

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

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедри ММіР  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

## **«Розробка оснащення для виготовлення деталі «Шайба»»**

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу  
групи ПМ-22мб-2  
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,  
робототехніка і 3D-друк»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Сергій ДЯЧЕНКО

Керівник роботи к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Віталій ШМЕЛЬОВ

Рецензент:  
\_\_\_\_\_

Кропивницький 2025

Факультет	Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра	Механіко-технологічний
Рівень вищої освіти	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Галузь знань	перший (бакалаврський)
Спеціальність	13 Механічна інженерія
Освітньо-професійна програма	131 Прикладна механіка
	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D-друк

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ММР  
\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА

Дяченко Сергій Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка оснащення для виготовлення деталі «Шайба»

2. Керівник роботи: к.т.н., доцент, Віталій ШМЕЛЬОВ

3. Строк подання роботи до захисту « \_\_\_\_ » червня 2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:  
Розробити оснащення для виготовлення деталі «Шайба»

Завдання:

- Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування
- Розрахувати розкрій металопрокату
- Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання
- Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Шайба»

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	ВСТУП	Травень 2025	
2	Основні розділи	Травень 2025	
3	ВИСНОВКИ	Червень 2025	
4	ДОДАТКИ	Червень 2025	
5	Графічна частина та оформлення	Червень 2025	

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

Віталій ШМЕЛЬОВ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Здобувач

Сергій ДЯЧЕНКО

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## АНОТАЦІЯ

Дяченко С.Л. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Шайба» : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. М. Шмельов ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 30 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою даної роботи є розробка оснащення для виготовлення деталі «Шайба».

В роботі виконано розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування; розрахунок розкрою металопрокату; розрахунок технологічних зусиль за операціями; розроблено конструкції оснащення для виготовлення деталі «Шайба».

Практичне значення: Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шайба». Запропоновано штампувати деталь за дві технологічні операції. Це дозволило, порівняно з базовим варіантом, скоротити одну операцію, скоротити один штамп, вивільнити одну одиницю обладнання, вивільнити одного пресувальника, підвищити продуктивність штампування, підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 60,9 %, зменшити собівартість виготовлення деталі.

Спроековано штамп послідовної дії, що реалізує операції вирубання заготовки за контуром та пробивання отворів..

**штамп, пуансон, матриця, пуансон-матриця, шайба, переходи штампування, технологічний процес.**

## ANNOTATION

Serhii DIACHENKO Development of equipment for manufacturing the "Washer" part : qualifying bachelor's thesis: speciality 131 Applied mechanics / scientific director A. R. Aparakin; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 30 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of this work is to develop equipment for the manufacture of the "Washer" part.

The work includes the calculation of the geometric parameters of the workpiece by stamping transitions; calculation of the cutting of rolled metal; calculation of technological efforts by operations; design of equipment for the manufacture of the "Washer" part has been developed. Practical significance: The technological process for manufacturing the "Washer" part has been developed. It is proposed to stamp the part in two technological operations. This allowed, compared to the basic version, to reduce one operation, reduce one stamp, free up one unit of equipment, free up one presser, increase stamping productivity, increase the material utilization factor to 60.9%, and reduce the cost of manufacturing the part. A sequential action stamp has been designed that implements the operations of cutting out the workpiece along the contour and punching holes..

**stamp, punch, matrix, punch-matrix, washer, stamping transitions, technological process.**

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

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи на тему:

**«Розробка оснащення для виготовлення деталі «Планка»»**

**КРБ.ПМ.25.60.22.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу  
групи ПМ-22мб-2  
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг  
технологій, робототехніка і 3D-друк»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Сергій ДЯЧЕНКО

Керівник роботи к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Віталій ШМЕЛЬОВ

Кропивницький 2025

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “Шайба”.....	9
1.1.Опис та технічна характеристика деталі.....	9
1.2. Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології .....	11
1.3. Розкрій листового прокату .....	11
1.4. Розрахунок технологічних зусиль за операціями штамбування та вибір обладнання .....	16
1.5. Технічне нормування .....	19
1.6. Розробка карти технологічного процесу .....	19
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА	23
2.1. Призначення штампа .....	23
2.2. Склад штампа .....	23
2.3. Принцип роботи штампа .....	23
2.4. Розрахунок виконавчих розмірів штампа .....	24
2.5. Розрахунок пробивного пуансона .....	25
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ЛІТКРАТУРИ.....	27
ДОДАТКИ.....	30

## ВСТУП

Холодне листове штампування є одним із найбільш прогресивних технологічних методів виробництва. Воно має ряд переваг перед іншими видами обробки металів як в технічному, так і в економічному відношеннях.

Найбільший ефект від використання штампування 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 щодо холодного штампування.

Штампування деталей шляхом виконання декілька 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 складально-штампувальні операції, що засновані на використанні деформацій гнуття, формування, відсортування тощо.

Холодне листове штампування широко застосовується в машинобудівельній та інших галузях промисловості. Найбільше розповсюдження холодне штампування отримало в 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 в рік. В теперішній час холодне листове штампування широко використовується в дрібносерійному та навіть в одиничному виробництвах.

Розширення галузі використання холодного листового штампування, з одного боку, характеризується значним збільшенням габаритів деталей, що штампуються, до 10 м та більше, а з іншого боку – різким зменшенням розмірів – мініатюризацією деталей.

