

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

23 червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Розробка технологічного процесу та оснащення для
виготовлення деталі «Диск ковзання»**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПМ-22-2

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Владислав ГУДИМЕНКО

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Кропивницький 2026

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
Гудименку Владиславу Дмитровичу

Тема роботи:

Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі
«Диск ковзання»

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олег СІСА

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

Строк подання роботи до захисту:

24 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка технологічного процесу холодного листового штампування
деталі «Диск ковзання».

Завдання: зробити опис та технічну характеристику деталі, що штампується
вибрати та обґрунтувати оптимальний варіант маршрутної технології,
розрахувати діаметр 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, спроектувати та розрахувати
штамп для штампування деталі «Диск ковзання», розробити кресленики на
його робочі деталі, зробити опис штампа, розрахувати виконавчі розміри
інструмента та розрахувати інструмент на міцність.

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	20.06.2026 р.	
8	Рецензування роботи	22.06.2026 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	24.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Владислав Гудименко

Керівник роботи _____ Олег СІСА

АНОТАЦІЯ

Гудименко В. Д. Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Диск ковзання»: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. Ф. Сіса; Центральноукраїнський нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 33 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

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

Актуальність роботи полягає в зменшенні собівартості виготовлення деталі за рахунок використання прогресивної маршрутної технології холодного листового штампування деталі «Диск ковзання» за одну технологічну операцію, яка, порівняно з базовим варіантом, дозволяє: скоротити одну операцію, скоротити один штамп, вивільнити одну одиницю обладнання, вивільнити одного пресувальника та підвищити коефіцієнт використання матеріалу з 54,97 % до 58,93 %.

В роботі зроблено опис та технічну характеристику деталі, що штампується, вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, виконано розкрій листового прокату, 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 суміщеної дії для штампування деталі «Диск ковзання», розроблено кресленики на деталі штампа «Плита нижня», «Пуансон-матриця», «Знімач» та «Матриця», зроблено опис штампа, розраховано виконавчі розміри інструмента та розраховано інструмент на міцність.

холодне листове штампування, технологічний процес, розкрій листового прокату, технологічні зусилля, технічне нормування, штамп суміщеної дії

ANNOTATION

Vladyslav HUDYMENKO. Development of a technological process and equipment for manufacturing a "Slide Disc" part: qualifying bachelor's thesis: spec. 131 Applied mechanics / scientific director O. F. Sisa; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 33 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

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

The relevance of the work is to reduce the cost of manufacturing the part by using the progressive route technology for cold sheet stamping of the part "Sliding disc" for one technological operation, which, compared to the basic version, allows: to reduce one operation, reduce one stamp, free up one unit of equipment, free up one presser and increase the material utilization rate from 54.97% to 58.93%.

The work describes and describes the technical characteristics of the stamped part, selects and justifies the optimal route technology, performs sheet metal cutting, calculates 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 combined action stamp for stamping the part "Slide disk", develops drawings for the stamp parts "Lower plate", "Punch-matrix", "Puller" and "Matrix", describes the stamp, calculates the working dimensions of the tool and calculates the tool for strength.

cold sheet metal stamping, technological process, sheet metal cutting, technological efforts, technical standardization, combined 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
«Диск ковзання»**

КРБ.ПМ.26.22.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-22-2
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____Владислав ГУДИМЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____Олег СІСА

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Диск ковзання»	9
1.1 Опис та технічна характеристика деталі	9
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології	10
1.3 Розкрій листового прокату	11
1.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання	15
1.5 Технічне нормування	19
1.6 Розробка карти технологічного процесу	21
2 Проектування та розрахунок штампа	22
2.1 Призначення штампа	22
2.2 Склад штампа	22
2.3 Принцип роботи штампа	23
2.4 Розрахунок виконавчих розмірів інструмента	23
2.5 Розрахунок пробивного пуансона $\varnothing 4,5$ мм на міцність	26
Висновки	28
Список літератури	29
Додатки	31
Додаток А Специфікація «Штамп суміщеної дії»	32
А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	32
А.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик	33

ВСТУП

В основних галузях сучасної промисловості питома вага штампованих із листового прокату деталей складає 60...80 %, а при виготовленні речей широкого вжитку – 95...98 %. Це стало можливим за причиною того, що холодне листове штампування (ХЛШ) є одним із прогресивних технологічних методів виробництва. Воно має ряд переваг перед іншими видами обробки металів як в технічному, так і економічному відношеннях.

Найбільший ефект від використання ХЛШ може бути забезпечений при комплексному вирішенні технічних питань на всіх стадіях підготовки виробництва, починаючи зі створення технологічних конструкцій чи форм деталей.

Розробка технологічних процесів холодного штампування та проектування штампів нерозривно пов'язані між собою, хоча й можуть виконуватися різними особами. Технолог повинен добре знати конструкцію штампів, а конструктор повинен володіти основними технологічними знаннями по ХЛШ.

Штамування деталей шляхом виконання декількох окремих розділових операцій в більшості випадків економічно не вигідно, внаслідок чого звичайно застосовують методи комбінованого штампування, одночасно поєднуючи дві або декілька з вказаних деформацій та окремих операцій. Крім того, на виробництві використовуються збірно-штампувальні операції, що засновані на використанні деформацій гнуття, формування та відборткування.

