

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедри ММР  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему:

**Проект автоматизованого штампувального комплексу для  
виготовлення деталі «Шайба стопорна»**

**КРБ.ПМ. 24.67.000.00.00.00 КР**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го  
курсу групи ПМ(ОТ)-21-3СК  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна  
механіка»

\_\_\_\_\_  
Ласінський О. В.

Керівник роботи (вчений ступінь,  
посада)

\_\_\_\_\_  
к.т.н., доцент, Володимир МІРЗАК

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

№ ст.	Зона	Форм.	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка	
				<i>Документація загальна</i>			
				<i>Заново розроблена</i>			
		A4		<i>Завдання на кваліфікаційну роботу</i>	1		
		A4		<i>Анотація</i>	1		
		A4	<i>КРБ.ПМ.24.67.000.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	1		
				<i>Документація по складальним одиницям</i>			
				<i>Заново розроблена</i>			
		A4	<i>КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.00</i>	<i>Штамп суміщеної дії</i>			
		A1	<i>КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.00 СК</i>	<i>Складальний кресленник</i>	1		
		A4	<i>КРБ.ПМ.24.67.300.00.00.00</i>	<i>Автоматизований комплекс штампування деталей із стрічки</i>			
		A1	<i>КРБ.ПМ.24.67.300.00.00.00 ВЗ</i>	<i>Вид загальний</i>	1		
			<i>КРБ.ПМ.24.67.301.01.00.00</i>	<i>Вал ексцентриковий</i>			
			<i>КРБ.ПМ.24.67.301.01.00.00 СК</i>	<i>Складальний кресленник</i>	1		
<b><i>КРБ.ПМ.24.67.000.00.00.00 ВП</i></b>							
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Ласінський</i>		27.05	<i>Проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна».</i> <i>Відомість проекту</i>		
<i>Перевірів</i>		<i>Мірзак</i>		27.05			
<i>Т.контр.</i>							
<i>Н.контр.</i>							
<i>Затв.</i>		<i>Гречка</i>		30.05			
					<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>Н</i>	<i>1</i>
					<i>ЦНТУ, гр . ПМ(ОТ)-21-ЗСК</i>		



**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ММР

\_\_\_\_\_ А. ГРЕЧКА  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

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

***Ласінському Олександрові Вікторовичу***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ***Проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна»***

2. Керівник роботи: ***Володимир МІРЗАК***

3. Строк подання роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи

Мета роботи – створити проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна»

Завдання:

- розробити технологічний процес штампування деталі «Шайба стопорна» на основі кресленника деталі (крупносерійне виробництво);
- розробити конструкцію штампового оснащення для виготовлення деталі «Шайба стопорна»;
- розробити проект штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна»

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

*КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН*

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Патентний огляд	14.04.2024	
2.	Огляд літературних джерел	21.04.2024	
3.	Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології виготовлення деталі «Кільце»	22.04.2024	
4.	Розрахунок вихідної заготовки та вибір схеми розкрою	24.04.2024	
5.	Розрахунок зусиль штампування, вибір обладнання	25.04.2024	
6.	Проектування штампового оснащення	12.05.2024	
7.	Проектування комплексу штампування деталей із стрічки.	24.05.2024	
8.	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2024	
9.	Оформлення презентації роботи	03.06.2024	
10.	Здача роботи на кафедру та перевірка наявності запозичень	12.06.2024	

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Володимир МІРЗАК  
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Олександр ЛАСІНСЬКИЙ  
(підпис)

## АНОТАЦІЯ

Ласінський О. В. Проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна». Кваліфікаційна робота освітнього рівня – бакалавр, на правах рукопису. Спеціальність – 131 «Прикладна механіка», ОПП – «Прикладна механіка», Центральноукраїнський національний технічний університет, кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки, Кропивницький, 2024. – 58 с., 4 табл., 8 рис., список використаних джерел з 13 найменувань, 2 розділи, 14 підрозділів, 6 додатків, 4 листи кресленників, ф. А1, 7 слайдів презентації

Темою роботи є проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна». Мета роботи – створити проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна».

У першому розділі роботи описуються етапи розробки технологічного процесу, а саме: вибір матеріалу, розрахунок вихідної заготовки, розкрій обраного виду прокату, переходи штампування, силові характеристики процесу, розрахунки елементів штампового оснащення, розрахунок норм часу на штампування.

У другому розділі пропонується проект автоматизованого комплексу для штампування деталей із стрічки. Виконано кінематичний, силовий та енергетичний розрахунок базового пресу з використанням програми Mathcad.

В результаті проведеного аналізу та розрахунку технології виготовлення деталі «Шайба стопорна» розроблений складальний кресленик штампу суміщеної дії, загальний вид автоматизованого комплексу для штампування деталей із стрічки та складальний кресленик вузла «Ексцентриковий вал». Застосування даного проекту дозволить зменшити собівартість виготовлення деталей типу «Шайба стопорна», підвищити його продуктивність та якість штампування.

