість інтегрованого підходу в сучасному машинобудуванні.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

державного університету. Серія "Технічні науки". 2020. № 2. С. 55-62.

10. Лисенко В. Д., Петров А. П. Автоматизовані системи управління процесами лиття алюмінію під тиском. Інформаційні технології в машинобудуванні. 2018. № 4 (15). С. 30-37.

11. Мельник В. І., Соколов П. Г. Оптимізація параметрів пресування при литті алюмінію під тиском для підвищення герметичності виливків. Вісник Запорізького національного технічного університету. 2019. № 1 (74). С. 65-72.

12. Смірнов О. М., Вовк І. В. Дослідження зносу прес-форм при литті алюмінієвих сплавів під тиском та методи збільшення їх стійкості. Прогресивні технології та системи машинобудування. 2020. № 2 (65). С. 45-52.

13. Тарасюк Л. В., Герасименко О. В. Аналіз та вдосконалення технологічних режимів лиття під тиском великогабаритних алюмінієвих корпусів. Вісник Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. 2017. № 3 (99). С. 100-107.

14. Шевченко Г. П., Бондар В. В. Екологічні аспекти переробки відходів лиття алюмінію під тиском. Екологічна безпека та природокористування. 2019. № 3 (38). С. 85-92.

15. Яковлев О. М., Кравченко В. П. Застосування методів неруйнівного контролю для оцінки якості алюмінієвих виливків, отриманих литтям під тиском. Управління якістю та надійністю машин і систем. 2018. № 1 (35). С. 60-67.

					КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ДОДАТКИ

					<i>КРБ 0018.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48