ХЛШ широко застосовується в машинобудівельних та інших галузях промисловості. Найбільший попит воно отримало у багатосерійному та масовому виробництвах, де великі масштаби випуску дозволяють використовувати технічно більш сучасні, хоча й більш складні та багато коштовні штампи. Ряд виробів масового виробництва та народного споживання виготовляється десятками та сотнями мільйонів штук у рік. У

теперішній час ХЛШ широко використовується в мало серійному та навіть одиночному виробництвах.

Сучасні преси з числовим програмним керуванням дозволяють автоматизувати процес штампування від стрічки, мірної та штучної заготовки, штампувати деталі безпосередньо із листа.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ДИСК КОВЗАННЯ»

1.1 Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Диск ковзання» (рис. 1.1) працює на тертя. Він з'єднується з валом і піджимається гайкою через пружину, яка притискає до торцевої поверхні, при цьому забезпечує відповідне зусилля притиску. У вузлі особливих навантажень не несе. Саме тому [1, 2] «Диск ковзання» доцільно виготовляти із сталевого листового прокату марки:

Сталь 20 ДСТУ 4041-05.

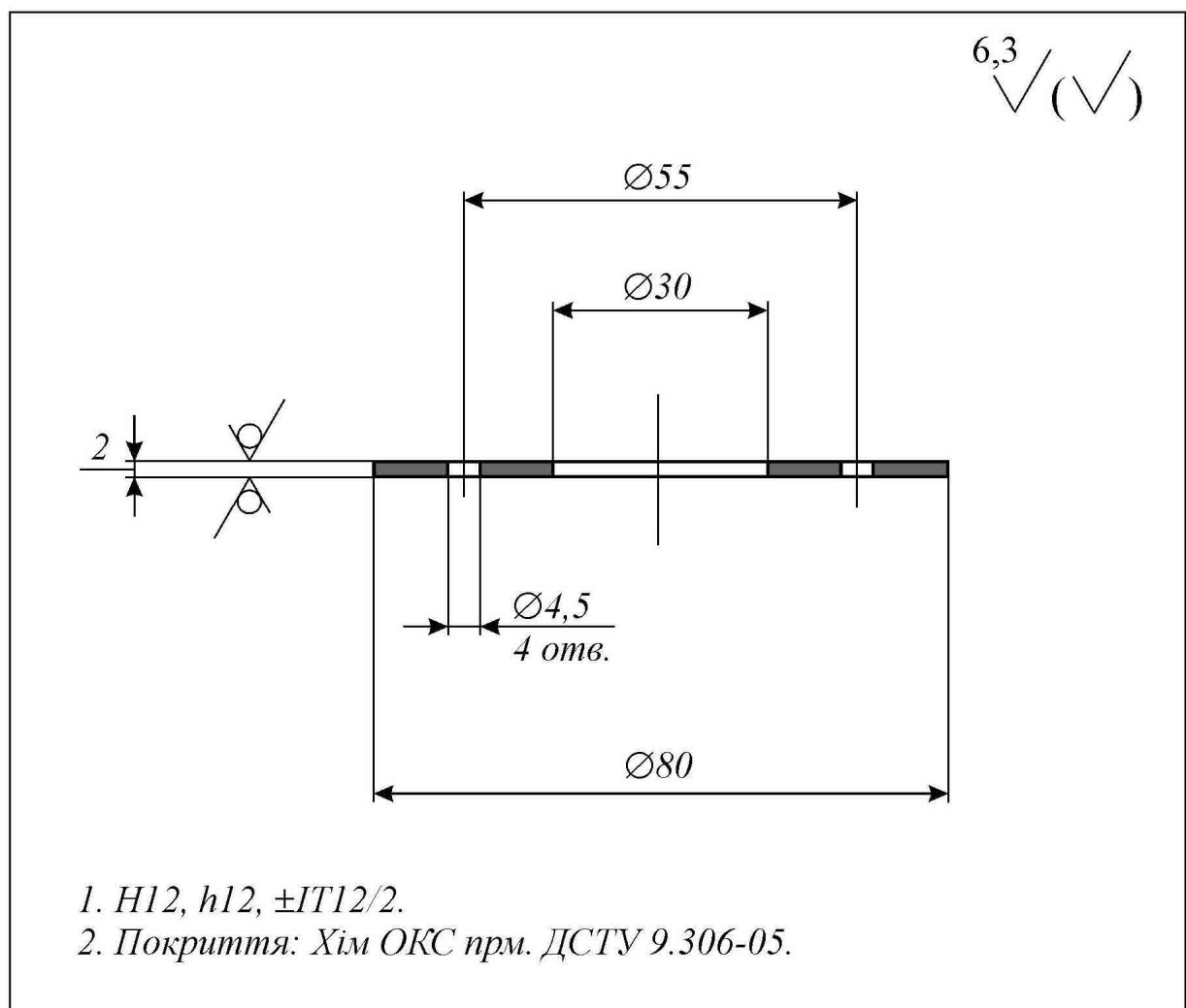


Рисунок 1.1 – Кресленик деталі «Диск ковзання»

Таблиця 1.1 – Механічні та фізичні властивості матеріалу [1]

Матеріал	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{з}}$, МПа	δ , %	γ , г/см ³
Сталь 20	450	320	26	7,85

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу [2]

Матеріал	C, %	Si, %	Mn, %	Cr не більш, %
Сталь 08	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

I варіант (базовий):

1. Відрізування штаб від листа без оптимізації розкрою.
2. Вирубубвання.
3. Пробивання.