*Ключові слова:* **автоматизований комплекс, виробування, гнуття, ексцентриковий вал, кривошипний прес, стрічка, штамп суміщеної дії**

## ANNOTATION

Laskinsky O. V. The project of the automated stamping complex for the production of the "Lock washer" part. Qualification work at the bachelor's educational level, manuscript. Specialty - 131 "Applied Mechanics," OPP - "Applied Mechanics," Central Ukrainian National Technical University, Department of Mechanical Engineering, Mechatronics, and Robotics, Kropyvnytskyi, 2024. - 58 pages, 4 tables, 8 figures, list of references with 13 titles, 2 chapters, 14 subsections, 6 appendices, 3 sheets of drawings, A1 format, 7 presentation slides.

The topic of the work is the project of an automated stamping complex for manufacturing the "Lock Washer" component. The purpose of the work is to create a project of an automated stamping complex for manufacturing the "Lock Washer" component.

The first chapter of the work describes the stages of developing the technological process, namely: material selection, calculation of the initial blank, cutting of the selected type of rolled material, stamping transitions, force characteristics of the process, calculations of the elements of stamping equipment, calculation of time standards for stamping.

The second chapter proposes a project of an automated complex for stamping parts from a strip. The kinematic, force, and energy calculations of the base press were performed using the Mathcad program.

**Keywords: automated complex, cutting, bending, eccentric shaft, crank press, strip, combined-action stamp**

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА** **до кваліфікаційної роботи на тему:**

**«Проект автоматизованого штампувального комплексу для  
виготовлення деталі «Шайба стопорна»»**

**КРБ.ПМ.24.67.000.00.00.00 ПЗ**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го курсу  
групи ПМ(ОТ)-21-ЗСК  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

\_\_\_\_\_

Ласінський О. В.\_\_\_\_\_

Керівник роботи (вчений ступінь, посада)

\_\_\_\_\_

к.т.н., доцент, Володимир МІРЗАК\_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	10
Розділ 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ 1 ДЕТАЛІ “ ШАЙБА СТОПОРНА”.....	13
1.1 Опис деталі.....	13
1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі.....	14
1.3 Вибір і обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології.....	14
1.4 Розрахунок геометричних параметрів заготовки.....	14
1.5 Розкрій металопрокату .....	16
1.6 Розрахунок технологічних зусиль по операціями та вибір обладнання.....	18
1.7 Проектування штампу .....	19
1.8 Технічне нормування.....	25
1.9 Технологічний контроль якості продукції».....	27
1.10 Складання карти технологічного процесу холодного штампування.....	28
Розділ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ 2 ДЕТАЛІ «ШАЙБА СТОПОРНА» ІЗ СТРІЧКИ.....	29
2.1 Обґрунтування застосування та вибір складу комплексу.....	29
2.2 Вихідні дані для проектування комплексу .....	30
2.3 Розрахунок пресу.....	30
2.4 Конструювання комплексу.....	30
Перелік джерел посилання .....	31
ДОДАТКИ .....	33
Додаток А Кресленик деталі «Шайба стопорна».....	34
Додаток Б. Технологічна карта на виготовлення деталі « Шайба стопорна ».....	35
Додаток В. Розрахунок базового пресу комплексу в програмі «PressCad».....	36
Додаток Г. Специфікація до складального кресленика штампу суміщеної дії.....	55
Додаток Д. Специфікація до загального виду комплексу.....	57
Додаток Е . Специфікація до складального кресленика вузла «Вал ексцентриковий».....	58

## ВСТУП

### Актуальність теми

Стопорні шайби - це важливі елементи кріпильних з'єднань, призначені для запобігання мимовільному відгвинчуванню гайок та болтів. Для їх виготовлення використовують технології холодного листового штампування, а саме такі операції, як вирубування, пробивання та гнуття.

Вирубування є процесом різання листового матеріалу за допомогою спеціального оснащення. Оснащення включає пуансон і матрицю, які разом утворюють необхідну форму деталі. У разі стопорних шайб оснащення дозволяє вирізати шайби з листового матеріалу з високою точністю.

Пробивання доповнює процес вирубування та використовується для створення отворів та інших елементів у вже вирубаній деталі. Для стопорних шайб пробивка може бути використана для створення внутрішніх отворів та зубців, які забезпечують стопорні властивості шайби.

Підгинання є операцією формування, при якій металева заготовка згинається під певним кутом. Для стопорних шайб це може включати підгинання зубців або країв для забезпечення їх стопорних властивостей.

Стопорні шайби широко використовуються в різних галузях машинобудування завдяки своїй здатності запобігати розкручуванню кріпильних з'єднань під впливом вібрацій та інших навантажень. Основні сфери застосування включають:

- автомобілебудування: використовуються для фіксації різних вузлів та агрегатів, забезпечуючи надійність та безпеку кріпильних з'єднань;
- верстатобудування: застосовуються для фіксації компонентів верстатів, запобігаючи їх мимовільному відгвинчуванню під час роботи;
- авіабудування: використовуються для фіксації деталей та вузлів, забезпечуючи надійність та безпеку в умовах високих вібрацій та навантажень;
- електроніка: застосовуються для кріплення компонентів у різних електронних пристроях, запобігаючи їх пошкодженню та виходу з ладу.

