

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

машинобудування, мехатроніки і
робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

29 червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Розробка технологічного процесу та оснащення для
виготовлення деталі «Планка кріплення»**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПМ-22-2

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Ігор ВОРОТНЮК

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
13 квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівням вищої освіти
Воротнюку Ігорю Олеговичу

Тема роботи:

Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Планка кріплення».

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олег СІСА

Затверджено наказом ЦНТУ від 01 квітня 2026 року № 199-02.

Строк подання роботи до захисту:

30 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка технологічного процесу холодного листового штампування деталі «Планка кріплення».

Завдання: зробити опис деталі, що штампується, вибрати та обґрунтувати оптимальний варіант маршрутної технології, розрахувати довжину вихідної заготовки, виконати розкрій листового прокату, розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання, розробити план-схеми організації робочих місць за операціями штампування та виконати технічне нормування, розробити карту технологічного процесу, спроектувати штамп для штампування деталі «Планка кріплення», розробити кресленики на його робочі деталі, зробити опис штампа, розрахувати виконавчі розміри інструмента.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	19.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	25.04.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2026 р.	
4	Виконання конструкторської частини	25.05.2026 р.	
5	Розробка креслеників	18.06.2026 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	19.06.2026 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	28.06.2026 р.	
8	Рецензування роботи	29.06.2026 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	30.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Ігор Воротнюк

Керівник роботи _____ Олег СІСА

АНОТАЦІЯ

Воротнюк І. О. Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Планка кріплення»: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. Ф. Сіса; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 38 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технологічного процесу холодного листового штампування деталі «Планка кріплення».

Актуальність роботи полягає в зменшенні собівартості виготовлення деталі за рахунок використання прогресивної маршрутної технології штампування деталі «Планка кріплення» за дві технологічні операції, застосувавши неперервний матеріал металеву стрічку, що дозволяє: скоротити операцію різання листа на штаби, скоротити один штамп, вивільнити дві одиниці обладнання, вивільнити одного різальника і одного пресувальника та підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 97,52 % за рахунок штампування без утворення перемичок.

В роботі зроблено опис деталі, що штампується, вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, виконано обґрунтування застосування стрічки, розраховано технологічні зусилля за операціями штампування та вибрано обладнання, розроблено план-схеми організації робочих місць за операціями штампування та виконано технічне нормування, спроектовано та розраховано штамп для гнуття заготовки деталі «Планка кріплення», розроблено кресленики на деталі штампа, зроблено опис штампа, розраховано виконавчі розміри пуансона і пробивної матриці та допустимі напруження.

холодне листове штампування, різання, пуансон, матриця, допустимі напруження, штамп послідовної дії

ANNOTATION

Ihor VOROTNYUK. Development of a technological process and equipment for the manufacture of the "Fixing Bar" part: qualifying bachelor's thesis: spec. 131 Applied mechanics / scientific director O. F. Sisa; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 38 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process for cold sheet metal stamping of the "Fixing Bar" part.

The relevance of the work is to reduce the cost of manufacturing the part by using the progressive route technology of stamping the part "Fixing plank" in two technological operations, using a continuous metal strip material, which allows: to reduce the operation of cutting the sheet into blanks, reduce one stamp, free two units of equipment, free one cutter and one presser and increase the material utilization rate to 97.52% due to stamping without the formation of jumpers.

The work describes the part being stamped, selects and justifies the optimal route technology option, justifies the use of the tape, calculates the technological efforts for stamping operations and selects equipment, develops plans for the organization of workplaces for stamping operations and performs technical standardization, designs and calculates a stamp for bending the workpiece of the part "Fixing plank", develops drawings for the stamp part, makes a description of the stamp, calculates the executive dimensions of the punch and punching matrix and permissible stresses.

cold sheet metal stamping, cutting, punch, matrix, allowable stresses, sequential action stamp

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення
деталі «Планка кріплення»**

КРБ.ПМ.26.20.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-22-2
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Ігор ВОРОТНЮК

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олег СІСА

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП		8
1	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ПЛАНКА КРІПЛЕННЯ»	10
	1.1 Характеристика об'єкта виробництва	10
	1.2 Опис та технічна характеристика деталі	13
	1.3 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології	14
	1.4 Розрахунок довжини вихідної заготовки	15
	1.5 Розкрій неперервного прокату	16
	1.6 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання	17
	1.7 Технічне нормування	30
	1.8 Розробка карти технологічного процесу	23
2	ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА	25
	2.1 Призначення штампа	25
	2.2 Склад штампа	25
	2.3 Принцип роботи штампа	26
	2.4 Розрахунок виконавчих розмірів інструмента	26
	2.5 Розрахунок пуансона на міцність	27
ВИСНОВКИ		30
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		31
ДОДАТКИ		33
Додаток А Специфікація «Штамп послідовної дії»		34
	А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	34
	А.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик	35
Додаток Б Специфікація «Штамп для гнуття»		36
	Б.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	36
	Б.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик	37

Додаток В Специфікація «Завантажувальний пристрій»	38
В.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	38

ВСТУП

Листове штампування прогресивний спосіб виготовлення деталей із листового матеріалу і застосовується для виготовлення, наприклад деталей автомобілів, сільськогосподарської техніки, літаків, кораблів, електроприладів та багатьох деталей широкого вжитку.