II варіант (проектний):

1. Відрізування штаб від листа з оптимізацією розкрою.
2. Вирубубвання та пробивання в штампі суміщеної дії.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити одну операцію;
- скоротити один штамп;
- вивільнити одну одиницю обладнання;
- вивільнити одного пресувальника;
- підвищити коефіцієнт використання матеріалу з рахунок оптимізації розкрою;
- зменшити собівартість виготовлення деталі.

1.3 Розкрій листового прокату

Деталь «Диск ковзання» виготовляється із листового прокату товщиною 2 мм. За даними роботи [2] промисловість випускає багато типорозмірів листа даної товщини. Для вибору оптимального типорозміру листа [3] скористуємося комп'ютерною програмою із роботи [4], яка дозволяє розрахувати коефіцієнт використання матеріалу η для кожного типорозміру листа при поперечному та поздовжньому видів розкрою за формулою (1.1):

$$\eta = \frac{F_d \cdot q \cdot 100}{F_l}, \quad (1.1)$$

де F_d – площа поверхні деталі;

q – кількість деталей із листа;

F_l – площа поверхні листа.

Вихідні дані для розрахунку (рис. 1.2, 1.3):

- довжина листа L , мм [2];

- ширина листа A , мм [2];

- товщина листа S , мм;

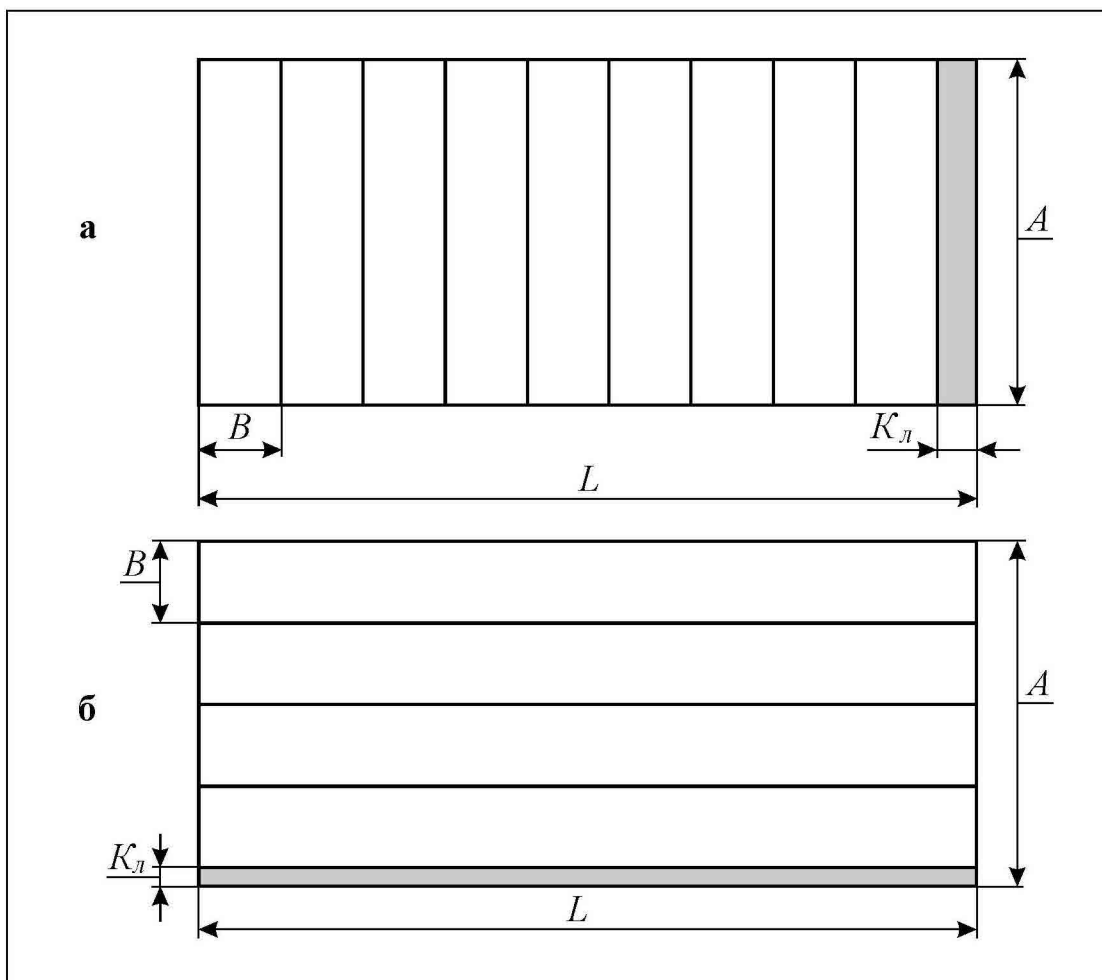
- величина перемички $a = 1,7$ мм [4, 6];

- ширина деталі $c = D = 80$ мм;