Переваги технологій холодного листового штампування:

- висока точність: забезпечується висока точність розмірів та форм вирубаних та пробитих деталей;
- економічна ефективність: крупносерійне та масове виробництво знижує витрати на виготовлення деталей;
- міцність і довговічність: деталі, виготовлені методом холодного штампування, мають високу міцність і довговічність;
- висока продуктивність: автоматизація процесів дозволяє робити велику кількість деталей за короткий проміжок часу.

Отже, технології холодного листового штампування, включаючи вирубування та пробивання, є ключовими у виробництві стопорних шайб. Ці технології дозволяють створювати надійні та довговічні елементи кріплення, які широко використовуються в різних галузях машинобудування. Завдяки високій точності та економічній ефективності, холодне листове штампування залишається однією з найбільш затребуваних технологій у сучасному виробництві.

Тому роботи, здійснювані у цьому напрямку є актуальними і мають практичну цінність.

### **Мета і задачі роботи**

Мета роботи – створити проект автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна».

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- розробити технологічний процес штампування деталі «Шайба стопорна» на основі кресленика деталі (крупносерійне виробництво);
- розробити конструкцію штампового оснащення для виготовлення деталі «Шайба стопорна»;
- розробити проект штампувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна».

**Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:**

– розроблено технологічний процес штампування деталі «Шайба стопорна», де обґрунтовується можливість об'єднання двох операцій в одну, що дозволяє зменшити кількість робочих місць, оснащення, підвищити якість штампування та скоротити час підготовки виробництва;

– розроблено конструкцію штаму суміщеної дії (вирубання, пробивання, гнуття) для виготовлення деталі «Шайба стопорна» з застосуванням стрічки замість штаби.

– розроблено проект штамувального комплексу для виготовлення деталі «Шайба стопорна» на базі кривошипного відкритого пресу, що дозволяє суттєво підвищити продуктивність виготовлення деталей типу «Шайба стопорна».

# 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ ШАЙБА СТОПОРНА”

## 1.1 Опис деталі

Деталь “ Шайба стопорна” входить до різних механізмів і виконує роль фіксуючого елемента. За даними конструкторської документації деталь виготовляється з вуглецевої якісної конструкційної сталі:

$$\text{Лист } \frac{Б - ПН - 1,5 \times 1500 \times 2000 \text{ ГОСТ}19903 - 74}{\text{Ст. 08 кп ГОСТ}1050 - 74}.$$

З урахуванням призначення використання сталі [1–4], робимо висновок, що матеріал конструктором обрано правильно і його призначення повністю відповідає вимогам по застосуванню. Хімічний склад і фізично-механічні властивості даної марки сталі наведені в табл. 1.1 і 1.2, відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад

Вуглець С, %	Марганець Mn, %	Кремній Si, %	Хром Cr, %
0,05...0,11	0,25...0,50	до 0,03	не більше 0,1

Таблиця 1.2 – Механічні властивості

Тимчасовий опір розриву $\sigma_b$ , МПа	Межа текучості $\sigma_T$ , МПа	Межа опору зрізу $\sigma_{зр}$ , МПа	Відносне подовження $\delta_5$ , %
324	196	250	35

## 1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі

По площині поверхні деталь відноситься до дрібних. Для її виготовлення в умовах серійного виробництва рекомендується використовувати спеціальні штампи, які встановлюються на універсальні преси. В відповідності з вимогами до технологічності конструктивної форми радіуси гнуття повинні бути більше ніж мінімально допустимі  $r > r_{\min}$ . Для сталі 08кп  $r_{\min} = 0,12$  мм, тобто  $r = 1$  мм  $> r_{\min} = 0.12$  мм.

Умова виконується.

Відхилення розмірів деталі задано по 14-ому квалітету, що не вимагає додаткових заходів по забезпеченню цих вимог. Діаметр отвору, що пробивається (8.5 мм) більше ніж товщина матеріалу ( $s = 1.5$  мм).

## 1.3 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту технології

На підприємствах деталі типу "Шайба стопорна" виготовляються по наступному технологічному процесу:

1. Різання листа на штаби;
2. Вирубання-пробивання;
3. Гнуття

У запропонованому варіанті технології об'єднані дві операції "Вирубання-пробивання" і "Гнуття" і вилучена операція "Різання листа на штаби", що дозволяє скоротити число операцій, вивільнити штампувальників, зменшити навантаження на технологічне устаткування, автоматизувати процес штампування, підвищити коефіцієнт використання матеріалу на одну деталь.

## 1.4 Розрахунок геометричних параметрів заготовки

Розрахунку підлягає тільки кінцевий елемент шайби, який згинається. Інші параметри заготовки залишаються без змін (див. рис. 1.1.).



## 1.5 Розкрій металопрокату [2, 5]

Схема розкрою металопрокату наведена на рис.1.2.