Основними операціями холодного листового штампування є розділові (відрізування, вирубування, пробивання, калібрування та інші) та формозмінні (гнуття, витягування, відбортування, правлення та інші). Суттєвий економічний ефект спостерігається при штампуванні в штампах послідовної та суміщеної дії, які об'єднують декілька операцій.

Листове штампування здійснюється, головним чином, на механічних кривошипних пресах простої та подвійної дії із застосуванням одиночних або автоматичних ходів на листоштампувальних комплексах. Крім того, широку популярність набуло листове штампування з використанням обладнання з числовим програмним керуванням, зокрема координатно-пробивних пресів та гідравлічних листогнуттєвих пресів.

В якості вихідного матеріалу для листового штампування застосовують листи, штаби, стрічки та штучні заготовки. Матеріал для штампування, що поступає в штампувальні цехи, поперед обробки іноді піддають спеціальній підготовці: правці, відпалу, знежиренню, травленню, промиванню, сушінню.

Найбільше розповсюдження холодне штампування отримало у багатосерійному та масовому виробництвах, де великі масштаби випуску дозволяють використовувати технічно більш сучасні, хоча й більш складні, надійні, зносостійкі та багато коштовні штампи. Ряд виробів масового виробництва та широкого споживання виготовляються десятками та сотнями мільйонів штук в рік. В теперішній час холодне листові штампування широко використовується і у дрібносерійному та одиночному виробництвах тому, що іншими технологіями деякі вироби отримати неможливо.

Сучасні технологічні процеси холодного листового штампування та проектування штамів розробляються за допомогою САПР, де закладені розрахункові методики, загальні правила і норми проектування конструкцій деталей і технологічного процесу штампування, що гарантує високі експлуатаційні здібності деталей, та зменшення трудомісткості і розширює можливості листового штампування.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ПЛАНКА КРІПЛЕННЯ»

1.1. Характеристика об'єкту виробництва

Деталь «Планка кріплення» яка отримується способом холодного листового штампування входить до складу деталей одновісних причепів моделей П-3,5, П-3,5-01, П-3,5-02, П-3,5М для легкових автомобілів малого і середнього класу, які обладнані тягово-сцепним пристроєм. Одновісні причепа призначені для перевезення вантажу.



Рисунок 1.1 Причеп одновісний П-3,5



Рисунок 1.2 Причеп одновісний П-3,5-01



Рисунок 1.3 Причеп одновісний П-3,5-02



Рисунок 1.4 Причеп одновісний П-3,5М

Таблиця 1.1 Технічна характеристика

	П-3,5	П-3,5-01	П-3,5-02	П-3,5М
Кузов (габаритні розміри), мм	2450x1560x300	2450x1560x1250	2450x1560x1250	2450x1560x500
Фургон	—	тентований	металевий	—
Ресора	"AL-KO" (4 листа)	"Волга" (6 листів)	"Волга" (6 листів)	"Волга" (6 листів)
Шина	165...175/70R13	175...185/80R14	175...185/80R14	175...185/80R14
Вантажопід'ємність, кг	500	550	600	750

1.2 Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Планка кріплення» входить до складальної одиниці «Кузов» і виконує роль з'єднання навісного покриття з кузовом причепа. Вона особливих навантажень не несе. Основна операція штампування – гнуття. Саме тому [1, 2] дану деталь доцільно виготовляти із м'якої листової

За даним конструкторської документації деталь виготовляється з якісної вуглецевої сталі:

Лист Б-ПН-О-2.0 ДСТУ 8971:2019
08пс ДСТУ 1523-2:2019

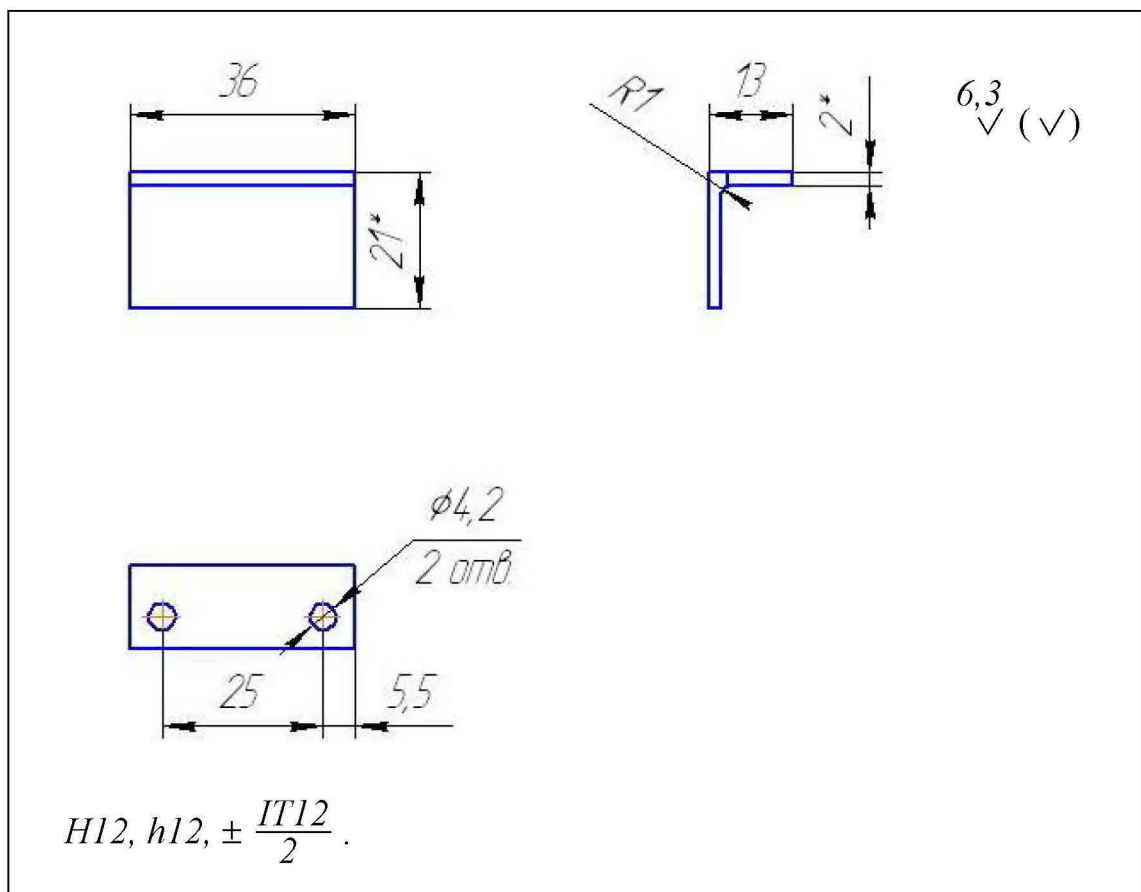


Рисунок 1.5 – Кресленик деталі «Планка кріплення»

Таблиця 1.2 – Механічні та фізичні властивості матеріалу [1]

Матеріал	σ_{σ} , МПа	σ_{σ} , МПа	δ , %	γ , г/см ³
Сталь 08	350	280	35	7,85

Таблиця 1.3 – Хімічний склад матеріалу [2]

Матеріал	C, %	Si, %	Mn, %	Cr не більш, %
Сталь 08	0,05-0,11	0,05-0,17	0,35-0,65	0,10

1.3 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

I варіант (базовий):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Відрізування заготовки.
3. Пробивання.
4. Гнуття.

II варіант (проектний):

1. Пробивання, відрізування у штампі послідовної дії.
2. Гнуття.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити дві операції;
- скоротити один штамп;
- вивільнити дві одиниці обладнання;
- вивільнити одного різника і одного пресувальника;
- підвищити коефіцієнт використання матеріалу за рахунок застосування стрічкового матеріалу;
- підвищити продуктивність штампування;
- зменшити собівартість виготовлення деталі.

1.4 Розрахунок довжини вихідної заготовки

Для отримання остаточних розмірів заготовки треба розрахувати розмір L , в даному випадку довжину розгортки треба рахувати по середній товщині металу.

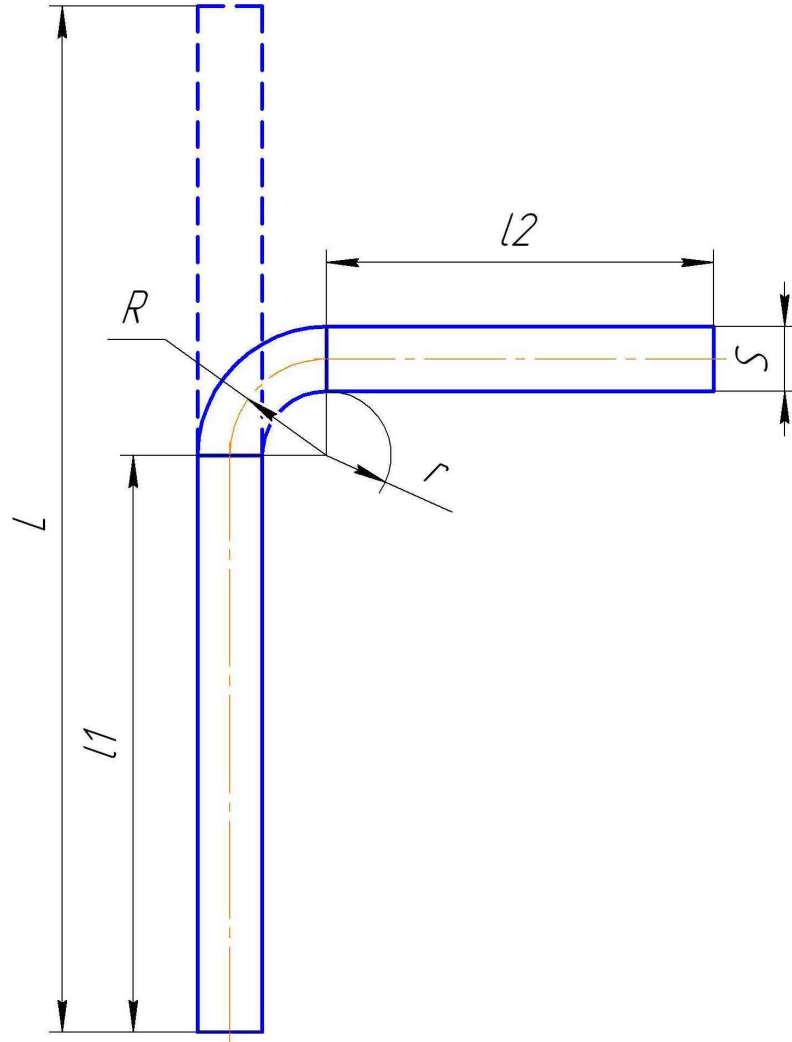


Рисунок 1.6 До розрахунку довжини вихідної заготовки

Довжину вихідної заготовки визначаємо за формулою [6, с.63]:

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi}{2}(r + x \cdot S), \quad (1.1)$$

де r – внутрішній радіус, мм;

x – коефіцієнт, який визначає положення нейтрального шару [6, с.56];

S – товщина матеріалу, мм.

$$L = 18 + 10 + \frac{3,14}{2} (1 + 0,38 \cdot 2) = 30,76 \text{ мм.}$$

Приймаємо $L = 31 \text{ мм}$.