В даній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шайба», запропоновано штампувати деталь за дві технологічні операції на штампі послідовної дії, що реалізує операції вирубування заготовки за контуром та пробивання отворів. Розроблено робочі креслення на деталі штампа.

Мета роботи: Розробка оснащення для виготовлення деталі «Шайба»

Мета роботи реалізована за рахунок вирішення таких *задач*:

- Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування
- Розрахувати розкрій металопрокату
- Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання
- Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Шайба»

# Розділ 1. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «Шайба»

## 1.1. Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Шайба» (креслення КРБ.ПМ.25.60.22.00.00) застосовується в рамі сівалки за прямим призначенням.

Сівалка ССТ - 12 В (рис.1.1.) призначена для точного посіву каліброваних, звичайних і дражированих насіннь цукрового і кормового буряка, з одночасним внесенням у рядки мінеральних добрив, що засіваються. Відмінні риси і переваги модернізованої моделі перед базовою.

Робить посів з міжряддями 450; 600; 700; 900 мм.

Таблиця 1.1 Технічна характеристика сівалки ССТ-12В

Показник	ССТ-12В
Ширина захвату, м.	5,4
Кількість рядків, шт.	12
Ширина міжряддя, см	45
Робоча швидкість, км/г	7,2
Працевдатність, га/г	3,9
Ємність бункера, куб./дм	192
для насіння	
для добрив	270
Норма висіву:	3-35
для насіння, шт. /п.м	
для добрив, кг/га	50-250
Глибина висіву насіння, мм	20-60
Маса, кг	1480

Збільшені колеса з ґрунтозачепами виключають прослизання і забезпечують більш рівномірний розподіл насіння уздовж рядка. Напівавтоматична зчіпка забезпечує швидке і безпечне з'єднання сівалки з трактором, перешкоджає роз'єднанню агрегату при посіві, транспортний пристрій дозволяє безпечно транспортувати сівалку по дорогах загального призначення.

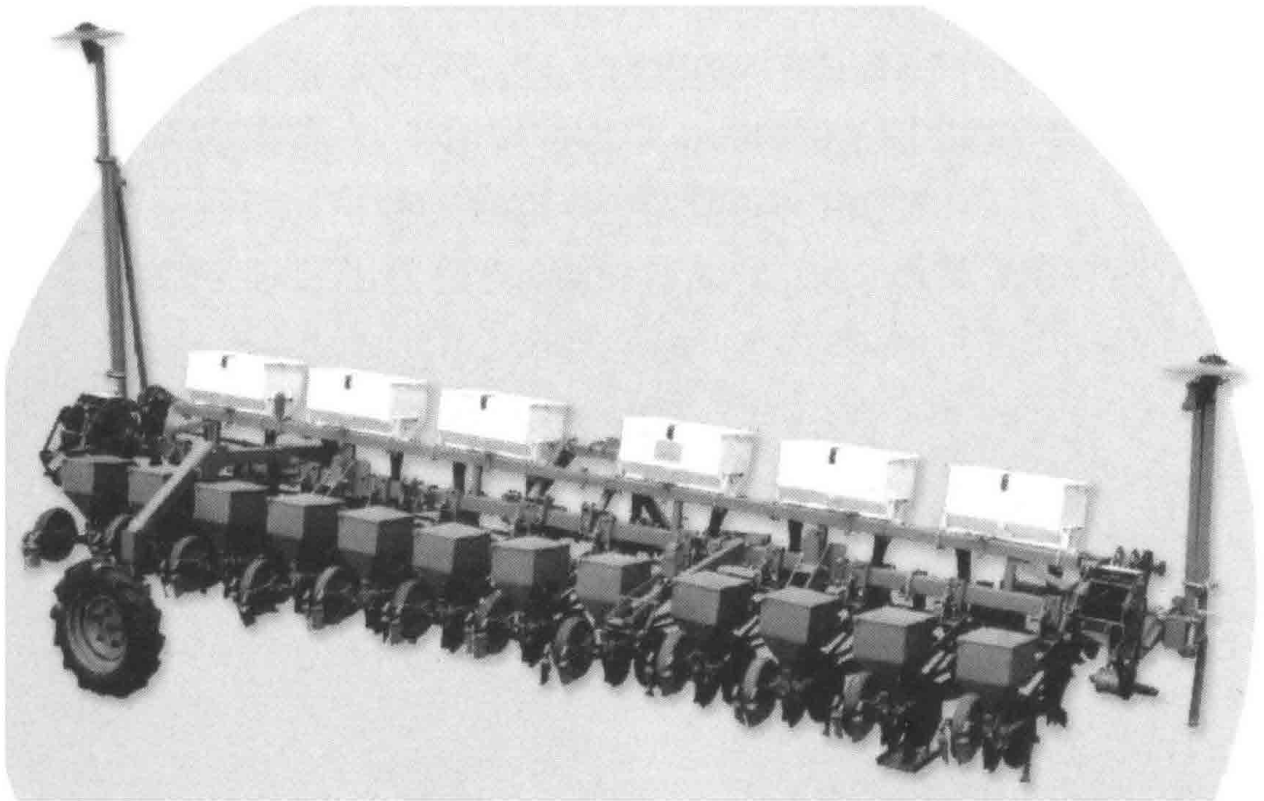


Рисунок. 1.1. Сівалка ССТ-12В

За замовленням споживача сівалки оснащуються електронною системою контролю за технологічним процесом висіву, рівнем посівного матеріалу і туків у бункерах.