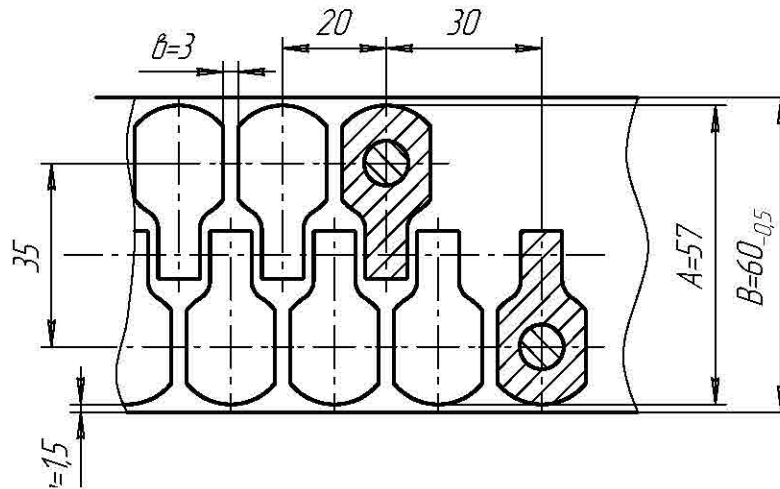


Рисунок 1.2 – Схема розкрою металопрокату

Визначення ширини стрічки:

$$B = A + 2a + \Delta_{ш},$$

де  $A$  – розмір деталі, що вирізається, мм;

$a$  – найменша величина бокової перемички, мм;

$\Delta_{ш}$  – односторонній мінусовий допуск на ширину стрічки, мм.

Дано:

$$A := 57 \quad a := 1.4 \quad \Delta_{ш} := 0.5$$

$$B := A + 2a + \Delta_{ш} \quad B = 60.300 \text{ мм}$$

Приймаємо  $B = 60$  мм.

Вибираємо стрічку 08 КП – ОМ – В – 1 – К – А – 1.5x 60 ГОСТ 503-81.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\partial} = M_{\partial} / H$$

де  $M_{\partial}$  - маса готового виробу, кг;

$$M_{\partial} = F_{\partial} \times S \times P$$

де  $F_{\partial}$  - площа деталі, мм<sup>2</sup>;

$P$  - густина матеріалу, г/мм<sup>3</sup>

$H$  - норма витрати матеріалу на одну деталь, кг

$$H = M / n_{\partial}$$

де  $M$  - маса рулону стрічки, г

$n_{\partial}$  - кількість деталей отриманих з рулону

Площу деталі визначаємо з допомогою інструментарію креслярсько-графічного редактора:

Дано:

$$F_{\partial} := 424.21 \text{ мм}^2$$

$$P := 0.0079 \text{ - густина матеріалу, г/мм}^3$$

$$S := 1.5 \text{ мм}$$

$$M := 210600 \text{ г}$$

$$n_{\partial} := 3 \times 10^4 \text{ шт}$$

$$M_{\partial} := F_{\partial} \cdot S \cdot P$$

$$M_{\partial} = 5.027 \text{ г}$$

Масу деталі визначаємо з допомогою інструментарію графічного редактора "КОМПАС-ГРАФІК" по її твердотільній моделі (див. додаток ).

$$H := \frac{M}{n_{\partial}} \quad H = 7.020 \text{ г/шт}$$

$$K_{\partial} := \frac{M_{\partial}}{H} \quad K_{\partial} = 0.716$$

## 1.6 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання

Повне зусилля штампування (див. креслення деталі “Шайба спеціальна”):

$$P_{\Sigma} = P_2 + P_{\text{проб}} + P_{\text{вир}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{зн}},$$

де  $P_{\Gamma}$  – зусилля гнуття, Н;

$P_{\text{проб}}$  – зусилля пробивання отвору, Н;

$P_{\text{вир}}$  – зусилля вирубання, Н;

$P_{\text{пр}}$  – зусилля проптовхування, Н.

$$P_2 = B_{\Gamma} \times S \times K_{\Gamma} \times \sigma_{\text{в}}$$

де  $B_{\Gamma}$  – сума довжин ліній згину, мм;

$S$  – товщина матеріалу, мм;

$K_{\Gamma}$  – коефіцієнт [2, табл. 22];

$\sigma_{\text{в}}$  – межа міцності матеріалу,

$$P_{\text{проб}} = 1,3 \times (\pi \times d) \times S \times \sigma_{\text{зр}}$$

де  $d$  – діаметр отвору, що пробивається, мм;

$\sigma_{\text{зр}}$  – опір зрізу, МПа;

$$P_{\text{вир}} = 1,3 \times L_{\text{вир}} \times S \times \sigma_{\text{зр}}$$

де  $L_{\text{вир}}$  – периметр вирубання, (визначається засобами креслярсько-графічного

редактора) мм.