1.4 Розкрій неперервного прокату

Згідно прийнятій технології (II варіант) приймаємо виготовлення деталі «Фіксатор» з неперервного матеріалу: Стрічка 08пс-М-А-2 ДСТУ EN10139:2018.

Оптимізація розкрою [3, 4] полягає у виборі більшого із значінь коефіцієнта використання матеріалу η .

Приймаємо однорядне розташування деталі.

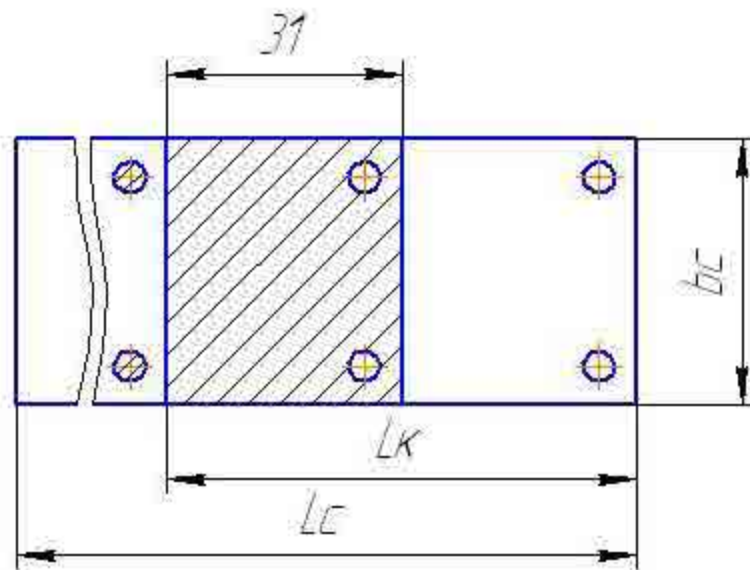


Рисунок 1.7 Схема розкрою стрічки

Визначаємо крок подачі стрічки:

$$L_k = 31 \cdot 2 = 62 \text{ мм;}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{n \cdot F_{\partial} \cdot k \cdot 100}{b_c \cdot L_k}, \quad (1.2)$$

де n – кількість деталей на кроці штампування, $n = 2$ шт;

F_{∂} – площа деталі, мм²;

k – кількість рядів штампування, $k = 1$ шт.;

b_c – ширина стрічки, $b_c = 36$ мм;

Тоді, площа деталі складає:

$$F_{\partial} = 36 \cdot 31 - \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,2^2}{4} = 1088,3 \text{ мм}^2,$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 1088,3 \cdot 1 \cdot 100}{36 \cdot 62} = 97,52$$

Визначаємо норму витрат матеріалу на одну деталь:

$$H = p \cdot L_k, \quad (1.3)$$

де p – маса 1м погонного довжини стрічки, $p = 0,565$ кг [1, 2];

$$H = 0,565 \cdot \frac{0,062}{2} = 0,018 \text{ кг}$$

1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання

1.5.1 Пробивання, відрізування у штампі послідовної дії

Зусилля операції “Вирубування-пробивання” [5, 6] розраховуємо за формулою:

$$P = P_v + P_n + P_{\text{прош}}; \quad (1.4)$$

де P_v – зусилля відрізування заготовки, Н [2, с.16]

$$P_{\epsilon} = 1,2 \cdot L_{\epsilon} \cdot S \cdot \sigma_{zp}; \quad (1.5)$$

L_{ϵ} – периметр відрізання, мм:

$$L_{\epsilon} = 36 \cdot 2 = 72 \text{ мм};$$

S – товщина матеріалу, $S=2.0$ мм;

$$P_{\epsilon} = 1,2 \cdot 72 \cdot 2 \cdot 280 = 48384 \text{ Н};$$

P_n – зусилля пробивання отворів, Н

$$P_n = 1,2 \cdot n \cdot L_n \cdot S \cdot \sigma_{zp}; \quad (1.6)$$

n – кількість отворів які пробиваються, $n=4$ шт.

L_n – периметр отвору який вирубється, мм;

$$L_n = \pi \cdot D \quad (1.7)$$

D – діаметр отвору, $D = 4,2$ мм;

$$L_n = 3,14 \cdot 4,2 = 13,19 \text{ мм};$$

$$P_n = 1,2 \cdot 4 \cdot 13,19 \cdot 2 \cdot 280 = 35454,7 \text{ Н};$$

$P_{прош}$ – зусилля прогтовхування відходу [6, с.21] від пробивання, Н;

$$P_{прош} = 0,1 \cdot P_n; \quad (1.8)$$

$$P_{прош} = 0,1 \cdot 35454,7 = 3545,5 \text{ Н};$$

Тоді,

$$P = 48384 + 35454,7 + 3545,5 = 87384,2 \text{ Н} = 0,087 \text{ МН}$$

На підставі отриманого зусилля на операцію, з урахуванням габаритних розмірів штампа вибираємо для виконання останньої комплекс устаткування