Основна операція штампування – розділова. Деталь особливих навантажень не сприймає. Саме тому дану деталь доцільно виготовляти із м'якої листової сталі наступної марки:

Лист  $\frac{Б - ПН - 1,4 \text{ ГОСТ}19904 - 74}{5 - Ш - Г - 08 \text{ кп ГОСТ}4041 - 71}$

Таблиця 1.2 Механічні та фізичні властивості матеріалу [1, с. 478]

Матеріал	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>
Сталь 08 кп	380	250	30	7,85

## 1.2. Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

### I варіант (базовий):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Вирубубання.
3. Пробивання.

### II варіант (проектний):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Вирубубання та пробивання в штампі послідовної дії.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити одну операцію;
- скоротити один штамп;
- вивільнити одну одиницю обладнання;
- вивільнити одного пресувальника;
- зменшити собівартість використання деталі.

## 1.3. Розкрій листового прокату

Деталь “Шайба” виготовляється з наступного листового прокату:

- довжина – 2000 мм;
- ширина – 1000 мм;
- товщина – 2,0 мм.

Розкрій листового прокату – повздовжній (рис. 1.2).

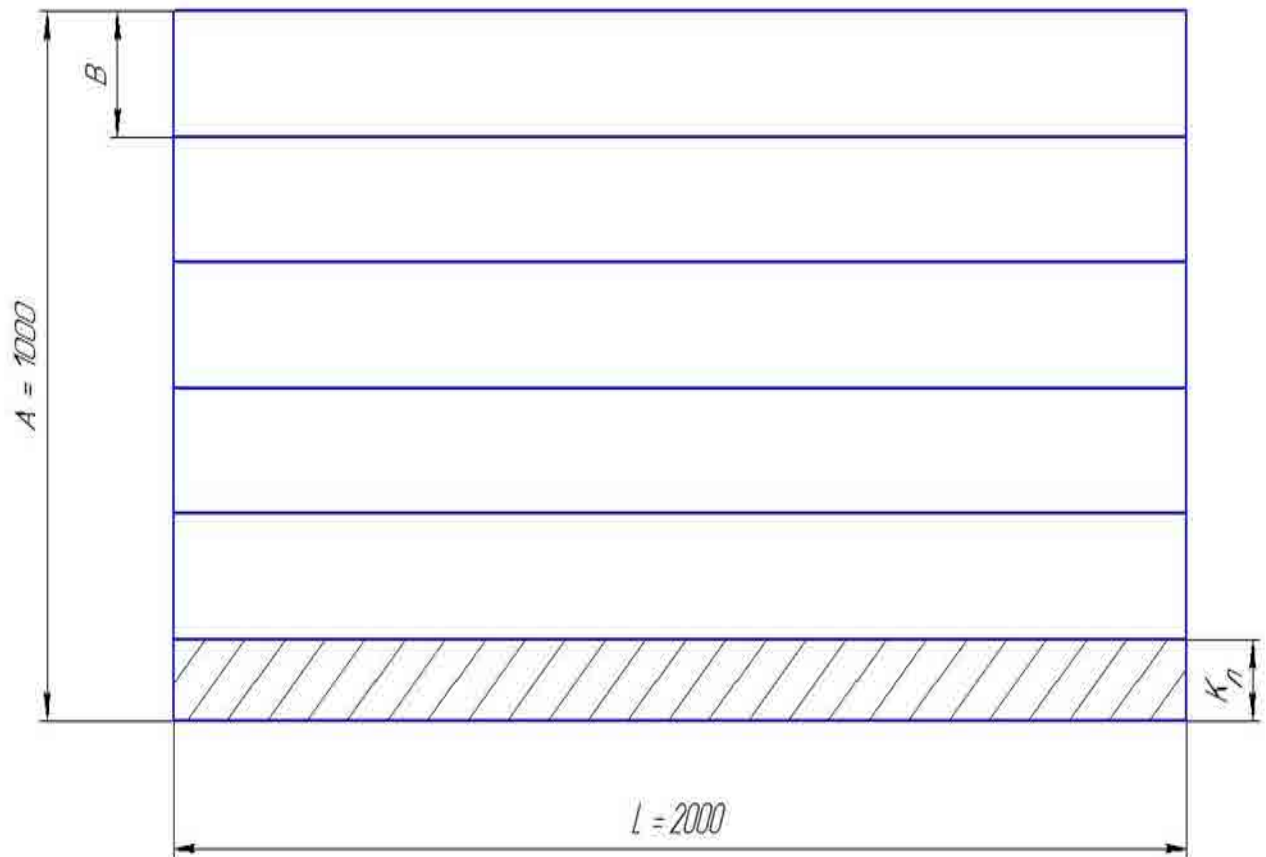


Рисунок.1.2 Схема розкрою листа

### Розрахунок площі деталі

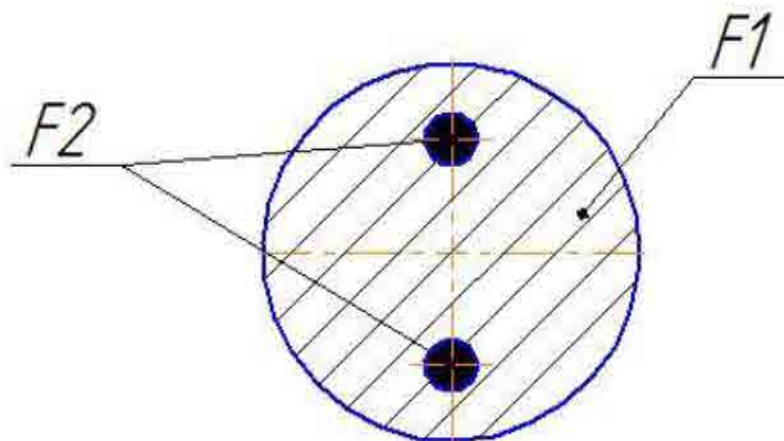


Рисунок.1.3. До розрахунку площі поверхні заготовки