Дано:

$B_{\Gamma} := 15$

$r := 1$

$L_{\text{вир}} := 89.1$

$K_{\Gamma} := 0.48$

$S := 1.5$

$K_{\text{пр}} := 0.06$

Розрахунок зусилля пробивання

$$R_{\text{проб}} := 1.3 \cdot (\pi \cdot d) \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр}} \quad R_{\text{проб}} = 1.302 \times 10^4 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля вирубанья.

$$R_{\text{вир}} := 1.3 \cdot L_{\text{вир}} \cdot \sigma_{\text{зр}} \cdot S \quad R_{\text{вир}} = 4.344 \times 10^4 \text{ Н}$$

Повне зусилля штампування

$$P_{\Sigma} := R_{\Gamma} + R_{\text{проб}} + R_{\text{вир}} \quad P_{\Sigma} = 5.995 \times 10^4$$

Зусилля зняття

$$R_{\text{зн}} := K_{\text{зн}} \cdot P_{\Sigma} \quad R_{\text{зн}} = 2.998 \times 10^3$$

$$P_{\Sigma} := R_{\Gamma} + R_{\text{проб}} + R_{\text{вир}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{зн}} \quad P_{\Sigma} = 6.655 \times 10^4 \text{ Н}$$

Враховуючи, що одночасно штамнуються дві деталі, повне зусилля збільшуємо в два рази.

$$P_{\Gamma} := 2 \cdot P_{\Sigma} \quad P_{\Gamma} = 1.331 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вибір обладнання доцільно робити після з'ясування закритої висоти та габаритів штампового оснащення.

## 1.7 Проектування штампа [6–8]

### 1.7.1 Опис штампа

Спроектований штамп сполученої дії (рис. 1.4) призначений для вирубування заготовки по контуру, пробиванню отвору і гнуттю.



виштовхувачем поз. 6, який спрацьовує від повзуна преса через штовхачі поз. 18, 27 та траверсу 1. Відштампована деталь вилучається зі штампа пневматичним здувачем. Верхня плита штампу кріпиться до повзуна пресу хвостовиком, а нижня до підштампової плити пресу прихоплювачами.

### 1.7.2 Розрахунок пуансону на міцність

Пуансони перевіряються на зминання опорною поверхнею головки пуансону поверхні плити і на стиснення і повздовжній вигин самого пуансону в найменшому перетині. Пуансон прийнятий по ГОСТ16626-80

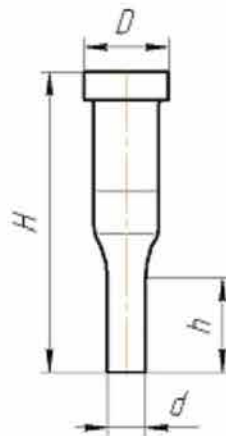


Рисунок 1.4 – Схема пуансону

Дано:  $h := 24 \text{ мм}$

$P := 13017.975$  - технологічне зусилля, Н;

$D := 18$  - діаметр опорної частини пуансону, мм;

$d := 8.5$  - діаметр робочої частини пуансону, мм;

$s := 1.5$  - товщина матеріалу, мм;

$z := 0.090$  - двосторонній технологічний зазор, мм

$F_{\text{гол}} := \pi \cdot \frac{D^2}{4}$  - площа опорної частини

$F_{\text{гол}} = 254.469$

$\sigma_{\text{зм}} := \frac{P}{F_{\text{гол}}}$  - напруження зм'яття, МПа;

Перевірка на стиснення здійснюється в наступній послідовності.

Спочатку визначається коефіцієнт  $\phi$  зниження граничного напруження  $\sigma_{ст}$ , який залежить від умовної гнучкості пуансону і враховує можливу втрату сталості пуансону (його повздовжній вигін). Для пуансону круглого перетину цей коефіцієнт залежить від параметра:

$$\mu := 2.8 \cdot \left( \frac{h}{d} \right) \quad \mu = 7.906$$

$\mu$	До 4	Св. 4 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12 до 16	Св. 16 до 23	Св. 23 до 30
$\phi$	1,0	0,8	0,75	0,72	0,65	0,6

Визначаємо площину  $F_k$  контакту робочого торця пуансону з матеріалом, що штампується. Якщо діаметр отвору, що пробивається, більше ніж товщина матеріалу, площину  $F_k$  потрібно приймати рівною площині кільцевого паску шириною  $a_k$ .

Ширина  $a_k$  залежить від відношення  $d/s$ , величини зазору і наявності нижнього притискувача. Значення  $a_k$  визначається по [2].

$$\frac{z}{s} = 0.060 \quad \frac{d}{s} = 5.667 \quad a_k := 0.25 \cdot d \quad a_k = 2.125$$

Площина кільцевого паску

$$F_k := \pi \cdot a_k \cdot (d - a_k) \quad F_k = 42.559$$

$$\sigma_{ст} := \frac{P}{\phi \cdot F_k} \quad \sigma_{ст} = 382.353 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ст} = 382.353 \text{ МПа} < [\sigma_{ст}] = 1600 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

### 1.7.3. Розрахунок виконавчих розмірів робочого інструменту

Визначаємо виконавчі розміри пуансона і матриці для пробивання отвору діаметром 52 мм для випадку їх роздільного виготовлення. Схема розмірів і полей допусків наведена на рис. 1.5.