- ширина штаби B , мм. Оскільки процес штампування здійснюється без притиску штаби до напрямних планок, ширину штаби визначаємо за формулою [4, 6]:

$$B = B_p + 2\Delta_{ш} + z, \quad (1.2)$$

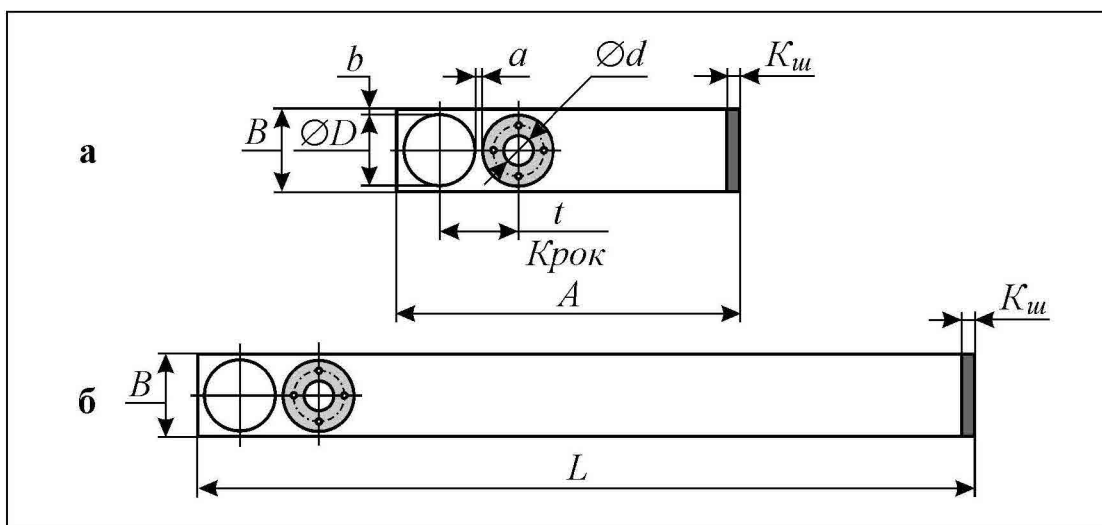
де B_p – розрахункова ширина штаби, мм;



$$B_p = d + 2b = 80 + 2 \cdot 2,2 = 84,4 \text{ мм};$$

а – поперечний; б – поздовжній

Рисунок 1.2 – Розрахункові види розкрою листа



а – при поперечному розкрою листа;

b – при поздовжньому розкрою листа

Рисунок 1.3 – Розрахункові схеми розкрою штаби

b – величина перемички. $b = 2,2$ мм [4, 6];

z – гарантований зазор між напрямними штампа та максимально можливою шириною штаби, мм. $z = 1$ мм [4, 6].

Тоді

$$B = 84,4 + 2 \cdot 1 + 2 = 87,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $B = 87$ мм;

- F_{∂} – площа поверхні деталі, мм²:

$$F_{\partial} = F - 4F_m - F_{\epsilon}, \quad (1.3)$$

де F – площа круга, що відповідає діаметру D :

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} = 5024 \text{ мм}^2;$$

F_m – площа отвору діаметром 4,5 мм:

$$F = \frac{\pi \cdot d_m^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4,5^2}{4} = 15,9 \text{ мм}^2;$$

F_{ϵ} – площа круга діаметром 30 мм:

$$F = \frac{\pi \cdot d_{\epsilon}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} = 706,5 \text{ мм}^2.$$

Тоді :

$$F_{\delta} = 5024 - 4 \cdot 15,9 - 706,5 = 4253,9 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо $F_{\delta} = 4254 \text{ мм}^2$;

ρ – густина матеріалу. $\rho = 0,00785 \text{ г/мм}^3$.

Результати розрахунку параметрів розкрою листа зведено до табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунку

L , мм	A , мм	Вид розкрою	n , шт	m , шт	η , %	H , г
1420	600	попер.	7	16	55,92	119,43
2000	600	попер.	7	22	54,59	122,34
1420	650	поздов.	17	7	54,85	121,77
2000	650	поздов.	24	7	54,97	121,49
1420	670	попер.	8	16	57,23	116,7
2000	670	попер.	8	22	55,87	119,53
1420	700	поздов.	17	8	58,2	114,75
6000	700	поздов.	73	8	59,15	112,91
1420	710	поздов.	17	8	57,83	116,39
6000	710	поздов.	73	8	58,32	114,52
1500	750	попер.	9	17	57,85	115,44
6000	750	попер.	9	68	57,85	115,44
1600	800	поздов.	19	9	56,83	117,52
6000	800	поздов.	73	9	58,22	117,52
2000	850	попер.	10	22	55,05	121,32
6000	850	попер.	10	68	56,72	121,32
1800	900	поздов.	22	10	57,77	115,61
6000	900	попер.	11	68	58,93	113,34
2000	950	попер.	11	22	54,18	123,26
6000	950	попер.	11	68	55,82	119,64
2000	1000	поздов.	24	11	56,15	118,94
6000	1000	попер.	12	68	57,85	115,44
2000	1100	поздов.	24	12	55,69	119,93
6000	1100	попер.	13	68	56,98	117,22
2000	1250	поздов.	23	14	57,17	116,82
6000	1250	поздов.	73	14	57,97	115,22
2000	1400	поздов.	24	16	58,34	114,48
6000	1400	поздов.	73	16	59,15	112,91
2000	1420	поздов.	24	16	57,52	116,11
6000	1420	поздов.	73	16	58,32	114,52
2000	1500	поздов.	18	22	56,15	117,22
6000	1500	поздов.	73	17	58,66	113,86

Як бачимо, найбільші коефіцієнти використання матеріалу ($\eta = 59,15$ %) досягаються при поздовжньому розкрою листів 6000×700 мм та $6000 \times$

1400 мм. Але розрізати лист на штаби довжиною 6000 мм та штампувати із них деталі є складним технічним завданням. Саме тому вибираємо лист 6000 × 900 мм, як технологічно доцільний, з наступними параметрами розкрою:

- вид розкрою: поперечний (див рис. 1.2, а);
- кількість деталей із штаби $n = 11$ шт.;
- кількість штаб із листа $m = 68$ шт.;
- коефіцієнт використання матеріалу $\eta = 58,93 \%$;
- норма витрати матеріалу на 1 деталь $H = 113,34$ г.