$$F_d = F_1 - 2F_2 = \text{мм}^2, \quad (1.1)$$

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} = 1962,5 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,465 \text{ мм}^2;$$

Розміри див. на креслені деталі.

Тоді:

$$F_d = 1962,5 - 2 \cdot 38,465 = 1885,57$$

Довжину лінії різку (рис.1.4)  $L$  (мм) визначаємо за формулою:

$$L = L_1 + 2L_2, \quad (1.2)$$

де  $L_1 = \pi D = 3,14 \cdot 50 = 157$  мм;  $L_2 = \pi d = 3,14 \cdot 7 = 21,98$  мм;

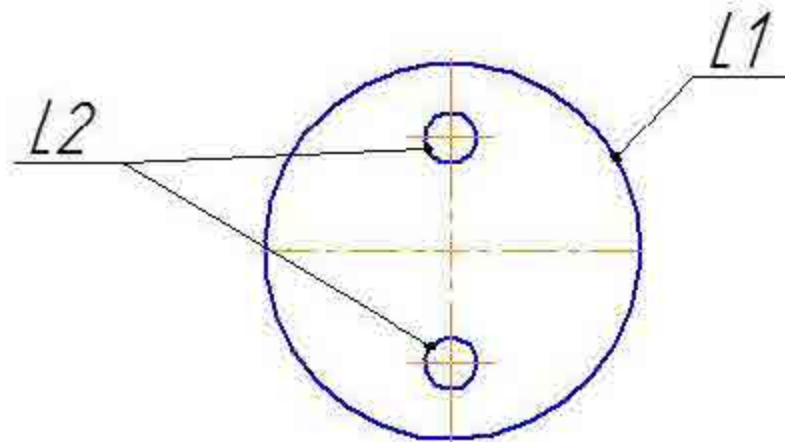


Рисунок.1.4 Схема визначення периметра розділення матеріалу

Тоді:

$$L = 157 + 2 \cdot 21,98 = 200,96 \text{ мм.}$$

Кількість деталей із листа, шт.:

$$g = n \cdot m, \quad (1.3)$$

де  $n$  – кількість деталей із штаби, шт. (рис.1.5):

$$n = \frac{L}{t}, \quad (1.4)$$

Крок штампування

$$t = c + a, \quad (1.5)$$

де  $a$  – величина перемички.  $a = 1,5$  мм [2, с. 291].

Тоді:

$$t = 50 + 1,5 = 51,5 \text{ мм;}$$

$$n = \frac{2000}{51,5} = 38 \text{ шт.};$$

Кількість штаб із листа, шт.:

$$m = \frac{A}{B}, \quad (1.6)$$

де  $B$  – ширина штаби, мм:

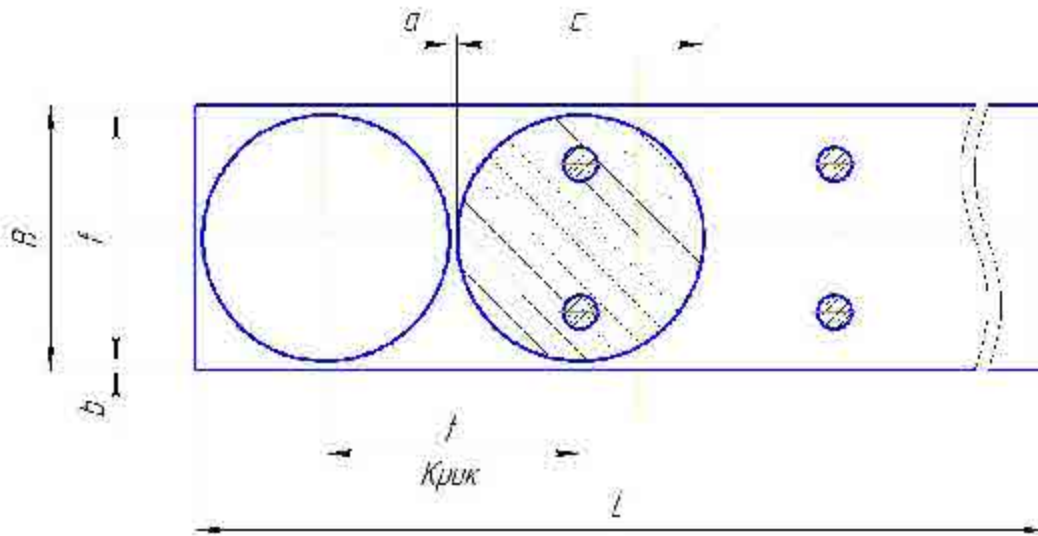


Рис.1.5 Схема розкрою штаби

$$B = B_p + 2\Delta_{\text{ш}} + z, \quad (1.7)$$

де  $B_p$  – розрахункова ширина штаби, мм:

$$B_p = f + 2b \quad (1.8)$$

де  $b$  – величина перемички.  $b = 1,9$  мм [2, с. 291];