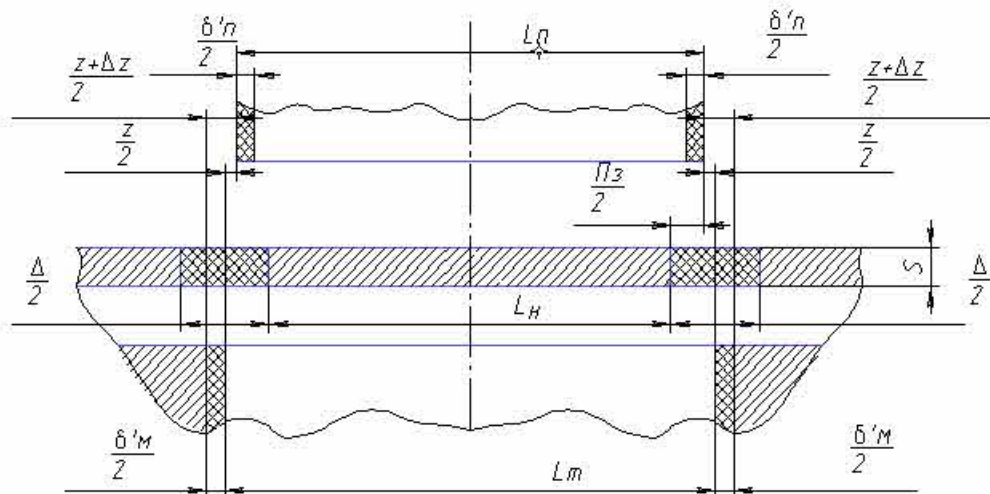


Рисунок 1.5 – Схема розмірів і полей допусків елемента, що штампується і робочих деталей штампа при їх роздільному виготовленні для операції пробивання отвору:  $L_n$  – номінальний розмір елемента, що штампується;  $L_p$  – номінальний розмір пуансона;  $\Delta$  – допуск розміру елемента, що штампується;  $\Pi_n$  – припуск на знос пуансона і матриці;  $\delta_p$  і  $\delta_m$  – допуски розмірів пуансона і матриці;  $z$  і  $\Delta z$  – зазор і поле допуску зазору між матрицею і пуансоном.

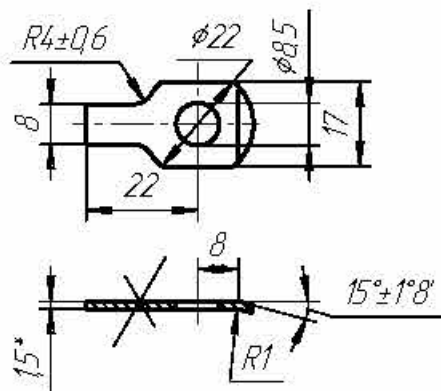


Рисунок 1.6 – До розрахунку виконавчих розмірів

Вихідні дані:

$$d = 8,5H14(+0.36)$$

$$S = 1.5 \text{ мм}$$

По [2] таблиця 13 для поля допуску  $\Delta = 0,36$  знаходимо  $\text{Пзн} = 0,30\text{мм}$ .

По [2] таблиця 14 при  $\sigma_{зр} = 520$  МПа для  $s = 1,5$  мм,  $z = 0.11$  мм і

$\Delta z = +0.050$  мм.

По [2] таблиця 15 для  $s = 1.5$  мм та розміру 8.5 мм знаходимо поля допусків – для матриці Н8 – (+0.022), для пуансону h6 – (-0.009)

$$L_n := 8.5 \quad \text{Пзн} := 0.30 \quad z := 0.11$$

$$L_{\text{п}} := (L_n + \text{Пзн})_{-\delta_{\text{п}}} \quad L_{\text{п}} = 8.800_{-0.009}$$

Виконавчий розмір матриці

$$L_{\text{м}} := (L_n + \text{Пзн} + z)^{+0.12} \quad L_{\text{м}} = 8.910^{+0.022}$$

#### 1.7.4 *Остаточний вибір обладнання* [10]

На основі розрахунку технологічних зусиль штампування та габаритів штампового оснащення, визначених внаслідок проектування та обраного згідно технологічного процесу матеріалу (стрічка), вибираємо для здійснення розробленого технологічного процесу прототип штампувального комплексу моделі АККД2124Е.06 для штампування деталей із стрічки у складі правильно-розмотуючого пристрою, валкової подачі та механізму різання відходів на базі однокривошипного двостоякового відкритого пресу з наступними технічними характеристиками:

1. Розміри стрічки, що подається, мм:

ширина	20...100
товщина	0,3...1,5

2. Крок подачі, мм 10...100

3. Точність подачі по кроку, мм  $\pm 0.25$

4. Найбільший зовнішній діаметр рулону, мм 1000

5. Сумарна потужність електродвигунів, кВт 4.08

6. Габаритні розміри, мм (довжина × ширина × висота)	6350 × 1500 × 2295
7. Маса, т	3.385
Технічна характеристика базового пресу КД2124	
1. Номінальне зусилля, кН	250
2. Число ходів, хвил <sup>-1</sup>	160
3. Закрита висота пресу, мм	250
4. Товщина підштампової плити, мм	75
5. Розміри підштампової плити, мм	
довжина	500
ширина	340
6. Діаметр отвору в повзуні під хвостовик, мм	40

### 1.8 Технічне нормування

Розрахунок робимо з обліком даних [9], що зводимо в таблиці 1.3, 1.4.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані

Габаритні розміри стрічки	1.5 × 60
Площа деталі	0,0004 м <sup>2</sup>
Матеріал	Сталь
Крок просування стрічки	30 мм
Кількість деталей із стрічки	30000
Оснащення	Штамп суміщеної дії
Спосіб подачі заготовки	автоматичний
Спосіб видалення відходу	автоматичний
Положення робочого	стоячи
Обладнання	кривошипний прес зусиллям 0,25 МН
Кількість подвійних ходів повзуна в хвилину	160
Муфта вмикання	фрикційна
Спосіб вмикання	автоматичний

Таблиця 1.4 – Розрахунок норми часу .

№ карти	№ позиції	Найменування переходів	Основний час , То	Допоміжний час на 1шт. у хв.	
				Перекритий	Неперекритий
9	1м	Взяти і піднести рулон , установити рулон у пристосуванні преса , перерізати в'язання проволки , витягнути, протерти і заправити кінець стрічки в штамп, ввімкнути прес	-	-	0.0035
16	1у	Основна операція	0.00625	-	-
					0.0035

Штучний час :

$$T_{шт} = ( T_o + T_v ) K$$

де  $K = 1.05$  [9] – коефіцієнт, що враховує час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті потреби;

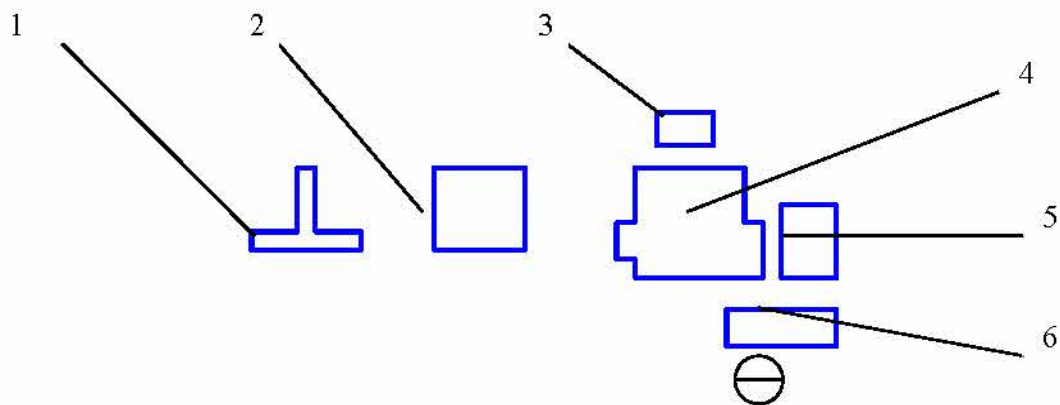
$$T_{шт} = ( 0.00625 + 0.0035 ) \cdot 1.05 = 0.012 \text{ хв.}$$

Норма виробітку:

$$N_B = \frac{T_{см}}{T_{шт}} = \frac{480}{0.012} = 48000 \text{ шт.}$$

де  $T_{cm}$  – тривалість циклу, хв.  $T_{cm} = 480$  хв.

Схема організації робочого місця на даній операції зображена на рис.1.7.



1 – розмотувальний пристрій; 2 – правильний пристрій; 3 – тара для деталей; 4 – прес; 5 – ножиці для різання відходів; 6 – пульт управління

Рисунок 1.7 – Схема організації робочого місця операції вирубання-пробивання-гнуття

### 1.9 Технологічний контроль якості продукції

З огляду на форму і застосування деталей, на які розроблені технологічні процеси в даному проекті, робимо висновок, що при виготовленні останніх можливі наступні види браку:

- наявність задирки по периметрі зрізу металу;
- зсув симетрично розміщених отворів щодо осі гнуття;
- наявність мікро- і макротріщин при гнутті деталі.

Для запобігання усіх видів браку при розробці технологічних процесів прийняті наступні міри:

- більш якісне виготовлення оснащення, зокрема витримка оптимального зазору між матрицею і пуансоном;

- установка вузлів, що компенсують, що дозволяють знижувати вплив похибок устаткування на процес штампування;
- застосування фіксуючих елементів при гнутті, що попереджають перетяжку бортів деталей, що гнуться;
- попередження тріщин за рахунок правильного вибору металу заготовки і виду термообробки;
- застосування автоматизації при штампуванні дозволяє більш точно одержувати лінійні розміри в деталях і заготовлях .