1.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання

1.4.1. Відрізування штаб від листа

Зусилля відрізування штаб від листа на листових ножицях визначаємо за формулою [6, с. 10]:

$$P = \frac{0,5 \cdot S^2 \cdot \sigma_z}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (1.4)$$

де S – товщина листа. $S = 2$ мм;

φ - кут нахилу верхнього ножа відносно нижнього. $\varphi = 3^\circ$.

Тоді:

$$P = \frac{0,5 \cdot 2^2 \cdot 320}{\operatorname{tg} 3^\circ} = 12211 \text{ Н.}$$

Вибираємо листові ножиці моделі НД3414Г, виходячі із найбільшої товщини т довжини різку [6, с. 259].

Технічна характеристика

Найбільша товщина листової сталі, що розрізується, мм	2,5
Найбільша ширина листової сталі, що розрізується, мм	1600
Число ходів ножа у хвилину	65
Кут нахилу рухомого ножа	1°20'
Потужність приводу, кВт	3
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	2340
- ширина	1920
- висота	1320
Маса, т	2,08

1.4.2. Вирубання та пробивання у штампі суміщеної дії

Зусилля штампування [5, 6], визначаємо за формулою:

$$P = P_e + P_n + P_{прош}, \quad (1.5)$$

де P_e – зусилля вирубання заготовки за контуром, яке визначаємо за формулою:

$$P_e = \kappa \cdot L_0 \cdot S \cdot \sigma_s, \quad (1.6)$$

κ – коефіцієнт, що ураховує притуплення ріжучих кромek. Приймаємо $\kappa = 1,3$;

L_0 – довжина периметра різy:

$$L_0 = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 80 = 251,2 \text{ мм};$$

S – товщина листа. $S = 2$ мм.

Тоді:

$$P_{\text{с}} = 1,3 \cdot 251,2 \cdot 2 \cdot 320 = 208998 \text{ Н};$$

P_n – зусилля пробивання чотирьох отворів діаметром 4,5 мм та одного отвору діаметром 30 мм:

$$P_n = \kappa \cdot (L_1 + L_2) \cdot S \cdot \sigma_3, \quad (1.7)$$

L_1 – периметр чотирьох отворів діаметром 4,5 мм:

$$L_1 = 4 \cdot \pi \cdot d = 4 \cdot 3,14 \cdot 4,5 = 56,5 \text{ мм};$$

L_2 – периметр отвору діаметром 30 мм:

$$L_2 = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 30 = 94,2 \text{ мм}.$$

Тоді:

$$P_n = 1,3 \cdot (56,5 + 94,2) \cdot 2 \cdot 320 = 125382 \text{ Н};$$

$P_{\text{прош}}$ – зусилля проштовхування відходів від пробивання крізь пояски матриць, що визначається за формулою [6, с.21]:

$$P_{\text{прош}} = K_{\text{пр}} \cdot P_n \cdot n, \quad (1.8)$$

де $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що встановлює співвідношення між $P_{\text{прош}}$ та P_n .

$$K_{\text{прош}} = 0,1 \text{ [6, с. 21]}$$

n – кількість відходів у пояску матриці:

$$n = \frac{h}{S} = \frac{8}{2} = 4 \text{ шт.}$$

Тоді зусилля пропшовхування:

$$P_{прош} = 0,1 \cdot 125382 \cdot 4 = 50152,8 \text{ Н.}$$

Тоді зусилля штампування:

$$P = 208998,4 + 125582 + 50158,8 + 3845339 \text{ Н} = 385 \text{ кН.}$$

Вибираємо однокривошипний двостояковий прес, який не нахиляється із нерухомим столом моделі КД2326Д [11, 12, 13].

Технічна характеристика

Номінальне зусилля, кН	400
Хід повзуна, мм:	
- мінімальний	10
- максимальний	90
Число ходів повзуна у хвилину	71
Найбільша відстань між столом та повзуном у крайньому нижньому положенні, мм	340
Товщина нижньої плити, мм	80
Довжина плити стола, мм	710
Ширина плити стола, мм	580
Діаметр отвору під хвостовик, мм	50

1.5 Технічне нормування

1.5.1 Відрізування штаб від листа

Результати технічного нормування операції відрізування штаб від листа на листових ножицях моделі НД3414Г зведено до таблиці 1.4.

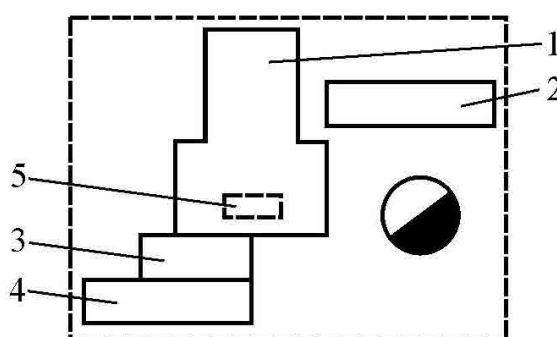
Таблиця 1.4 – Карта технічного нормування