$z$  – гарантований зазор між перемичками штампа та максимально можливою шириною штаби, мм.  $z = 0,5$  мм [2, с. 292];

$\Delta_{\text{ш}}$  – однобічний допуск по ширині штаби, мм.  $\Delta_{\text{ш}} = 0,7$  мм [2, с. 292];

Тоді:

$$B_p = 50 + 2 \cdot 1,9 = 53,8 \text{ мм};$$

$$B = 53,8 + 2 \cdot 0,5 + 0,7 = 55,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $B = 56$  мм.

Тоді:

$$m = \frac{1000}{56} = 17 \text{ шт.}$$

Тоді:

$$g = 38 \cdot 17 = 646 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$\eta = \frac{F_d \cdot g \cdot 100}{F_l}, \quad (1.9)$$

де  $F_d$  – площа поверхні деталі (рис. 1.2):

$F_l$  – площа поверхні листа:

$$F_l = 1000 \cdot 2000 = 2000000 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$\eta = \frac{1885,57 \cdot 646 \cdot 100}{2000000} = 60,9 \text{ \%}.$$

Маса деталі:

$$m = F_d \cdot s \cdot \rho = 1885,57 \cdot 2,0 \cdot 0,00785 = 29,6 \text{ грам}$$

Визначаємо норму витрат матеріалу на одну деталь за формулою:

$$n = \frac{G_1}{g}; \quad (1.10)$$

де  $G_1$  – маса листа, грам:

$$G_1 = L \cdot A \cdot s \cdot \rho = 1000 \cdot 2000 \cdot 2,0 \cdot 0,00785 = 31400 \text{ г};$$

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

Тоді:

$$n = \frac{31400}{646} = 48,6 \text{ г.}$$

#### **1.4. Розрахунок технологічних зусиль за операціями штамбування та вибір обладнання**

##### **Відрізування штаб від листа**

Зусилля відрізування штаб від листа на листових ножицях визначаємо за формулою [3, с. 10]:

$$P = \frac{0,5S^2\sigma_s}{\text{tg}\varphi}, \quad (1.11)$$

де  $S$  – товщина листа, мм.  $S = 2,0$  мм;

$\varphi$  – кут нахилу верхнього ножа відносно нижнього.  $\varphi = 4^\circ$ .

Тоді:

$$P = \frac{0,5 \cdot 2,0^2 \cdot 250}{\text{tg}4^\circ} = 7151 \text{ Н.}$$

Вибираємо однопозиційний комплекс для різання листів моделі АКНК 3414.03, виходячи з найбільшої товщини та довжини різку [6].

#### **Технічна характеристика**

Товщина матеріалу, що розрізується, мм

Найбільша .....2,5

Найменша.....0,25

Розмір листа, мм:

Найбільший.....1250x2500

Найменший.....	512x712
Число ходів ножа в хвилину .....	68
Вантажопідйомність підйомного столу, т .....	5
Сумарна потужність привода, кВт .....	7,07
Габаритні розміри (b x l x h) над рівнем підлоги, мм .....	2155x8600x1375
Маса, кг.....	4000

### Вирубання та пробивання в штампі послідовної дії

Зусилля штампування визначаємо за формулою:

$$P = P_s + P_{np}, \quad (1.12)$$

де  $P_s$  – зусилля вирубання заготовки за контуром, яке визначається за формулою:

$$P_s = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s, \quad (1.13)$$

де  $\kappa$  – коефіцієнт, що враховує притушення ріжучих кромки. Приймаємо  $\kappa = 1,25$ ;

Тоді:

$$P_s = 1,25 \cdot 157 \cdot 2,0 \cdot 250 = 98125 \text{ Н};$$

Для циліндричної робочої частини матриці  $P_{прош}$  визначається за формулою:

$$P_{прош} = K_{прош} \cdot P_s = 0,08 \cdot 98125 = 7850 = 7,850 \text{ кН}$$

де  $K_{прош}$  – коефіцієнт при вирубванні та пробивванні  $K_{пр} = 0,08$ .

Зусилля пробивання заготовки за контуром, яке визначається за формулою:

$$P_{np} = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s, \quad (1.14)$$

де  $\kappa$  – коефіцієнт, що враховує притушення ріжучих кромки. Приймаємо  $\kappa = 1,25$ ;

Тоді:

$$P_{np} = 1,25 \cdot 21,98 \cdot 2,0 \cdot 250 = 13737,5 \text{ Н};$$

Для циліндричної робочої частини матриці  $P_{np}$  визначається за формулою:

$$P_{прош} = K_{прош} \cdot P_{np} = 0,08 \cdot 13737,5 = 1099 = 1,099 \text{ кН}$$

де  $K_{np}$  – коефіцієнт при вирубуванні та пробиванні  $K_{прош} = 0,08$ .