для штампування деталей із стрічки на базі преса відкритого однокривошипного моделі АККД 2122Е.06 [11, 12, 13] з наступною технічною характеристикою:

Номінальне зусилля, кН	160
Хід повзуна, мм	50
Кількість ходів повзуна в хвилину, хв^{-1}	40...180
Розміри столу, мм	420x280
Розміри стрічки, що подається, мм	
ширина	20...63
товщина	0,3...2,0
Крок подачі, мм	10...100
Точність подачі кроку, мм	$\pm 0,2$
Найбільший зовнішній діаметр рулону стрічки, мм	800
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	2.7
Габаритні розміри, мм	6350x1500x1960

1.5.2 Гнуття

Зусилля гнуття розраховуємо за формулою [6, с.72], як найбільше, що виникає при роботі штампу:

$$P_z = 1,25 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_d k, \quad (1.9)$$

де B – ширина полки, $B = 20$ мм;

σ_d – межа міцності, $\sigma_d = 350$ МПа;

k – коефіцієнт гнуття, $k = 0,22$ [6. с. 73]

$$P_z = 1,25 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 0,22 = 3850 \text{ Н.}$$

На підставі отриманого зусилля на операцію вибираємо для виконання останньої комплекс устаткування з шибєрною подачею для штампування деталей на базі преса відкритого однокривошипного моделі АККД 2122Е.01 з наступною технічною характеристикою:

Номінальне зусилля, кН	160
Хід повзуна, мм	50
Кількість ходів повзуна в хвилину, хв ⁻¹	40. . .180
Розміри столу, мм	420x280
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	1.7
Габаритні розміри, мм	1670x2170x1960

1.6 Технічне нормування

1.6.1 Пробивання, відрізування, у штампі послідовної дії

Результати технічного нормування операції пробивання, відрізування у штампі послідовної дії на комплексі устаткування для штампування деталей із стрічки на базі преса відкритого однокривошипного моделі АККД 2122Е.06 зведено в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Карта технічного нормування

№ карти	№ продукції	Найменування переходу	Основний час T_o , хв	Допоміжний час T_v , хв	
				Перекривасмий	Непрєкривасмий
9	Г	Узяти бухти стрічки та піднести на відстань до трьох метрів до катушки. Встановити бухту в катушку. Перерізати в'язку дроту ножицями. Витягнути, протерти та заправити кінець стрічки в правильний пристрій та штамп.	-	-	$3.65 : 2777 =$ $= 0,00131$
1	3	Увімкнути прес.	-	-	$0.018 : 2777 =$ $= 0,000006$
2	476	Штампувати деталь в автоматичному режимі	0,0053	-	-
Σ			0.0053		0.00132

Норма штучного часу:

$$T_{ш} = (T_o + T_{\partial}) \cdot K, \quad (1.10)$$

де K – коефіцієнт, $K = 1,13$ [14, с. 109];

$$T_{ш} = (0.0053 + 0.00132) \cdot 1,13 = 0,00782 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{ш.к.} = T_{ш} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (1.11)$$

де $T_{н.з.}$ – підготовчо-заключний час, $T_{н.з.} = 3 \text{ хв.}$, [14, с. 28];

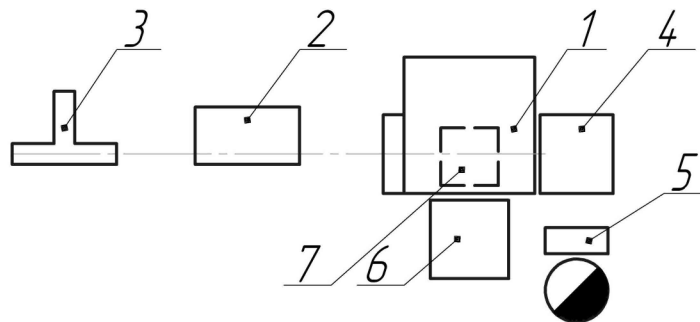
n – кількість деталей в партії, $n = 2777$ шт.

$$T_{ш.к.} = 0,00782 + \frac{3}{2777} = 0,0089 \text{ хв.,}$$

Норма виробітку:

$$H_v = \frac{480}{0.0089} = 53932 \text{ шт./зм.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис.1.8.



1 – кривошипний відкритий прес з автоматичною валковою подачею; 2 – правильно-розмотувальний пристрій; 3 – катушка зі стрічкою; 4 – тара для деталей; 5 – пульт керування; 6 – тара для деталей; 7 – тара для відходів

Рисунок 1.8 Схема організації робочого місця

1.6.2 Гнуття

Результати технічного нормування операції гнуття на пресі відкритому однокривошипному моделі АККД 2122Е.01 зведено в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Карта технічного нормування

№ карти	№ продукції	Найменування переходу	Основний час T_o , хв	Допоміжний час T_v , хв	
				Перекриваємий	Неперекриваємий
5	1а	Набір заготовок в пакет, піднести і завантажити в завантажувальний пристрій	-	-	$0,075 : 150 = 0,0005$
1	3	Увімкнути прес	-	-	$0,018 : 150 = 0,00012$
2	40б	Штампувати деталь в автоматичному режимі	0,0053	-	-
Σ			0.0053		0.00062