Операція: відрізування штаб від листа на листових ножицях Деталь: «Диск ковзання»				
План-схема організації робочого місця				
1 – листові ножиці; 2 – стіл з кульовими опорами; 3 – стіл з листовим прокатом; 4 – візок з ручним приводом; 5 – тара для відходів.				
Вихідні дані				
Розміри листа – 6000 × 900 × 2 мм. Площа листа – 5,4 м ² . Кількість штаб із листа – 68. Число ходів нижниць у хвилину – 65.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб вмикання – педаллю. Розміри штаби – 87 × 900.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний <i>T_o</i>	Допоміжний <i>T_d</i>	
			Перекритий	Неперекритий
Узяти лист із стопи, покласти на стіл ножиць, встановити за заднім упором, відкласти заготовку	[14, с. 93]	-	-	$\frac{14 \cdot 6}{100 \cdot 68} = 0,0124$
Увімкнути ножиці	[14, с. 21]	-	-	0,015
Відрізати штабу	[14, с. 23]	0,017	-	-
Просунути лист до упора	[14, с. 94]	-	-	$\frac{0,7 \cdot 67}{100 \cdot 68} = 0,0069$
Разом:		0,017	-	0,0343
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,017 + 0,0343) \cdot 1,12 = 0,0575$ хв.; $K = 1,12$ [14] Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з.}}{n} = 0,0575 + \frac{15}{1000} = 0,0725$ хв.; n – кількість деталей у партії, шт. Норма виробітку $H_{\epsilon} = \frac{T_{ш}}{T_{ш-к}} = \frac{480}{0,0725} = 6620$ шт./зм.				

1.5.2 Вирубування та пробивання в штампі суміщеної дії

Результати технічного нормування операції вирубування та пробивання деталі «Диск ковзання» в штампі суміщеної дії на однокривошипному пресі моделі КД2326Д зведено до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Карта технічного нормування

Операція: вирубування, пробивання в штампі суміщеної дії Деталь: «Диск ковзання»				
План-схема організації робочого місця				
1 – прес кривошипний; 2 – стіл із штабами; 3 – бункер для деталей; 4 – бункер для відходів; 5 – тара для дрібних відходів.				
Вихідні дані				
Розміри штаби – 87 × 900 × 2 мм. Крок штампування – 81,7 мм. Кількість деталей із штаби – 11. Число ходів преса у хвилину – 71.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Тип штампа – штамп суміщеної дії. Зусилля преса – 400 кН. Спосіб видалення деталей – гачком.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний T_o	Допоміжний T_d	
			Перекритий	Неперекритий
Узяти штабу, піднести та встановити у штамп	[14, с. 79]	-	-	$\frac{0,07}{11} = 0,0064$
Увімкнути прес	[14, с. 21]	-	-	0,015
Штампувати деталь	[14, с. 23]	0,014	-	-
Вилучити деталь із штампа гачком у бункер	-	-	-	0,033
Просунути штабу на крок	[14, с. 80]	-	-	0,015
Відкинути відхід від штаби у бункер	[14, с. 80]	-	-	$\frac{0,021}{11} = 0,00192$
Разом:		0,014	-	0,0713
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,014 + 0,0713) \cdot 1,12 = 0,0955 \text{ хв.}; K = 1,12 \text{ [14]}$ Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з.}}{n} = 0,0955 + \frac{15}{3000} = 0,1005 \text{ хв.};$ n – кількість деталей у партії, шт. Норма виробітку $H_v = \frac{T_{ш}}{T_{ш-к}} = \frac{480}{0,1005} = 4776 \text{ шт./зм.}$				

1.6 Розробка карти технологічного процесу

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

Таблиця 1.6 – Карта технологічного процесу

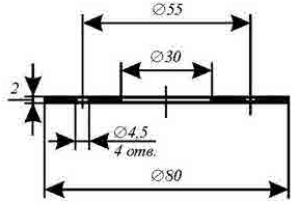
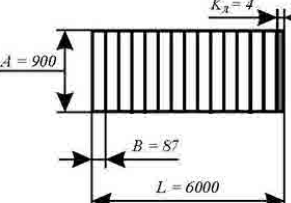
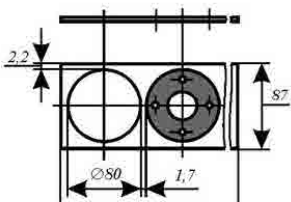
Ескіз деталі 	Міністерство освіти і науки України Центральнотериторіальний національний технічний університет Кафедра "ММ і Р"	КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ							Карта №			
		Деталь		Диск ковзання					1			
		Кресленник		Кількість штук на виріб	8	Партія, штук	3000	Кількість карт 1				
		Див. пояснов. з-ку										
		Марка матеріалу		Сталь 20		Ширину штаби			87		Укладач	
Довжина листа		6000		Товщина стрічки		-		Студент		Група	Підпис	Дата
Ширину листа		900		Маса деталі		0,675		Гудименко		ПМ-22-2		08.05.26
Товщина листа		2		Н-ма вит. мат на 1 дет.		0,113						
Кільк. штаб із листа		68		Кільк. дет із рулона		-						
Кільк. дет. із штаби		11										
Кільк. дет. із листа		748						Керівник		Підпис		Дата
Коефіцієнт використ. матеріалу, %		58,93						Сіса О. Ф.				

Схема розкрою, операційний ескіз		№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціаль. розряд
		10	Різання листа на штаби	Листові ножиці НДЗ414Г	Лінійка	Ножі	0,0725	Різальник III розряду
		20	Вирубування та пробивання	Прес КД2326Д	Штангенциркуль, шаблон	Штамп суміщений дії	0,1005	Пресувальник III розряду

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА

2.1 Призначення штампа

Штамп суміщеної дії (кресленик КРБ.ПМ.26.22.12.01.00) призна-чено для одночасного виконання операцій вирубування, пробивання центрального отвору діаметром 30 мм та чотирьох отворів діаметром 4,5 мм в деталі «Диск ковзання».

