

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
« » червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему:

Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Планка»

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 Прикладна механіка
_____ Євгеній БІЛЯВСЬКИЙ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Любов ОЛІЙНІЧЕНКО

Кропивницький 2025

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
31 січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Білявському Євгенію Олеговичу

Тема роботи:

Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Планка».

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир СВЯЦЬКИЙ

Затверджено наказом ЦНТУ від 31 січня 2025 року № 130-02.

Строк подання роботи до захисту:

27 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення виготовлення деталі «Планка».

Завдання: проаналізувати варіанти процесу штампування типових деталей; виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі та розрахувати розміри вихідної заготовки; розрахувати силовий режим за операціями штампування та вибрати обладнання, спроектувати оснащення для листового штампування деталі «Планка». Тип виробництва – серійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.04.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	02.05.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2025 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	22.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	25.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	27.06.2025 р.	

Дата видачі завдання 03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Євгеній БІЛЯВСЬКИЙ

Керівник роботи _____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Білявський Є. О. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Планка» : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. В. Свяцький; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 34 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення та автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Планка».

Актуальність роботи зумовлена потребою у впровадженні ефективного й економічно обґрунтованого методу холоднолистового штампування деталі «Планка», що відповідає сучасним вимогам щодо точності, жорсткості інструментального оснащення та продуктивності процесу.

Практична цінність роботи: проведено комплексний конструкторсько-технологічний аналіз деталі; обґрунтовано та вибрано оптимальний варіант маршрутного технологічного процесу; виконано розрахунок вихідної заготовки та оптимізовано розкрій листового прокату шляхом раціонального розміщення заготовок на штабі; проведено розрахунок технологічних зусиль для кожної операції штампування, на підставі чого здійснено вибір відповідного штампувального обладнання; розроблено конструкцію штампа суміщеної дії для вирубування та пробивання деталі типу «Планка».

Ключові слова: **технологічний процес, листове штампування, штампове оснащення, силовий режим, автоматизований комплекс**

ANNOTATION

Yevhenii BILIAVSKYI. Design of the technological process for manufacturing the "Plank" part. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr SVIATSKYI : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025. 34 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a rational technological process, progressive equipment and an automated stamping complex for the manufacture of the "Plank" part.

The relevance of the work: is due to the need to implement an effective and economically justified method of cold-sheet stamping of the "Plank" part, which meets modern requirements for accuracy, rigidity of tooling and process productivity.

Practical value of the work: a comprehensive design and technological analysis of the part was carried out; the optimal variant of the route technological process was justified and selected; the initial billet was calculated and the cutting of sheet metal was optimized by rational placement of blanks on the staff; the technological efforts were calculated for each stamping operation, on the basis of which the appropriate stamping equipment was selected; a design of a combined-action stamp for cutting out and punching a "Plank" type part was developed..

Keywords: **technological process, sheet metal stamping, stamping equipment, power mode, automated complex**

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Проектування технологічного процесу
виготовлення деталі «Планка»**

КРБ.ПМ.02.02.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 Прикладна механіка
_____ Євгеній БІЛЯВСЬКИЙ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

Кропивницький 2025

Зміст

Вступ 6

1. Розрахунки заготовки й розкрою матеріалу	7
1.1. Аналіз технологічності деталі	7
1.2. Розкрій стрічки	8
1.3. Розробка маршруту обробки	9
2. Розрахунки технологічних операцій	10
3. Аналіз можливого браку	13
4. Вибір устаткування для штампування	14
5. Проектування штампа	19
6. Розрахунки виконавчих розмірів	20
7. Розрахунки на міцність деталей штампа	23
7.1. Матриця	23
7.2. Пуансони	23
7.3. Плита	24
7.4. Хвостовик	25
7.5 Пружини	26
8. Складання і розбирання штампа і опис його роботи	27
Висновки	29
ЛІТЕРАТУРА	31
ДОДАТКИ	32

Вступ

Планка пружини головного циліндра керування зчепленням служить для ізоляції пружини головного циліндра від манжети поршня головного циліндра.

Деталь «Планка пружини головного циліндра керування зчепленням» являє собою ковпачок із двома вусами. Зазначена деталь входить у комплект складальної одиниці «головний циліндр керування зчепленням».

Головний циліндр керування зчепленням установлений на кронштейні педалі зчеплення. У корпусі головного циліндра виконані циліндрична й компенсаційна порожнини, у яких перебуває робоча рідина. Дана деталь перебуває в циліндричній порожнині головного циліндра.

Деталь працює під дією циклічного тиску, внаслідок чого, вона може руйнуватися.

Якщо деталь руйнується або ж взагалі буде відсутня, то пружина впнеться в манжету й гумова манжета прийде в непридатність. Це приведе до витoku робочої рідини й падіння тиску в головному циліндрі, що негативно позначиться на роботі зчеплення в цілому. Із цього випливає, що планка пружини головного циліндра має відповідальне призначення.

Матеріалом для виготовлення служить стрічка 08кп-0,5х34 ГОСТ 503-81.

Стрічка сталева низьковуглецева холодної прокатки, товщина 0,5 мм, ширина 34 мм.

1. Розрахунки заготовки й розкрою матеріалу

1.1. Аналіз технологічності деталі

Для одержання даної деталі заготовку піддають пробивній, формувальній, вирубній і витяжній операціям.