Тоді зусилля штампування:

$$P_{\partial} = 98125 + 7850 + 13737,5 + 1099 = 120811,5 \text{ Н} = 120,8115 \text{ кН}.$$

Вибираємо однокривошипний двостояковий прес, що не нахляється, з нерухомим столом моделі КД2326 [6, с. 32-35].

#### Технічна характеристика

Номінальне зусилля, кН .....	400
Хід повзуна, мм	
мінімальний .....	10
максимальний .....	80
Число ходів повзуна в хвилину .....	100
Найбільша відстань між столом та повзуном в крайньому нижньому положенні, мм .....	280
Товщина нижньої плити, мм .....	65
Довжина плити стола, мм .....	300
Ширина плити стола, мм .....	200
Діаметр отвору під хвостовик, мм .....	50
Габарити преса, мм:	
ширина, мм .....	1270
довжина, мм .....	1580

висота,мм .....	2490
Потужність електродвигуна, кВт .....	2,7

### **1.5. Технічне нормування**

#### **Відрізування штаб від листа**

Результати технічного нормування операції відрізування штаб від листа на листових ножицях зведено до таблиці 1.3.

#### **Вирубубання та пробивання в штампі послідовної дії**

Результати технічного нормування операції вирубубання, витягування та пробивання в штампі послідовної на однокривошипному пресі моделі КД2326 наведено до таблиці 1.4.

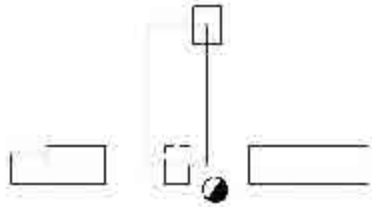
### **1.6. Розробка карти технологічного процесу**

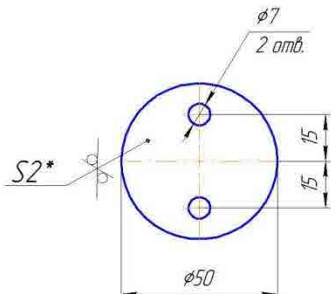

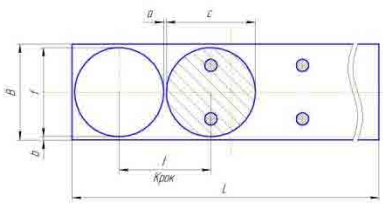
На рис. 1.6 представлено карту технологічного процесу виготовлення деталі «Шайба».

Таблиця 1.3 Карта технічного нормування

Операція: відрізування штаб від листа Деталь: КРБ.ПМ.25.60.22.00.00 "Шайба"				
<b>План-схема організації робочого місця</b>				
		1 – листові ножиці; 2 – авторольг анг; 3 – стіл з механізмом підймання; 4 – авторольг анг; 5 – тара для штаб; 6 – тара для відходів; 7 – пульт керування; 8 – автоматизований перекладач з вакуумними захватами.		
<b>Вихідні дані</b>				
Розмір листа – 2000x1000x2,0 мм. Площа листа – 2 м <sup>2</sup> . Кількість штаб із листа – 17 шт. Число ходів ножиць в хвилину – 68.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб вмикання – кнопкою чи автоматично.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний $T_o$	Допоміжний $T_d$	
			Перекрит.	Не перекрит.
Узяти лист із стопи автоматизованим перекладачем із використанням вакуумних захватів, встановити за заднім упором, протиснути останню штабу за ножиці	-	-	-	0,1:17=0,006
Увімкнути ножиці	[8, с.21]	-	-	0,018
Відрізати штабу	[8, с.23]	$\frac{0,014 \cdot 17}{16} = 0,014875$	-	-
Просунути лист до упора	[8, с.94]	-	-	$\frac{2,4 \cdot 16}{100 \cdot 17} = 0,023$
<b>Разом:</b>		0,014875	-	0,047
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,014875 + 0,047) \cdot 1,12 = 0,0619$ хв; $K = 1,12$ [5]				
Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{п} = 0,0619 + \frac{15}{400} = 0,0994$ хв; п – кількість деталей в партії, шт.				
Норма виробітку $H_e = \frac{T_{зм}}{T_{шк}} = \frac{480}{0,0994} = 4828,97$ шт./зм				

Таблиця 1.4 Карта технічного нормування

Операція: вирубування та пробивання Деталь: КРБ.ПМ.25.60.22.00.00 "Шайба"				
<b>План-схема організації робочого місця</b>				
		1 – прес кривошипний; 2 – стіл із штабами; 3 – бункер для деталей; 4 – бункер для відходів; 5 – тара для дрібних відходів.		
<b>Вихідні дані</b>				
Розмір штаби – 34x2000x2,0 мм Крок штампування – 51,5 мм Кількість деталей із штаби – 38 шт. Тип штампа – штамп послідовної дії.		Зусилля пресу – 400 кН. Кількість ходів у хвилину – 100. Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб видалення деталі – на провал.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний $T_o$	Допоміжний $T_d$	
			Перекрит.	Не перекрит.
Узяти штабу, піднести та встановити в штамп		-	-	$0,008 \cdot 38 = 0,00021$
Увімкнути прес		-	-	0,015
Штампувати деталь		0,01	-	-
Просунути штабу на крок				$\frac{0,008 \cdot 37}{38} = 0,008$
Відкинути відхід штаби в бункер				$\frac{0,012}{38} = 0,0003$
<b>Разом:</b>		0,01		0,02351
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,01 + 0,02351) \cdot 1,12 = 0,03753$ хв.; $K = 1,12$ [5]				
Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{н.з.}}{п} = 0,03753 + \frac{15}{2000} = 0,04503$ хв.; п – кількість деталей в партії, шт.				
Норма виробітку $H_s = \frac{T_{зм}}{T_{шк}} = \frac{480}{0,04503} = 10659,56$ шт./зм				