2.2 Склад штампа

Штамп [8, 9, 10] складається із наступних основних деталей та вузлів (див. кресленик КРБ.ПМ.26.22.12.01.00):

- нормалізованого блоку з діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 1, 16, 29, 30, 31, 32);
- вирубної матриці (поз. 2);
- пуансон-матриці (поз. 9), яка виконує функції вирубного пуансона та пробивної матриці;
- пуансонів для пробивання (поз. 5, 6);
- механізму виштовхування деталі із верхньої частини штампа, який включає в себе виштовхувач (поз. 3), систему штовхачів (поз 7), траверсу (поз. 15) та штовхач (поз. 8);
- механізму знімання відходу з вирубної матриці, який включає в себе знімач (поз. 10), буфер (поз. 11) та ступінчасті гвинти (поз. 14);
- тримача (поз. 4);
- упорів (поз. 12, 13).

2.3 Принцип роботи штампа

Штаба подається в штамп у щілину між дзеркалом вирубної матриці 2 та знімачем 10 до переднього упора 12. Поперечне переміщення штаби обмежено упорами 12, 13. Після натиснення на педаль відбувається переміщення верхньої частини штампа вниз, в наслідок чого заготовка деталі вирубуеться за контуром та пробивається пуансонами 5, 6. Відхід від пробивання вилучається зі штампа крізь провальні отвори в пуансон-матриці 9 та нижній плиті 16. При ході повзуна вгору здійснюється знімання відходу з нижньої частини штампа на дзеркало штампа. При подальшому переміщенні вгору та досягання крайнього верхнього положення спрацьовує верхній жорсткий виштовхувач преса, який передає поступальний вертикальний рух крізь штовхач 8, траверсу 15 та систему штовхачів 7 виштовхувачу 3, що, власне, виштовхує відштамповану деталь з матриці 2 на дзеркало штампа. Деталь вилучається із штампа гачком.

2.4 Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

2.4.1 Діаметр вирубної матриці D_m розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$D_m = (D_n - P_i)^{+\delta_m}, \quad (2.1)$$

де D_n – номінальний діаметр матриці. $D_n = 80$ мм;

P_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 80$ H12, $P_i = 0,25$ мм;

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,060$ мм.

Тоді:

$$D_m = (80 - 0,25)^{+0,060} = 79,75^{+0,060} \text{ мм.}$$

2.4.2 Діаметр вирубного пуансона D_n розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$D_n = (D_m - Z)_{-\delta_n}, \quad (2.2)$$

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $Z = 0,12$ мм [7, 8];

δ_n – граничне відхилення виконавчого розміру пуансона. $\delta_n = -0,060$ мм.

Тоді:

$$D_n = (79,75 - 0,12)_{-0,060} = 79,63_{-0,060} \text{ мм.}$$

2.4.3 Діаметр пуансона d_n для пробивання отвору $\varnothing 30$ мм розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$d_n = (d_n + \Pi_i)_{-\delta_n}, \quad (2.3)$$

де d_n – номінальний діаметр пуансона. $d_n = 30$ мм;

Π_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 30$ H12, $\Pi_i = 0,20$ мм;

δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. $\delta_n = -0,045$ мм.

Тоді:

$$d_n = (30 + 0,20)_{-0,045} = 30,2_{-0,045} \text{ мм.}$$

2.4.4 Діаметр матриці d_m для пробивання отвору $\varnothing 30$ мм розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$d_m = (d_n + Z)^{+\delta_m}, \quad (2.4)$$

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $Z = 0,12$ мм [7, 8];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,045$ мм.

Тоді:

$$d_m = (30,2 + 0,12)^{+0,045} = 30,32^{+0,045} \text{ мм.}$$

2.4.5 Діаметр пуансона d_n для пробивання отвору $\varnothing 4,5$ мм розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$d_n = (d_n + \Pi_i)_{-\delta_n}, \quad (2.5)$$

де d_n – номінальний діаметр пуансона. $d_n = 4,5$ мм;

Π_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 4,5$ H12, $\Pi_i = 0,10$ мм;

δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. $\delta_n = -0,022$ мм.

Тоді:

$$d_n = (4,5 + 0,10)_{-0,022} = 4,6_{-0,022} \text{ мм.}$$

2.4.6 Діаметр матриці d_m для пробивання отвору $\varnothing 4,5$ мм розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$d_m = (d_n + Z)^{+\delta_m}, \quad (2.6)$$

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $Z = 0,12$ мм [7, 8];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,030$ мм.