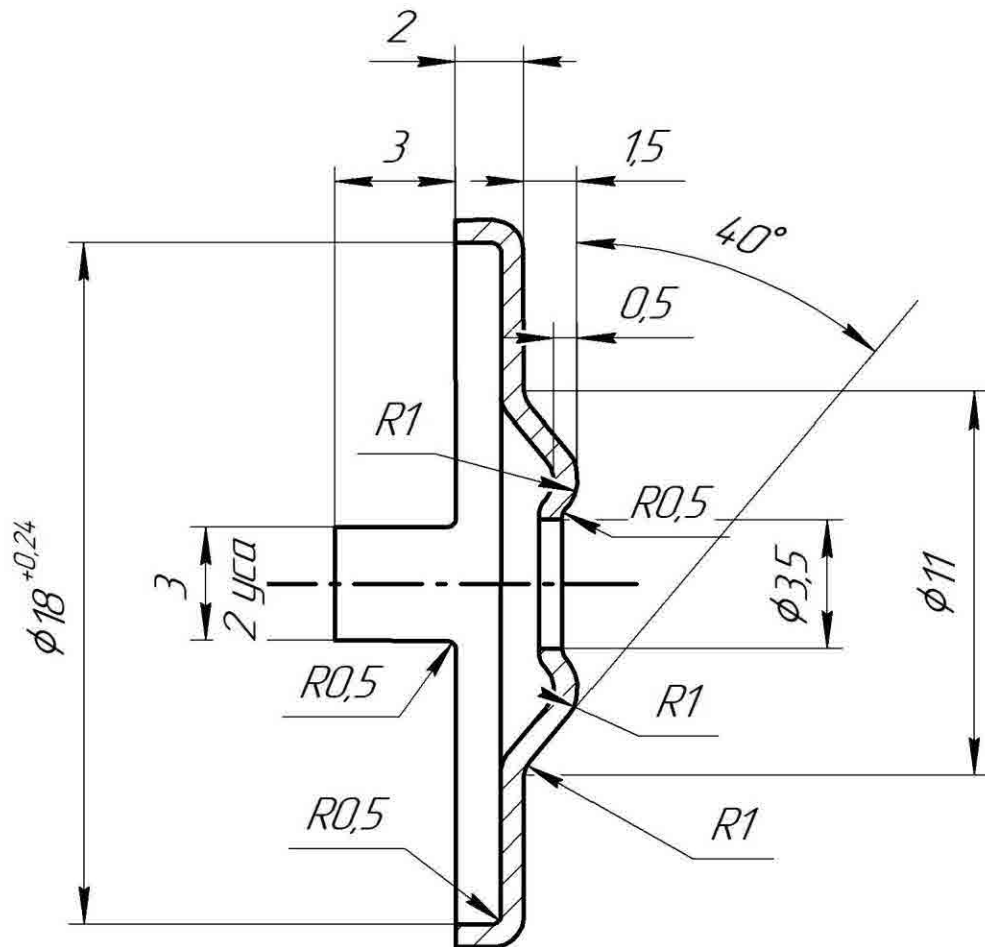


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Планка»

Для формувальної операції величини радіусів закруглень матриці й пуансона визначені на кресленні і не вимагають уточнення.

При пробиванні отвору (діаметром 3,5 мм) найменший діаметр отвору, що пробивається, 1,0xS (4, табл. 162). Технологічна вимога виконується.

Найменша відстань від краю отвору до контуру деталі не менш $1,5 \times S$ [4, стор. 407].

$$1,5 \times 0,5 = 0,75 \text{ мм} < 0,86 \text{ мм (по кресленню)}$$

Сполучення в кутах внутрішнього контуру матриці необхідно виконувати з радіусом закруглення:

$$r \geq 0,5S \text{ (4, стор.406),}$$

$$r = 0,3 \text{ мм (із креслення).}$$

$$0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ мм, умова виконується.}$$

Найменша відстань від краю отвору до прямолінійного зовнішнього контуру при вирубці:

$$a = 1 \text{ мм [4, табл. 166],}$$

$$a = 1,2 \text{ мм (див. розкрій) умова виконується.}$$

При вигяжці деталі необхідно передбачити ті або інші технологічні бази для фіксування заготовки.

Технологічні вимоги, пропоновані до конструкції деталі, виконується. Коректування креслення не потрібно. Кількість проєкцій досить для того, щоб зрозуміти конструкцію деталі.

1.2. Розкрій стрічки

Виготовлення заготовки ведеться в штампі суміщеної дії зі стрічки.

Розрахунки коефіцієнта використання металу $K_{и}$ будемо вести на 300 метрах довжини стрічки [4, стор. 422].

$$K_{и} = \frac{f \cdot n}{L \cdot B} \times 100\%$$

де f — площа деталі, без отворів, мм^2 ;

$$f = \pi((10,52) - (1,752)) + 2 \times 32 = 354,56 \text{ мм}^2,$$

n — кількість фактичних деталей, що одержують із трьохсот метрів довжини стрічки з врахуванням невикористаних кінцевих відходів, шт;

$$n = (L - a)/h;$$

L — довжина, мм; $L = 300000$ мм;

a — величина перемички, мм; $a = 1,5$ мм;

h — крок розкрою, мм; $h = 22,2$ мм;

$$n = (300000 - 1,5)/22,2 = 13513,46 = 13513 \text{ шт.},$$

$У$ — ширина стрічки, мм; $В = 34$ мм;

Тоді

$$K_u = \frac{354,56 \cdot 13513}{300000 \cdot 34} \times 100\% = 45,89\%.$$

1.3. Розробка маршруту обробки

Аналіз даної деталі показує, що для одержання форми, зображеної на кресленні відповідно до розмірів, а також виходячи з того, що кількість операцій для виготовлення повинна бути найменшою, маршрут виготовлення складається з таких операцій:

- 1) формування;
- 2) пробивання;
- 3) вирубка;
- 4) відбортовка.