Норма штучного часу:

$$T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K, \quad (1.12)$$

де K – коефіцієнт, $K = 1,13$ [14, с. 109];

$$T_{ш} = (0.0053 + 0.00062) \cdot 1,13 = 0,00669 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{ш.к.} = T_{ш} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (1.13)$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час, $T_{п.з.} = 3 \text{ хв.}$, [14, с. 28];

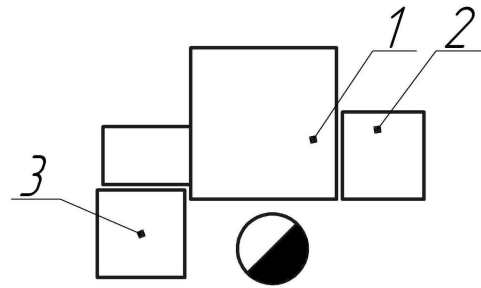
n – кількість деталей в партії, $n = 150 \text{ шт.}$

$$T_{ш.к.} = 0,00669 + \frac{3}{150} = 0,0267 \text{ хв.},$$

Норма виробітку:

$$H_v = \frac{480}{0.0267} = 17977 \text{ шт/зм.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис. 2.7.



1 – кривошипний відкритий прес з шиберною подачею; 2 – тара для деталей;
3 – тара для заготовок

Рисунок 1.9 Схема організації робочого місця

1.7 Розробка карти технологічного процесу

Результати розробки карти технологічного процесу виготовлення деталі «Кутик» представлено у вигляді таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Карта технологічного процесу

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА

2.1 Призначення штампа

Штамп послідовної дії (кресленик КРБ.ПМ.26.20.12.11.00) призначено для послідовного виконання операцій пробивання та відрізування заготовки деталі «Планка кріплення».

2.2 Склад штампа

Штамп послідовної дії [8, 9, 10] складається із наступних основних деталей та вузлів (див. кресленик КРБ.ПМ.26.20.12.11.00):

- нормалізованого блоку з осьовим розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 7, 8, 23, 24, 25, 26);
- ніж-матриці (поз. 2);
- пробивного пуансона (поз. 5);
- ножа (поз. 6);
- противідтискача (поз. 3), який виконує функцію переднього упору;;
- пуансонотримача (поз. 4);
- напрямних планок (поз. 9, 10);
- знімача (поз. 1).

Штамп для гнуття призначено для виконання операції гнуття деталі «Планка кріплення». Він складається з наступних деталей вузлів (див. кресленик КРБ.ПМ.26.20.12.12.00):

- блока з двома напрямними вузла ковзання;
- інструмента (пуансон (поз. 11), матриці (поз. 10));
- виштовхувача (поз. 9, 38, 40);
- завантажувального пристрою (поз. 1).

2.3 Принцип роботи штампа

Стрічка подається в штамп послідовної дії в щілину між дзеркалом ніж-матриці 2 та знімачем 1 таким чином, щоб перекрити ніж-матрицю на 2-5 мм. Поперечне переміщення штаби обмежено напрямними планками 9, 10. Після натискання на педаль верхня частина штампа переміщується вниз, в результаті чого відбувається пробивання отвору в штабі пуансоном 5 та відрізування краю штаби. При ході повзуна вгору відбувається знімання стрічки з пуансона 5 жорстким знімачем 1. Далі штаба подається валковою подачею на крок штампування. При ході повзуна вниз відбувається одночасне пробивання отвору $\varnothing 4,2$ мм та відрізування заготовки від стрічки. Відхід від пробивання вилучається із штампа крізь провальні отвори між противідтискачем 3 та ніж-матрицею 2 та в нижній плиті 8.

Штамп для гнуття працює наступним чином. Штучні деталі завантажуються в завантажувальний пристрій, з якого за допомогою шиберного механізму подаються на позицію для гнуття, при ході повзуна униз відбувається гнуття деталі і при зворотньому ході повзуна угору деталь виштовхується буферним механізмом, який розташовано у столі преса.

2.4 Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

2.4.1 Діаметр пуансона d_n для пробивання отвору $\varnothing 4,2$ мм розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$d_n = (d_n + P_z)_{-\delta_n}, \quad (2.1)$$

де: d_n – номінальний діаметр пуансона. $d_n = 4,2$ мм;

P_z – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 4,2$ H14 $P_z = 0,30$ мм [7,8];

δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. $\delta_n = 0,08$ мм [7,8].

Тоді

$$d_n = (4,2 + 0,30)_{-0,08} = 4,5_{-0,08} \text{ мм}$$

2.4.2 Діаметр матриці d_m для пробивання отвору $\varnothing 4,2$ мм розраховуємо за формулою [7,8]:

$$d_m = (d_n + z)^{+\delta_m}, \quad (2.2)$$

де z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $z = 0,14$ мм [7,8];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,05$ мм [7,8].