Тоді:

$$d_m = (4,6 + 0,12)^{+0,030} = 4,72^{+0,030} \text{ мм.}$$

2.5 Розрахунок пробивного пуансона Ø4,5 мм на міцність

Розрахунок пуансона на міцність здійснюємо за методикою роботи [7, с.71-73], виходячи із умови:

$$P_{\text{доп}} \geq P_z, \quad (2.7)$$

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

$$P_{\text{доп}} = \varphi \cdot F_k [\sigma_{cm}] \quad (2.8)$$

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

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

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

h – довжина робочої частини пуансона. $h = 7$ мм;

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

$$i_{\min} = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 4,5 = 1,125 \text{ мм}^2.$$

$$\text{При } \frac{\mu \cdot h}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 7}{1,125} = 4,36, \quad \varphi = 0,8 [4, \text{ с. 71}];$$

F_k – площа контакту робочого торця пуансона із матеріалом, що штампується, мм^2 . За даними роботи [7, с. 71] при співвідношенні $S/d \geq 1$ площа контакту для круглого пуансона визначається за формулою:

$$F_k = \frac{\pi \cdot S \cdot (2d - S)}{4} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 4,5 - 2)}{4} = 11 \text{ мм}^2;$$

$[\sigma_{cm}]$ – допустиме напруження на стиснення матеріалу пуансона. Для сталі У10А $[\sigma_{cm}] = 1600 \text{ МПа}$ [7, с. 73].

Тоді:

$$P_{don} = 0,8 \cdot 11 \cdot 1600 = 14080 \text{ Н};$$

P_z – технологічне зусилля, що діє на пуансон при пробиванні отвору $\varnothing 4,5 \text{ мм}$;

$$P_z = \kappa \cdot \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_z = 1,3 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 2 \cdot 320 = 11756 \text{ Н}.$$

Як бачимо, умова усталеності пуансона (2.1) виконується ($14080 \text{ Н} > 11756 \text{ Н}$).

ВИСНОВКИ

1. Зроблено опис та наведено технічну характеристику деталі «Диск ковзання» як об'єкта холодного листового штампування.
2. Вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант с маршрутною технології, яка, порівняно з базовим варіантом, дозволяє: скоротити одну операцію, скоротити один штамп, вивільнити одну одиницю обладнання, вивільнити одного пресувальника, підвищити продуктивність штампування за рахунок скорочення допоміжного часу, підвищити коефіцієнт використання матеріалу з 54,97 % до 58,93 % за рахунок оптимізації розкрою, зменшити собівартість виготовлення деталі.
3. Виконано розкрій листового прокату.
4. Розраховані технологічні зусилля за операціями штампування деталі «Диск ковзання» та вибрано обладнання.
5. Розроблено план-схеми організації робочих місць за операціями штампування та виконано технічне нормування.
8. Спроековано та розраховано штамп суміщеної дії для штампування деталі «Диск ковзання», який дозволяє за один хід преса здійснити вирубування заготовки за контуром, пробивання центрального отвору діаметром 30 мм та пробивання 4 отворів діаметром 4,5 мм. Розроблено загальний кресленик штампа та робочі кресленики на його деталі.

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 суміщеної дії»

А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз	Позначка	Найменування	Кіл	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.22.12.11.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.22.12.11.01	Пуансо калібрувальний	1		
2	КРБ.ПМ.26.22.12.11.02	Плита верхня	1		
3	КРБ.ПМ.26.22.12.11.03	Матриця вирубна	1		
4	КРБ.ПМ.26.22.12.11.04	Виштовхувач	1		
5	КРБ.ПМ.26.22.12.11.05	Тримач	1		
6	КРБ.ПМ.26.22.12.11.06	Пуансон	1		
7	КРБ.ПМ.26.22.12.11.07	Пуансон	4		
8	КРБ.ПМ.26.22.12.11.08	Штовхач	4		
9	КРБ.ПМ.26.22.12.11.09	Штовхач	1		
10	КРБ.ПМ.26.22.12.11.10	Пуансон-матриця	1		
11	КРБ.ПМ.26.22.12.11.11	Знімач	1		
12	КРБ.ПМ.26.22.12.11.12	Буфер	1		
13	КРБ.ПМ.26.22.12.11.13	Упор	2		
14	КРБ.ПМ.26.22.12.11.14	Упор	1		
15	КРБ.ПМ.26.22.12.11.15	Траверса	1		
16	КРБ.ПМ.26.22.12.11.16	Плита нижня	1		
17	КРБ.ПМ.26.22.12.11.17	Хвостовик	1		
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
Відповідальна організація Кафедра ММР		Технічне узгодження Андрій ГРЕЧКА	Разробник документа Владислав Гудименко	Документ затверджено Олег СІСА	Масштаб 1:1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація		Підпис документа Навчальний	
		Назва Штамп суміщеної дії		Ідентифікація КРБ.ПМ.26.22.12.11.00	
				на зміну	Дата видання
				А	2026-18-06
				Мова	Аркуш
				uk	1/2

A.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз	Познака	Найменування	Кіл	Посилання	Матеріал
		Стандартні вироби			
		Гвинти по DIN 84			
25		M12x30-8gx16.56.05	6		
26		M12x75-8gx16.56.05	4		
27		M12x80-8gx16.56.05	4		
28		M12x105-8gx16.56.05	4		
		Штифт по DIN 7			
29		10т6х90	4		
30		Колонка □28х250			
		ДСТУ 13119-05	1		
31		Втулка □28х120			
		ДСТУ 13122-05	1		
32		Колонка □32х250			
		ДСТУ 13119-05	1		
33		Втулка □32х120	1		
		ДСТУ 13122-05			
34		Гвинт 7095-0021			
		ДСТУ 8922-05	2		
Відповідаєльна організація Кафедра МІР		Технічне узгодження Андрій ГРЕЧКА	Разробник документа Владислав Гудименко	Документ затверджено Олег СІСА	Листов 11
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація Назва Штанн суміщеної дії		Статус документа Навчальний Позначення КРБ.ЛМ.26.22.12.11.00	
				№ змін А	Дата видання 2026-18-06
				Мова uk	Аркус 2/2