Операції пробивання, формування й вирубки виконуються в штампі суміщеної дії. Відбортовка проводиться на окремому штампі.

2. Розрахунки технологічних операцій

Формування.

Зусилля формування, кН;

$$P = \frac{F \cdot q \cdot K}{1000}, [2, \text{ стор. 298}],$$

де F — площа штапованого рельєфа, мм^2 ;

q — питомий тиск, Н/мм^2 ; $q = 350 \text{ Н/мм}^2$, [2, стр.298];

k — коефіцієнт; $k = 0,8$;

Припустима глибина формовки, мм:

$$h = (r_M + r_{\Pi} + z) \cdot \text{tg} \alpha, [4, \text{ стр.276}]$$

де

r_M — радіус закруглення матриці, мм;

r_{Π} — радіус закруглення пуансона, мм;

z — зазор, мм;

α — припустимий кут, градус;

Таблиця 1 – Основні параметри формування.

Діаметр (зовнішній) рельєфу формування, мм	F , мм^2	q , Н/мм^2	k	P кН	ΣP кН	r_M мм	r_{Π} мм	z мм	α градус	h мм	вихідна висота мм
11	94,98	350	0,8	26,59	35,12	1	1	1	40	2,5	1,5
6,23	30,46	350	0,8	8,528		0,5	0,5	1	20	0,727	0,5

Пробивання.

Зусилля різання, кН:

$$P = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{ЗР}, [4, \text{ стор.23}]$$

де d — діаметр отвору, мм; $d = 3,5 \text{ мм}$;

S — товщина матеріалу, мм; $S = 0,5$ мм;

$\sigma_{зр}$ — опір матеріалу зрізу, Н/мм²; $\sigma_{зр} = 250$ Н/мм²;

$$P = \pi \cdot 3,5 \cdot 0,5 \cdot 250 = 1,373 \text{ кН.}$$

Необхідне зусилля преса, кН:

$$P_{ТР} = k \cdot P, [4, \text{ стор. 23}]$$

де k — коефіцієнт, що враховує нерівномірність товщини матеріалу й затуплення ріжучих кромки, а також наявність побічних явищ при вирізці;

$$k = 1,3;$$

$$P_{ТР} = 1,3 \cdot 1,373 = 1,784 \text{ кН.}$$

Зусилля проштовхування, кН:

$$P_{ПР} = k_{ПР} \cdot P_{ТР} \cdot n, [4, \text{ стр.26}]$$

де

$k_{ПР}$ — коефіцієнт проштовхування;

$$k_{ПР} = 0,1, [4, \text{ стор.28}]$$

n — кількість деталей, що перебувають у шийці матриці, шт;

$$n = 1 \text{ шт.}$$

$$P_{ПР} = 0,1 \cdot 1,784 \cdot 1 = 0,1784 \text{ кН.}$$

Зусилля преса, кН:

$$P_{\Pi} = P_{ТР} + P_{ПР} = 1,784 + 0,1784 = 1,9624 \text{ кН.}$$

Робота різання при пробиванні, (Н(м)):

$$A = x \cdot \frac{P_{\Pi} \cdot S}{1000}, [4, \text{ стр.28}]$$

де x — коефіцієнт; $x = 0,7$, [4, табл. 10].

$$A = 0,7 \cdot \frac{1,9624 \cdot 0,5}{1000} = 0,0005 \text{ (Н} \times \text{м)}.$$

Вирубка.

Зусилля різання, кН:

$$P = \frac{L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ЗР}}}{1000}, [7, \text{стр.19}]$$

де L — периметр контуру вирубки, мм, $L = 77,94$ мм;

$\sigma_{\text{ЗР}}$ — опір матеріалу зрізу, Н/мм²;

$\sigma_{\text{ЗР}} = 250$ Н/мм²;

$$P = \frac{77,94 \cdot 0,5 \cdot 250}{1000} = 9,7425, \text{ кН};$$

Необхідне зусилля преса, кН;

$$P_{\text{ТР}} = k \cdot P, [4, \text{стр.23}]$$

де k — коефіцієнт, що враховує нерівномірність товщини матеріалу й затуплення ріжучих кромки, а також наявність побічних явищ при вирізці;

$k = 1,3$;

$$P_{\text{ТР}} = 1,3 \cdot 9,7425 = 12,66 \text{ кН.}$$

Зусилля зняття, кН:

$$P_{\text{СН}} = k_{\text{ЗН}} \cdot P_{\text{ТР}}, [4, \text{стр.26}]$$

де $k_{\text{ЗН}}$ — коефіцієнт зняття;

$$k_{\text{ЗН}} = 0,02, [4, \text{табл.9}]$$

$P_{\text{ТР}}$ — необхідне зусилля преса:

$$P_{\text{СН}} = 0,02 \cdot 12,662 = 0,253 \text{ кН};$$

Робота різання при вирізці, (Н(м)):

$$A = x \cdot \frac{P_{\text{П}} \cdot S}{1000}, [4, \text{стр.28}]$$

де x — коефіцієнт; $x = 0,7$, [4, табл.10]

$$A = 0,7 \cdot \frac{12,662 \cdot 0,5}{1000} = 0,0044 \text{ Н} \times \text{м.}$$

Відбортовка.