<p>Ескіз деталі</p> 	Міністерство освіти і науки України	КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ						Карта №	
	Центральноукраїнський національний технічний університет	Деталь	Шайба						1
	Кафедра "ММР"	Креслення	Кількість штук на виріб	2	Партія, шт.	2000	Кількість карт	1	
		КРБ.ПМ.25.60.22.00.00							
	Марка матеріалу	Сталь 08 кп	Ширина штаби	53,8		Укладач			
	Довжина листа	2000	Товщина стрічки	2,0					
	Ширина листа	1000	Маса деталі	29,6	Студент	Група	Підпис	Дата	
	Товщина листа	2,0	Норма витр. мат. на 1 дет.	48,6	Дяченко	ПМ-22мб-2			
	Кількість штаб із листа	17	Кількість дет. із рулону	Затверджено					
	Кількість дет. із штаби	38							
Кількість дет. із листа	646		Керівник		Підпис	Дата			
Коефіцієнт використання матеріалу, %	60,9		Шмельов В.М.						
Схема розкрою, операційні ескізи	№ операції	Найменування операції та переходів	Обладнання	Пристосування, шаблони	Інструмент	Норма часу, хв.	Спеціальність, розряд		
	10	Різання листа на штаби	Комплексе АКНК 3114.03	Лінійка	Ножі	0,0619	Різальник III розряду		
	20	Вирубвання та пробивання	Прес КД2326	Штангенциркуль, шаблон	Штамп послідовної дії КП.ХП.14.09.100.0 0.005к	0,03753	Штампувальник III розряду		

## **2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА**

### **2.1. Призначення штампа**

Штамп послідовної дії (креслення КРБ.ПМ.25.60.22.10.00) призначено для виконання операцій пробивання (2 отвори) та вирубування деталі «Шайба».

### **2.2. Склад штампа**

Штамп складається із наступних деталей та вузлів (див. креслення КРБ.ПМ.25.60.22.10.00):

- нормалізованого блоку з діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 3, 4, 20, 21, 22, 23);
- матриці для пробивання та вирубування (поз. 1);
- пробивних пуансонів (поз. 8);
- вирубного пуансона (поз. 7);
- пуансонотримача (поз. 9);
- плиток підкладних (поз. 5,6);
- знімача (поз. 10);
- напрямних планок (поз. 2);
- торцевого упору (поз. 24);
- тимчасового упору (поз. 26);
- хвостовика (поз. 25).

### **2.3. Принцип роботи штампа**

Штаба подається в штамп в щілину між дзеркалом матриці для пробивання і вирубування 1, та знімачем 10 до тимчасового упору 26. Поперечне переміщення штаби обмежено напрямними планками 2. Після

натиснення на педаль відбувається переміщення верхньої частини штампа вниз, в результаті чого в заготовці пробивається два отвори, при ході повзуна преса вгору заготовка знімається із прибивних пуансонів знімачем 10, відходи провалюються через провальні отвори у матриці в тару для відходів. Заготовка подається до торцевого упору 24 і після натискання на педаль при переміщенні верхньої частини вниз відбувається пробивання наступних отворів та вирубування деталей з попередньо сформованими отворами, деталь вилучається через провальні отвори в матриці та нижньої плити в тару для деталей. Переміщенні верхньої частини штампа до повзуна преса здійснюється хвостовиком 25, кріплення нижньої плити 4 штампа до під штампової плити здійснюється при хватами.

#### 2.4. Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

**Розмір вирубної матриці  $D_m$**  розраховуємо за формулою [1, с. 62]:

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

де  $D_n$  – номінальний діаметр матриці.  $D_n = 50$  мм;

$\Pi_i$  – припуск на знос інструмента. Для  $\varnothing 50$ ,  $\Pi_i = 0,25$  мм;

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

Тоді

$$D_m = (50 - 0,25)^{+0,045} = 44,75^{+0,045} \text{ мм.}$$

**Розмір вирубного пуансона  $D_n$**  розраховуємо за формулою [1, с. 62]:

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

де  $Z$  – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном.  $Z = 0,160$  мм [1, с. 67];

$\delta_n$  – граничне відхилення виконавчого розміру пуансона.  $\delta_n = 0,045$  мм.

Тоді

$$D_n = (44,75 - 0,160)_{-0,045} = 44,59_{-0,045} \text{ мм.}$$

**Розмір пуансона**  $d_n$  для пробивання отвору  $\varnothing 7$  мм розраховуємо за формулою [1, с. 62]:

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

де  $d_n$  – номінальний розмір пуансона.  $d_n = 7$  мм;

$\Pi_i$  – припуск на знос інструмента. Для розміра  $\varnothing 7$ ,  $\Pi_i = 0,13$  мм;

$\delta_n$  – граничне відхилення розміра пуансона, мм.  $\delta_n = 0,035$  мм.