Тоді

$$d_m = (4,5 + 0,14)^{+0,05} = 4,64^{+0,05} \text{ мм.}$$

2.5 Розрахунок пробивного пуансона на міцність

Розрахунок пуансона на міцність здійснюємо за методикою роботи [8, с. 71-74], виходячи із умови:

$$P_{\text{дон}} \pm P_m,$$

де $P_{\text{дон}}$ – допустиме навантаження на стиснення

$$P_{\text{дон}} = \varphi \cdot F_k \cdot [\sigma_{cm}]; \quad (2.3)$$

φ - коефіцієнт зниження допустимого напруження, який залежить від умовної гнучкості та характеризується співвідношенням:

$$\frac{\mu \cdot h}{i_{\min}};$$

μ - коефіцієнт приведеної довжини, що характеризує спосіб закріплення пуансона. Він приймається рівним 0,7;

h – довжина робочої частини пуансона $h = 13$ мм;

$i_{\min}$ – мінімальний радіус інерції робочого перерізу пуансона, мм. Для круглого пуансона

$$i_{\min} = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 4,2 = 1,05 \text{ мм.}$$

$$\text{При } \frac{\mu \cdot h}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 13}{1,05} = 8,66, \varphi = 0,8 \text{ [6, с. 71];}$$

F_{κ} – площа контакту робочого торця пуансона із матеріалом, що штампується, мм². За даними роботи [8, с. 71], при співвідношенні $S/d \geq 1$ площа контакту для круглого пуансона визначається за формулою:

$$F_{\kappa} = \frac{\pi \cdot S \cdot (2d - S)}{4} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 8,2 - 2)}{4} = 10,05 \text{ мм}^2;$$

$[\sigma_{cm}]$ – допустиме напруження на стиснення матеріалу пуансона. Для сталі У10А $[\sigma_{cm}] = 1600$ МПа [8, с. 73].

Тоді

$$P_{don} = 0,8 \cdot 10,05 \cdot 1600 = 12\,864 \text{ Н;}$$

P_m – технологічне зусилля, що діє на пуансон при пробиванні отвору $\varnothing 4,2$ мм

$$P_m = k \cdot \pi \cdot d \cdot \sigma_3 = 1,3 \cdot 3,14 \cdot 4,2 \cdot 250 = 4286 \text{ Н.}$$

Як бачимо, умова усталеності пуансона виконується ($4286 > 16\,738$).

ВИСНОВКИ

1. Зроблено опис та наведено технічну характеристику деталі «Планка кріплення» як об'єкта холодного листового штампування.
2. Вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, яка, порівняно з базовим варіантом, дозволяє: скоротити дві операції, скоротити один штамп, вивільнити дві одиниці обладнання, вивільнити одного різника і пресувальника та підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 97,52 % за рахунок штампування зі стрічки без утворення перемичок.
3. Розраховано технологічні зусилля за операціями штампування та вибрано обладнання.
4. Розроблено план-схеми організації робочих місць за операціями штампування та виконано технічне нормування.
5. Розраховано штамп послідовної дії для пробивання, відрізування заготовки деталі «Планка кріплення», спроектовано штамп для гнуття деталі «Планка кріплення» та спроектовано завантажувальний пристрій.
6. Розроблено кресленики на деталі штампа.
7. Зроблено опис штампів, розраховано виконавчі розміри інструмента та пробивний пуансон на міцність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Metal pressure processing Introduction (3rd Edition) General Higher Education second five planning materials / LI SHENG ZHI . LI LONG XU // 2014. Halmos G. T. Roll Forming Handbook / G. T. Halmos. – Boca Raton: Taylor&Francis, 2006. – 583 p.
2. ISO 12004-2:2008. Metallic Materials—Sheet and Strip—Determination of Forming-Limit Curves—Part 2: Determination of Forming-Limit Curves in the Laboratory; ICS: Geneva, Switzerland, 2008.
3. Теорія та проектування процесів холодного штампування [Текст] : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / уклад. М. В. Шепельський ; Кіровоградський національний технічний ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – 262 с.: рис., табл. – Бібліогр.: с. 249-253.
4. Боков В. М., Кришкін Б. Б., Мірзак В. Я., Шепельський М. В. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Навчально-методичний посібник / Під ред. М. В. Шепельського. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. – 210 с.
5. Tang D, Gao B (2007) Feature-based metal stamping part and process design. Part II: Stamping process planning. Int J Prod Res 45:2997–3015. <https://doi.org/10.1080/00207540600693556>
6. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., пере раб и доп. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1979. – 520 с., ил.
7. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штамків. Штамп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. – 216 с.

8. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Проектування розділових штампів: Навчальний посібник. [Текст] / В. М. Боков. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ «ІмексЛТД», 2006. – 274 с.
9. Швець С. В. Штampi та прес-форми, конструювання та технологія виготовлення : навч. посіб. [Текст] / С. В. Швець, Л. М. Сєдінкін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2005. – 118 с.
10. ДСТУ 3504-97 Штampi для холодного листового штампування. Блоки, плити блоків та пакетів із прокату [Текст] : Типи та основні розміри. – Введ. 1998.01.01.– Офіц. вид. – К. : Вид-во Держстандарту України, 1997. – Різн.паг. – (Державні стандарти України).
11. Роганов, Л.Л. Сучасне ковальсько-пресове обладнання: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090206, 7.090404. – Краматорськ: ДДМА, 2008.– Ч.1. – 56с. ISBN 978-966-379-236-1.
12. Плєснецов, Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси : навч. посіб. / Ю. О. Плєснецов, В. О. Маковей – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с.
13. Справочник по оборудованию для листовой штамповке / Л. И. Рудман, А. И. Зайчук, В. Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – К.: Техника, 1989. – 231 с.
14. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку. Изд. второе, допол. и перераб. – М.: Машиностроение , 1964. – 123 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Специфікація «Штамп послідовної дії»