Технологічне зусилля, кН:

$$P = \frac{1,1\pi S\sigma_T(D_0 - d_0)}{1000} \text{ [7, стор. 39]}$$

де σ_T — границя текучості матеріалу, МПа.

$$\sigma_T = 300 \text{ Н/мм}^2;$$

Розмір отвору :

$$d_0 = D_0 + 0,8r - 2h_d - 0,6S \text{ [7, стор.39]},$$

де D_0 — кінцевий діаметр відбортовки, мм; $D_0 = 18$ мм;

h_d — висота відбортовки, мм; $h_d = 2$ мм;

r — радіус вигину мм; $r = 0,5$ мм,

S — товщина матеріалу ; $s = 0,5$ мм,

$$d_0 = 18 + 0,8 \cdot 0,5 - 2 \cdot 2 - 0,6 \cdot 0,5 = 14,1 \text{ мм},$$

$$P = \frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 300(18 - 14,1)}{1000} = 2,02 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт відбортовки :

$$K_{\text{від}} = d_0/D_0 = 14,1/18 = 0,78 \text{ [7, стр.39]};$$

Товщина матеріалу в торця :

$$S_1 = S \sqrt{K_{\text{омб}}} = 0,5 \sqrt{0,78} = 0,44 \text{ мм [7, стр.40]};$$

3. Аналіз можливого браку

При вирубці і пробиванні можуть бути виходить задирки або рваний край по всій поверхні зрізу. Вони виникають якщо ріжучі кромки пуансонів або матриці в результаті зношування затупилися. Затуплення ріжучих кромок теж викликає спотворення розмірів заготовки, що вирізається. Влаштувати вище описані дефекти можна своєчасним заточуванням пуансона та матриці.

У процесі формування є можливість отримання на заготовці утяжок та потоншення матеріалу. Утяжка викликає спотворення контуру плоскої частини заготовки, що штампується, усувається наступним обрізанням. У нашому випадку цей вид браку не усуваємо через відсутність припуску на обрізку.

Можливим браком при відбортуванні є тріщини та обриви.

4. Вибір устаткування для штампування

У якості устаткування застосовується прес однокривошипний відкритий простої дії, що нахиляється. Модель КД2320. Основні параметри преса: зусилля – зусилля 100 кН; число ходів – 170хв^{-1} ; закрита висота – 200 мм; габарити стола – $360\times 240\text{ мм}^2$.

Прес КД2320 – це однокривошипний механічний прес простої дії, призначений для виконання операцій холодного штампування листових матеріалів, таких як вирубування, пробивання отворів, гнучка та неглибока витяжка для виготовлення різних деталей. Механічний прес КД2320 застосовується на підприємствах різних галузей промисловості, в цехах та на ділянках холодного листового штампування. Знаходить широке застосування за будь-якого типу виробництва: дрібносерійному, серійному, масовому.

Прес двостійковий КД2320, що нахиляється, призначений в основному для використання нахилу станини при видаленні виробів, що штамнуються, або відходів у просвіт між стійками преса.

Основні функції та сфери застосування:

- холодне штампування: КД2320 використовується у промисловості для обробки металевих листів без нагріву.

Верстатом можна виконувати такі операції:

- вирубування: вирізування деталей необхідної форми з листа;
- пробивка отворів: створення отворів у листовому матеріалі;

- гнуття: надання листа вигнутої форми;
- неглибока витяжка: формування заглиблень у металі.

Виготовлення деталей:

- отримані на пресі вироби використовуються для різних деталей.

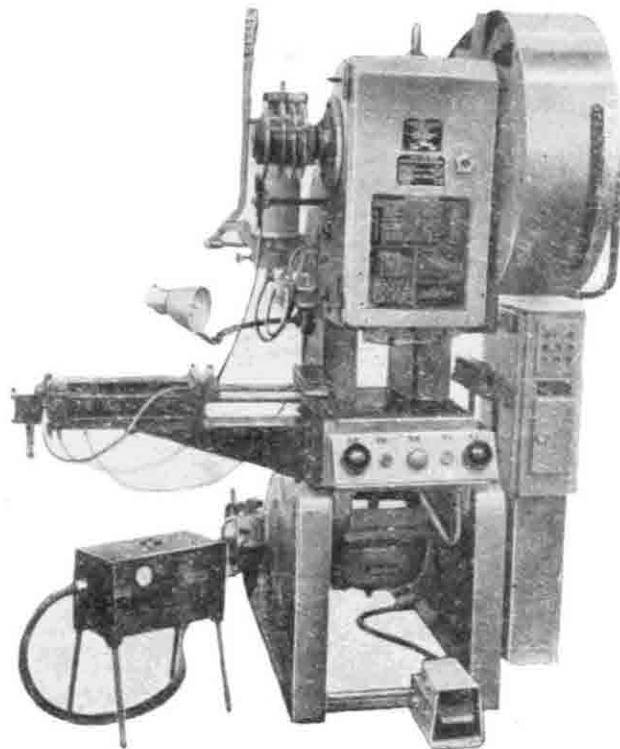


Рисунок 4.1 – Прес КД2320, загальний вигляд

Принцип роботи.

КД2320 відноситься до кривошипних пресів, де повзун, що несе верхній інструмент (штамп), переміщається за допомогою кривошипно-шатунного механізму.

Прес з пересувним столом і рогом дозволяє проводити штампування деталей, що мають збільшений розмір за висотою, а також застосовувати штампи різної висоти. При заміні столу рогом прес може бути використаний для обробки деталей із замкнутим контуром.

Електропривід через маховик і знижувальну передачу надає руху кривошипний вал, створюючи крутний момент для роботи повзуна.

Прес призначений для роботи як на одиночних, так і на безперервних ходах при оснащенні їх автоматичними подачами (роликowymi, валковими, шиберними тощо).

Прес може працювати в режимах одиночних ходів чи безперервної роботи, що дозволяє керувати процесом штампування.