Тоді

$$d_n = (7 + 0,13)_{-0,035} = 7,35_{-0,035} \text{ мм.}$$

**Розмір матриці**  $d_m$  для пробивання отвору  $\varnothing 7$  мм розраховуємо за формулою [1, с. 67]:

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

де  $Z$  – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном.

$Z = 0,160$  мм [1, с. 67];

$\delta_m$  – граничне відхилення виконавчого розміру матриці.  $\delta_m = 0,035$  мм.

Тоді

$$d_m = (7,35 + 0,160)^{+0,035} = 7,51^{+0,035} \text{ мм.}$$

## 2.5. Розрахунок пробивного пуансона міцність

Здійснюємо за методикою роботи [4, с.71-739], виходячи із умови усталеності пуансона:

$$P_{\text{дон}} \geq P_z, \quad (2.5)$$

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

$$P_{\text{дон}} = \varphi F_k[\sigma_{cm}], \quad (2.6)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт зношення допустимого напруження, який залежить від умовної гнучкості та характеризується співвідношенням:

$$\frac{\mu \psi}{i_{min}} \quad (2.7)$$

Тоді

$$\mu = \frac{0,7 h_{п} \sqrt{F_{роб}}}{\sqrt{i}} = \frac{0,7 \cdot 14 \cdot \sqrt{38,465}}{\sqrt{22,87}} = 12,72$$

де  $F_{роб}$  - площа січення робочої частини пуансона, 38,465 мм<sup>2</sup>;

– довжина робочої частини пуансона,  $h_{п} = 14$  мм;

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

Для круглого пуансона

$$i_{min} = 0,25d = 0,25 \cdot 7 = 1,75 \text{ мм}^2$$

$$\text{при } \frac{\mu \psi}{i_{min}} = \frac{12,72 \cdot 14}{1,75} = 101,72 \text{ Н}, \quad \varphi = 0,6 \text{ [4, с.71]}$$

де  $F_{к}$  – площа контакту робочого торця пуансона із радіусом, що штампується 38,465 мм<sup>2</sup>. За даними роботи [4, с.71] при співвідношенні  $s/d \leq 1$  площа контакту для круглого пуансона визначається за формулою:

$$F_{к} = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ мм}^2$$

де  $[Q_{ст}]$  – допустиме напруження на стиснення матеріалу пуансона для сталі.

Тоді

$$P_{дон} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1600 = 960 \text{ Н}$$

де  $P_s$  – технологічне зусилля, що діє на пуансон при пробиванні отвора

$$P_s = k L d s \sigma_s = 1,25 \cdot 21,98 \cdot 3,14 \cdot 250 = 21567,9 \text{ Н}$$

Як бачимо, наведена вище умова усталеності пуансона не виконується ( $960 < 21567,9$ ) тому потрібно зменшити виліт робочої частини пуансона.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шайба». Запропоновано штампувати деталь за дві технологічні операції. Це дозволило, порівняно з базовим варіантом, скоротити одну операцію, скоротити один штамп, вивільнити одну одиницю обладнання, вивільнити одного пресувальника, підвищити продуктивність штампування, підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 60,9 %, зменшити собівартість виготовлення деталі.

2. Спроектовано штамп послідовної дії, що реалізує операції вирубання заготовки за контуром та пробивання отворів. Розроблені робочі креслення на деталі штампа.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. Ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с., ил.
2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. Совет: Е. И. Семёнов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 - Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / Под ред. Е. И. Семёнова, 1985. – 568 с., ил.
3. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с., ил.
4. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс-ЛТД», 2005. – 216 с.
5. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. Т. 4. Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. совет: Е. И. Семёнов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с., ил.
6. Живов Л. И., Овчинников А. Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Винтовые и электрофизические машины. – 2-е изд., перераб и доп. – Киев: Высш. школа, 1985.
7. Справочник по оборудованию для листовой штамповки / Л. И. Рудман, А. И. Зайчук, В. Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – К.: Техніка, 1989. – 231 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку. Изд. второе, допол. и перераб. – М.: Машиностроение, 1964. – 123 с.
9. Боков В. М., Мірзак В. Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування: Навчальний посібник. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс-ЛТД», 2010. – 250 с.
10. Боков В.М. Технологія розмірної обробки дугою. Історичний нарис, верстати: навч. посібник. – Кропивницький, ПП «Ексклюзив-Систем»,

2020. – 316 с.

11. Боков В.М. Технологія холодного штампування: підручник. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2021. – 213 с.
12. Боков, В. М. Витягування циліндричних деталей із не суцільного матеріалу / В.М. Боков, О.Ф. Сіса, І.І. Павленко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – Вип. 51. – С. 147-168.
13. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення / В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.
14. Шмельов, В. М. Оптимізація якісних характеристик поверхонь робочих деталей розділових штампів в умовах розмірної обробки електричною дугою / В.М. Шмельов // Загальнодержавний міжвідомчий науковотехнічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – вип. 44, ч. I. – С. 170-176.
15. Шмельов, В. М. Електрична дуга як інструмент для розмірної обробки спряжених пар робочих деталей розділових штампів / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.25. Ч.1. Кіровоград: КНТУ 2012. – С. 140-144.
16. Шмельов, В. М. Особливості фізичного механізму електричної ерозії в умовах розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей розділових штампів / В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.24. Ч.1. Кіровоград: КНТУ 2011. – С. 111-114.

# ДОДАТКИ