А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз.	Позначка	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.20.12.11.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.20.12.11.01	Знімач	1		
2	КРБ.ПМ.26.20.12.11.02	Ніж-матриця	1		
3	КРБ.ПМ.26.20.12.11.03	Противідтискач	1		
4	КРБ.ПМ.26.20.12.11.04	Плансонотримач	1		
5	КРБ.ПМ.26.20.12.11.05	Плансон пробивний	1		
6	КРБ.ПМ.26.20.12.11.06	Ніж	1		
7	КРБ.ПМ.26.20.12.11.07	Плита верхня	1		
8	КРБ.ПМ.26.20.12.11.08	Плита нижня	1		
9	КРБ.ПМ.26.20.12.11.09	Планка права	1		
10	КРБ.ПМ.26.20.12.11.10	Планка ліва	1		
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
		<u>Стандартні вироби</u>			
		Гвинти по DIN 7984			
18		M10x40-8gx16.56.05	12		
19		M12x30-8gx16.56.05	6		
20		Гвинт 7095-0021			
		ДСТУ 8922-05	2		
Відповідальна організація		Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	Листов
Кафедра ММР		Андрій ГРЕЧКА	Ігор ВОРОТНЮК	Олег СІСА	11
Власник документа		Вид документа		Статус документа	
Центральноукраїнський національний технічний університет		Специфікація		Набчальний	
		Назва		Ідентифікація	
		Штамп послідовної дії		КРБ.ПМ.26.20.12.11.00	
				Ід. змін	Дата видання
				А	2026-18-06
				Мова	Аркуш
				uk	1/2

ДОДАТОК Б

Специфікація «Штамп для гнуття»

Б.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз.	Познака	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.20.12.12.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.20.12.12.01	Напрямна	1		
2	КРБ.ПМ.26.20.12.12.02	Плита нижня	1		
3	КРБ.ПМ.26.20.12.12.03	Матрицетримач	1		
4	КРБ.ПМ.26.20.12.12.04	Виштовхувач	1		
5	КРБ.ПМ.26.20.12.12.05	Пластина	1		
6	КРБ.ПМ.26.20.12.12.06	Штовхач	1		
7	КРБ.ПМ.26.20.12.12.07	Матриця	1		
8	КРБ.ПМ.26.20.12.12.08	Центрувач	2		
9	КРБ.ПМ.26.20.12.12.09	Опора	1		
10	КРБ.ПМ.26.20.12.12.10	Пуансон	1		
11	КРБ.ПМ.26.20.12.12.11	Знімач	1		
12	КРБ.ПМ.26.20.12.12.12	Пружина	1		
13	КРБ.ПМ.26.20.12.12.13	Плита верхня	1		
14	КРБ.ПМ.26.20.12.12.14	Хвостовик	1		
15	КРБ.ПМ.26.20.12.12.15	Шильд верхній	1		
16	КРБ.ПМ.26.20.12.12.16	Пуансонотримач	1		
17	КРБ.ПМ.26.20.12.12.17	Упор	1		
18	КРБ.ПМ.26.20.12.12.18	Шильд нижній	1		
19					
Відповідальна організація		Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	Листовий
Кафедра ММР		Андрій ГРЕЧКА	Ігор ВОРОТНЮК	Олег СІСА	11
Власник документа		Вид документа		Статус документа	
Центральноукраїнський національний технічний університет		Специфікація		Навчальний	
		Назва		Ідентифікація	
		Штамп для гнуття		КРБ.ПМ.26.20.12.12.00	
		№ змін	Дата видання	Мова	Аркуш
		A	2026-18-06	uk	1/2

Б.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик

[illegible]

ДОДАТОК В

Специфікація «Завантажувальний пристрій»

В.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз.	Позначка	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.20.12.13.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.20.12.13.01	Пластина	1		
2	КРБ.ПМ.26.20.12.13.02	Ліва стійка	1		
3	КРБ.ПМ.26.20.12.13.03	Опора	1		
4	КРБ.ПМ.26.20.12.13.04	Право стійка	1		
5	КРБ.ПМ.26.20.12.13.05	Кронштейн	1		
6	КРБ.ПМ.26.20.12.13.06	Вісь	1		
7	КРБ.ПМ.26.20.12.13.07	Коромисло	1		
8	КРБ.ПМ.26.20.12.13.08	Пружина	1		
9	КРБ.ПМ.26.20.12.13.09	Планка	1		
10	КРБ.ПМ.26.20.12.13.10	Напрямна	2		
11	КРБ.ПМ.26.20.12.13.11	Опора нижня	1		
		<u>Стандартні вироби</u>			
12		Гвинт М8х10-8dх16.56.05	6	DIN 7984	
13		Винт М8х30-8dх16.56.05	6	DIN 7984	
14		Гвинт М8х25-8dх16.56.05	1	DIN 7984	
15		Гвинт М8х20-8dх16.56.05	4	DIN 7984	
16		Винт М8х8-8dх16.56.05	4	DIN 7984	
17		Штифт 4х25	1	DIN 7	
18		Штифт 6х15	4	DIN 7	
Відповідальна організація		Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	Масштаб
Кафедра МІМР		Андрій ГРЕЧКА	Ігор ВОРОТНІЮК	Олег СІСА	1:1
Власник документа		Вид документа		Статус документа	
Центральноукраїнський національний технічний університет		Специфікація		Навчальний	
		Назва		По значення	
		Завантажувальний пристрій		КРБ.ПМ.26.20.12.13.00	
		нд. змін	Дата видання	Мова	Аркуш
		А	2026-13-06	uk	1/1