Прес КД2320 має можливість функціонувати у двох режимах:

– режим «Одиночний хід» – гальмівна муфта забезпечує зупинку повзуна у верхній мертвій точці (ВМТ) після кожного робочого ходу;

– режим «Безперервні ходи» – гальмівна муфта вмикається і повзун здійснює ходи безперервно. Вимкнення муфти-гальма кнопкою "Стоп безперервних ходів";

Режим «Одиночний хід» використовується при штампуванні окремих заготовок з ручним завантаженням-вивантаженням. При штампуванні смуги або деталей з листа застосовують педальне керування, але завантаження-розвантаження залишається ручним.

У безперервному режимі прес працює з максимальною для нього продуктивністю. У цьому випадку застосовується автоматизація завантаження-розвантаження деталей за допомогою револьверних, валикових, ролик-клинових, кліщових та інших видів подач.

Розрахунок зусиль, необхідних для виконання холодноштампувальних операцій, рекомендується робити, керуючись наведеною в паспорті пресою номограмою «зусилля – хід» та довідниками по холодному листовому штампуванню.

Величину зусиль, що допускаються на повзуні, в залежності від кута повороту кривошипа, слід вибирати з графіка припустимих зусиль на повзуні, поміщеного в паспорті преса. Розміри виробу, що штампується, на пресі визначаються розмірами штампового простору, величиною ходу повзуна і зусиллями, що допускаються на повзуні. Прес обладнаний автоматичною подачею може використовуватися в автоматичних і потокових лініях.

Розміри виробу, що штампується, на пресі визначаються розмірами штампового простору, величиною ходу повзуна і зусиллями, що допускаються на повзуні.

Технічні характеристики:

Модель	КД2320
Номінальне зусилля, кН	100
Хід повзуна, мм	50
Відстань між столом та повзуном, мм	200
Відстань між столом та повзуном, мм	200
Потужність двигуна головного руху кВт	2
Розмір столу ширина/довжина мм	240/360
Габарити верстата: Довжина x Ширина x Висота мм	1340x965x1790
Маса кг	1170

Преси, обладнані автоматичними подачами, можуть використовуватися в автоматичних і потокових лініях.

Прес складається з таких основних вузлів:

- станина;
- привід;
- муфта-гальмо;
- вал ексцентриковий;
- повзун;
- врівноважувач повзуна;
- повітророзподільник.

Станина преса лита чавунна коробчастої форми, піддана старінню для зняття внутрішніх напруг, приймає всі зусилля, що виникають при штампуванні.

Повзун, виготовлений з високоміцного чавуну, коробчастої форми, із призматичними двосторонніми напрямними. Ліва напрямна регульована. Повзун забезпечений запобіжником від навантаження та клиновим пристроєм для виведення преса з розпору.

Величина ходу повзуна регульована; у механізм регулювання введено кулачкове зачеплення для скорочення часу на переналагодження.

Привід повзуна — від електродвигуна через клинопасову передачу, маховик із вмонтованим у нього муфтою-гальмом, та ексцентриковий вал.

Пневматичні врівноважувачі повзуна встановлені на прес для усунення впливу ваги повзуна та верхньої половини штампу на роботу преса та для запобігання довільному опусканню повзуна в аварійних випадках (обрив гвинта шатуна або шпильок).

Прес КД2320 обладнаний центральною системою змащення основних пар тертя. Міжштамповий простір регулюється величиною ходу повзуна.

Муфта-гальмо – жорсткоблокована, багатодискова, фрикційна, з пневматичним включенням забезпечує надійну зупинку повзуна в верхньому положенні; вмонтовано в маховик. Зручне регулювання оптимальних зазорів між робочими дисками в міру їхнього зносу.

Електросхема блоку управління виконана безконтактною та дубльованою. Передбачено контроль величини гальмівного шляху та керування системою мастила.

Електроблокування та огороження забезпечують надійну роботу та безпечне обслуговування пресів.

Преси оснащені пневмоздувачем, можливе встановлення пневмоподушки. Видалення виробів із штампу здійснюється на провал та у провіт між стійками пресів.

Додаткове обладнання до пресу, що пропонує виробник:

- валкова подача;
- кліщова подача;

- правильний пристрій;
- розмотуючий та намотуючий пристрій;
- ножиці для різання відходів;
- електрична шафа, оснащена системою автоматичного керування.

5. Проектування штампа

У даній роботі проводиться конструювання штампа сполученого дії для виготовлення за допомогою операцій формування, пробивання і вирубки.

Штамп прямокутний з діагональним розташуванням вузлів, гладкими напрямними колонами і втулками.

Розділові та формувальні операції здійснюються в матриці, запресованій в матрицетримачі. Матрицеутримувач встановлений на нижній плиті штампу. Кріплення матрицетримача здійснюється чотирма гвинтами та двома штифтами, розташованими по периметру та в кутах відповідно. Розміри матрицеутримувача задаються виходячи з діаметра матриці.

Габаритні розміри нижньої плити визначаються за габаритами матрицеутримувача за ГОСТ 13110-75. Блок штампу вибирається по нижній плиті.

Блок 1004-1021 ГОСТ 13124-75. Розміри пуансонів по висоті задаються, виходячи з величини ходу повзуна, закритої висоти штампу та величини регулювання довжини ходу.

Операції формування і вирубка проводяться одним пуансоном, усередині якого встановлюється пробивальний пуансон. Розміри стандартного пуансона під пробивання визначає ГОСТ 16621-80. Розміри багатоопераційного пуансона визначаються конструктивно.

Розміри матриці встановлюються виходячи з діаметра заготовки, що вирубється. Далі виробляємо визначення висоти пуансонодержателя,

матрицедержателя. Висота пуансонодержателя задля забезпечення надійної фіксації пуансона береться 40% від розміру пуансона за висотою.

Розміри стандартних колонок визначається по нижній плиті:

Колонка 1030-1035 ГОСТ 13118-75.

Колонка 1030-1043 ГОСТ 13118-75.

Розміри стандартних втулок визначаються по верхній плиті:

Втулка 1032-1016 ГОСТ 13120-75

Втулка 1032-1019 ГОСТ 13120-75

Кріплення пуансонодержателя здійснюється чотирма гвинтами та двома штифтами, розташованими по периметру та в кутах відповідно. Зняття заготовлі з пуансону здійснюється за допомогою двох відлипачів, встановлених у спеціальних отворах багатоопераційного пуансону. Відлипачі приводяться в дію за допомогою пружин стиснення.

Виштовхування відштампованої заготовки з матриці здійснюється також відлипачем, що діє пружини стиснення.

Розміри відлипачів визначається виходячи з діаметра заготовки, що вирубуються.

Фіксація стрічки здійснюється за допомогою двох циліндричних упорів і одного колодкового притиску.

6. Розрахунки виконавчих розмірів

Виконавчі розміри матриць і пуансонів розраховуються по розмірах по розмірах штампованої деталі.

Відхилення розмірів деталі беруться по 11 квалітету, тому що деталь не вимагає великої точності виготовлення, чисельні відхилення по заданому квалітету беруться за ГОСТ 37.001.246-82.

Для матриць і пуансонів, розділових операцій, виконавчі розміри визначимо виходячи з того, що їх виготовлятимуть спільно.

Тобто на кожну операцію визначимо, який елемент буде основним, а що оброблятиметься та приганятиметься по основному елементу з урахуванням зазору z та допуску на зазор Δz . Виконавчі розміри пуансону та матриці формозмінювальної операції встановлюють з урахуванням допуску на виріб.

Формування. Матриця та пуансон повторюють конфігурацію штампованого рельєфу.

Пробивання. Основний елемент – пуансон. Матриця допрацьовується по пуансону з урахуванням зазору $z = 0,030$ мм і допуском на зазор $\Delta z = +0,020$ мм.

$$L_{\Pi} = (L_{\text{Н}} + \text{ПШ}) - \delta_{\Pi} \text{ мм, [5, табл.12]}$$

де L_{Π} — виконавчий розмір пуансона, мм;

$L_{\text{Н}}$ — виконавчий розмір штампованого елемента, мм;

$$L_{\text{Н}} = 3,5 \text{ мм};$$

ПШ — припуск на зношування пуансона, мм;

$$\text{ПШ} = 0,030 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

δ_{Π} — граничне відхилення розмірів пуансона, мм;

$$\delta_{\Pi} = 0,006 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$$L_{\Pi} = (3,5 + 0,030) - 0,006 = 3,53_{-0,006} \text{ мм}$$

Вирубка. Основний елемент – матриця. Пуансон допрацьовується по матриці з урахуванням зазору $z = 0,030$ мм і допуском на зазор $\Delta z = +0,020$ мм.

[5, табл.14]

$$L_{\text{М}} = (L_{\text{Н}} - \text{ПШ}) + \delta_{\text{М}} \text{ мм, [5, табл.12]}$$

де $L_{\text{М}}$ — виконавчий розмір матриці, мм;

$L_{\text{Н}}$ — виконавчий розмір штампованого елемента, мм;

$$L_{\text{Н}} = 27 \text{ мм; } L_{\text{Н}} = 21 \text{ мм;}$$

ПШ — припуск на зношування матриці, мм;

$$\text{ПШ} = 0,052 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$\delta_{\text{М}}$ — граничне відхилення розмірів матриці, мм;

$$\delta_{\text{М}} = 0,016 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$$L_M = (27 - 0,052)^{+0,016} = 26,948^{+0,016} \text{ мм}$$

$$L_M = (21 - 0,052)^{+0,016} = 20,948^{+0,016} \text{ мм}$$

Відбортовка. Так як допуск на розмір виробу заданий за його внутрішнім розміром l , то

$$L_{\Pi} = (l + 0,5\Delta)_{-\delta_{\Pi}} \text{ мм, [5, стор.287];}$$

де

L_{Π} — виконавчий розмір пуансона, мм;

l — внутрішній розмір виробу, мм; $l = 18$ мм;

Δ — допуск на розмір виробу, мм;

$$\Delta = 0,130 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

δ_{Π} — допуск на розмір пуансона, мм;

$$\delta_{\Pi} = 0,035 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$$L_{\Pi} = (18 + 0,5 \times 0,130)_{-0,035} = 18,065_{-0,035} \text{ мм,}$$

$$L_M = (l + 0,5\Delta + 2z_{BT})^{+\delta_M} \text{ мм, [5, стор.287];}$$

де

$$L_{\Pi} = (18 + 0,5 \times 0,130)_{-0,035} = 18,065_{-0,035} \text{ мм,}$$

$$L_M = (l + 0,5\Delta + 2z_{BT})^{+\delta_M} \text{ мм, [5, стр.287];}$$

де

L_M — виконавчий розмір матриці, мм;

z_{BT} — зазор при відбортовці, мм; $z_{BT} = S + 0,07\sqrt{10 \times S}$;

де

S — номінальна товщина матеріалу, що штампується, мм;

$$S = 0,5 \text{ мм,}$$

$$z_{BT} = 0,5 + 0,07\sqrt{10 \times 0,5} = 0,6565(\text{мм});$$

δ_M — допуск на розмір матриці, мм;

$$\delta_M = 0,035 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$$L_M = (18 + 0,5 \times 0,130 + 2 \times 0,6565)^{+0,035} = 19,378^{+0,035} \text{ мм.}$$

7. Розрахунки на міцність деталей штампа

7.1. Матриця

Розрахунки на міцність звичайно не роблять, а визначають їхні розміри по емпіричних формулах.

Товщина матриці, мм:

$$H_M = \sqrt[3]{100P} \text{ мм, [5, стор.79];}$$

де

P — необхідне зусилля штампування, кН; $P = 49,57 \text{ кН}$;

$$H_M = \sqrt[3]{100 \times 49,57} = 17,051 \text{ (кН)};$$

Конструктивно вибираємо матрицю висотою 28 мм.

7.2. Пуансони

Розрахунки пуансонів на зняття в найменшому перетині проводиться по формулі:

$$P_{\text{доп}} \geq P_c, [\text{ГОСТ 13124-75, стор. 459};]$$

Де $P_{\text{доп}}$ — допустиме навантаження на стиск, $(\text{Н}/\text{мм}^2)$;

$$P_{\text{доп}} = \varphi \times F_K \times [G]_{\text{ст}}, [\text{ГОСТ 13124-75, стор. 460};]$$

де φ — коефіцієнт зниження, що допускається напруги, залежить від відношення μ/i_{min} , [ГОСТ 13124-75, стор. 460];

де

μ — коефіцієнт наведеної довжини;

$\mu = 0,7$, [ГОСТ 13124-75, стор. 460];

h_1 — довжина робочої частини пуансона, мм;

i_{min} — мінімальний радіус інерції робочого перетину пуансона, мм;

$i_{min} = 0,25d$, [ГОСТ 13124-75, стор. 460];

де d — діаметр робочого пуансона, мм;

FK — площа контакту робочого торця пуансона зі штампованим матеріалом, mm^2 ;

$FK = \pi S(2d - S)/4$, [ГОСТ 13124-75, стор. 460]

за умови $S/d < 1$;

$[G]_{CT}$ — допустиме напруження на стиск, H/mm^2 ;

$G_{CT} = 1600 H/mm^2$ для В10А;

$G_{CT} = 1900 H/mm^2$ для Х12М;

P_C — необхідне технологічне зусилля для штампування, Н;

7.3. Плита

Визначення критичної висоти нижньої плити. Пливу розглянемо як балку на двох опорах, навантажену умовно зосередженою силою.

$$h_p \geq \sqrt{3Pl/2(B - d)[\sigma_{изг}]}, [1, \text{стор. 285}]$$

де h_p — розрахункова товщина плити, мм;

P — деформуюче зусилля, (Н); $P = 49570$ Н;

l — відстань між опорами, мм; $l = 189$ мм;

$У$ — ширина плити, мм; $B = 172$ мм;

d — діаметр провального отвору, мм; $d = 6$ мм;

$[\sigma_{изг}]$ — допустиме напруження вигину матеріалу плити, H/mm^2 ;

$[\sigma_{изг}] = 130 H/mm^2$ (для сталі 20Л);

$$h_p \geq \sqrt{3 \times 49570 \times 189 / 2(172 - 6) \times 130} = 25,5(\text{мм}),$$

Конструктивно схвалюємо $h = 40$ мм.

Таблиця 2 – Розрахунки пуансонів на міцність.

Вид операції	матеріал	μ	h_1 , мм	d , мм	i_{min} , мм	$\mu h_1 / i_{min}$	ϕ	F_K , мм ²	P_c , Н/мм ²	$P_{доп}$, Н/мм ²	Умова міцності $P_{доп} \geq P_c$
формування	X12M	0,7	23	11	2,75	5,85	0,8	8,5	47785	52820	виконується
пробивання	B10A	0,7	12	3,5	0,875	9,6	0,75	2,55	1962,4	3061,5	виконується
вирубка	X12M	0,7	23	27	6,75	2,38	1	21	47785	52820	виконується

7.4. Хвостовик

Визначення напруги стискання хвостовика:

$$\sigma_{ст} = P / F_x < [\sigma_{сж}],$$

є P — зусилля, що передається пресом, Н; $P = 100000$ Н;

F_x — площа перерізу хвостовика, мм²; $F_x = 803,8$ мм²;

$[\sigma_{ст}]$ — допустиме напруження стискання, Н/мм²;

$$[\sigma_{ст}] = 1225 \text{ Н/мм}^2;$$

$\sigma_{ст} = 100000 / 803,8 = 124,4 < 125$. Умова міцності виконується.

7.5 Пружини

Максимально припустима навантаження, кН:

$$P = \frac{\pi d^3}{8 \cdot D \cdot 100} \cdot [\tau], [4, \text{стор. } 538]$$

де d — діаметр дроту, мм;

D — середній діаметр пружини, мм;

$[\tau]$ — допустиме напруження крутіння, Н/мм²;

$[\tau] = 600 \text{ Н/мм}^2$;

Максимальний припустимий стиск усієї пружини, мм:

$$F = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{d \cdot G} \cdot [\tau], [4, \text{стор. } 538]$$

де n — число витків пружини;

G — модуль пружності при крутінні, Н/мм²;

$G = 75000 \text{ Н/мм}^2$;

Довжина пружини у вільному стані, мм:

$$L = (n + 1,5)(d + n \cdot f), [4, \text{стор. } 538]$$

де f — повний прогин одного витка, мм.

Таблиця 3 – Розрахунки пружини на знімачі

d , мм	D , мм	$[\tau]$, Н/мм ²	P , кН	ΣP , кН	Умова $\Sigma P > P_{\text{сн}}$ виконується	G , Н/мм ²	n	F , мм	f , мм	L , мм
1,5	5	600	0,15989	0,3178	$0,31 > 0,15$	75000	8	6	0,7	19,85

8. Складання і розбирання штампів і опис його роботи

Порядок збирання штампів:

- в циліндричний паз матриці 1 вставити відлипателі 14 і пружину 5;
- матрицю 1 запресувати в матрицетримач 13;
- упори 23 вставити в отвори матрицеутримувача 13;
- в паз матрицетримача 13 встановити притиск 19 і пружину 20;
- матрицетримач 13 за допомогою чотирьох гвинтів 7 скріпити з нижньою плитою 17;
- запресувати колонки 12 у нижню плиту 17;
- в центральний отвір багатоопераційного пуансона 2 вставити пуансон для пробивання 22;
- в циліндричні пази багатоопераційного пуансона 2 встановити відлипачі 14 і пружини 4;
- до пуансонодержателя 21 приєднати знімач 3;
- в пуансонодержатель 21 встановити набірне з'єднання пуансонів 2 і 22;
- запресувати хвостовик 9 у верхню плиту 16 і закріпити гвинтом 8 і штифтами 11;
- запресувати втулки у верхню плиту;
- кріплення пуансонодержателя 21, до верхньої плити 18 встановлюється верхня плита 16 встановлюється верхня плита 18 відповідно. Кріплення пуансонодержателя 21 підкладної плити 18 і верхньої плити 16 здійснюється гвинтами 7;
- кріплення штифтами 11 у нижній та верхній плиті проводити після попереднього складання.

Розбирання штампів здійснюється у зворотній послідовності.

Робота штампів здійснюється за один крок подачі стрічки. Фіксація стрічки на матриці забезпечується двома циліндричними упорами та одним

колодочним притиском. Здійснюється робочий хід. Одночасно проводиться формування рельєфу заготовки, пробивання отвору та вирубування заготовки.

Відхід після пробивання йде "на провал". Відлипачі в пуансоні та матриці діють від стискаючої сили пружини. При здійсненні зворотного ходу відлипач піднімає заготовку, розташовану матриці. Якщо ж заготовка залишається на пуансоні, вона знята за допомогою відлипателів, встановлених в пуансоні.

Видалення стрічки з пуансону здійснюється знімачом.

Заготовка видаляється струменем повітря. За один хід повзуна виходить одна заготівля.

Висновки

Проведено технологічний аналіз конструкції деталі. Аналіз показав, що оптимальний варіант отримання деталі містить наступний маршрут:

- 1) формування;
- 2) пробивання;
- 3) вирубування;
- 4) відбортовка.

Коригування креслення не потрібно.

Для виготовлення деталі «Планка пружини головного циліндра управління зчепленням» розроблена конструкція штампу поєднаної дії для здійснення попередніх операцій формування, пробивки, вирубки, відбортовка в технологічному процесі виготовлення деталі.

Коефіцієнт використання металу $K_u = 45,89 \%$.

Розраховані зусилля, необхідні здійснення операцій:

- 1) зусилля пробивання - 1,96 кН;
- 2) зусилля формування - 35,12 кН;
- 3) напруга вирубки - 12,66 кН;
- 4) зусилля відбортовки - 2,02 кН;

Аналіз виникнення можливого браку показав, що непереборний брак відбуватиметься при формуванні. Інші можливі види дефектів усуваються.

Виконавчі розміри матриць та пуансонів для роздільних операцій визначені за умови спільного виготовлення. Виконавчий розмір матриці при вирубці, мм:

$$L_M = 26,948^{+0,016} \text{ мм}$$

$$L_M = 20,948^{+0,016} \text{ мм}$$

Виконавчий розмір пуансону при пробиванні мм:

$$L_{\Pi} = 3,53_{-0,006} \text{ мм}$$

Виконавчі розміри пуансона і матриці при формуванні повторюють розміри рельєфу, що штампується.

Виконавчі розміри пуансону та матриці формозмінювальної операції встановлюють з урахуванням допуску на виріб.

Виконавчий розмір матриці при витяжці мм:

$$L_M = 19,378^{+0,035} \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір пуансону при витяжці мм:

$$L_{II} = 18,065_{-0,035} \text{ мм.}$$

Зроблені розрахунки показали, що вибрані марки матеріалів для деталей забезпечують необхідну міцність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверкиев Ю. А., Аверкиев А. Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальностям «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением» — М.: Машиностроение, 1989, – 304с.
2. Технология холодной штамповки. Малов А. Н., «Машиностроение», 1969, – 568с.
3. Мещерин В. Т. Листовая штамповка. Атлас схем. Учебное пособие для вузов. Изд. 3-е, испр. и доп. М., «Машиностроение», 1975, – 227с.
4. Справочник по холодной штамповке. Романовский В. П. Л., «Машиностроение». 1971г. стр. 782. табл. 293. Библ. 303 назв.
5. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка/ под ред. Л. И. Рудмана. М., «Машиностроение», 1988, – 496с.
6. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Подготовительные работы. Изд. 2-е, перераб. и доп., М., «Машиностроение», 1970, – 320с.
7. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. Стеблюк В. И., Марченко В. Л., Белов В. В., Гривачевский А. Г. – Киев; Вища школа. Головное изд-во, 1983, – 280с.
8. Менделеев В. С., Рудман Л. И. Технология изготовления штампов и пресс-форм: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1982, – 207с. ил.
9. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи : спец. 131 Прикладна механіка / [уклад. : В. А. Мажара, А. І. Гречка, В. В. Свяцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 40 с.

ДОДАТКИ