Крім вищевказаних засобів підвищення якості продукції, необхідно використовувати систему організації технологічного контролю, що включає безпосередню перевірку виготовлених деталей і заготовок виробником. Це дозволяє на всіх етапах виробництва контролювати якість продукції.

#### **1.10 Складання карти технологічного процесу листового штампування**

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу. Карта наведена у Додатку Б.

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛІ «ШАЙБА СТОПОРНА» ІЗ СТРІЧКИ

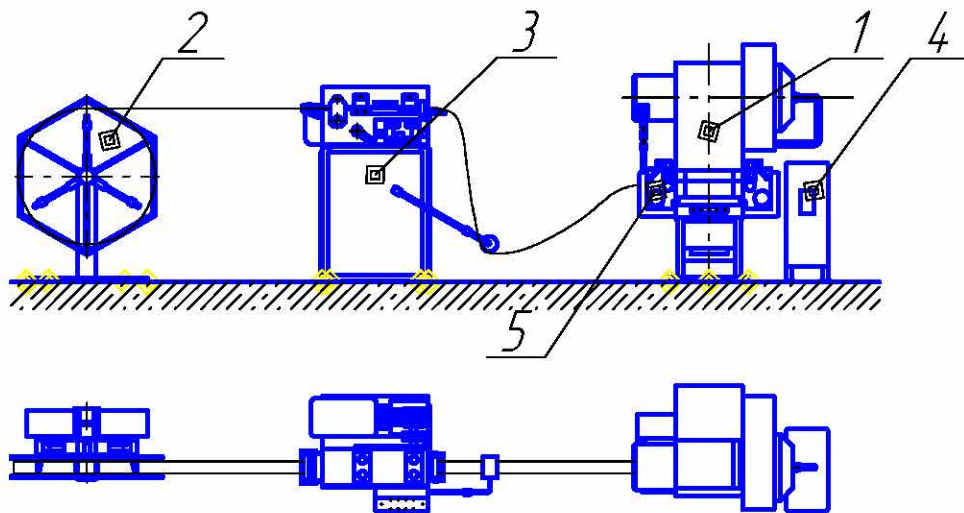
### 2.1 Обґрунтування застосування та вибір складу комплексу

Штампувальний комплекс на базі однокривошипного відкритого преса використовують для автоматизованого виготовлення деталей із стрічки методами операцій холодного штампування: вирубання, пробивання отворів, неглибокого витягування тощо [10–12].

Комплекс може використовуватись в автомобільній промисловості, сільськогосподарському машинобудуванні та інших галузях промисловості, а також при виготовленні товарів народного вжитку.

За прототип приймаємо комплекс АККД2124 для штампування деталей із стрічки на базі кривошипного преса КД2124 номінальним зусиллям 0,25 МН.

До складу комплексу входять: прес однокривошипний відкритий простої дії зусиллям 0,25 МН, правильно-розмотувальний пристрій, валкова подача, ножиці для різання відходів. Схема комплексу наведена на рис. 2.1.



1 – прес; 2 – розмотувальний пристрій; 3 – правильно-розмотувальний пристрій; 4 – ножиці для різання відходів; 5 – валкова подача.

Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого комплексу для штампування деталей із стрічки

## 2.2 Вихідні дані для проектування комплексу

1. Максимальне зусилля базового пресу, МН.....	0,20
2. Максимальна продуктивність комплексу, шт. за год.....	9600
3. Розміри стрічки, що подається, мм	
ширина.....	20...63
товщина.....	0,3...1,5
4. Крок подачі, мм.....	10...100
5. Точність подачі по кроку, мм.....	$\pm 0,25$
6. Найбільший зовнішній діаметр рулону стрічки, мм .....	900
7. Габаритні розміри (довжина $\times$ ширина $\times$ висота над рівнем полу).....	6600 $\times$ 1700 $\times$ 2600

## 2.3 Розрахунок пресу

Розрахунок базового пресу виконується з застосуванням прикладної програми Mathcad [13], а проектування з застосуванням креслярсько-графічного редактора.

Результати розрахунків наведені у додатку В.

## 2.4 Конструювання комплексу

Конструювання загального виду комплексу, складального креслення вузла "Ексцентриковий вал" виконувались з застосуванням систем автоматизованого проектування. Також в повному обсязі використовувались бібліотечні функції систем; машинобудівні бібліотеки, бібліотеки кінематичних схем, прикладні бібліотеки, бібліотеки електродвигунів, довідники матеріалів.

## Перелік джерел посилання

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. – [6-е изд.], – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. – 530 с.
2. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. –496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб. – М.:Машиностроение, 1980.-728 с.-Т.1.
4. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т. /Под ред. Е.И. Семенова. –Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.– М.: Машиностроение,1985.–567 с.
5. Ковка и штамповка : Справочник. В 4т. Т.4 Листовая штамповка/Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов/пред./ и др.-М.: Машиностроение. 1985–1987.–544 с.: ил.
6. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штамтів. Штамт як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ "Імекс ЛТД", 2005. – 236 с.
7. 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.
8. Методичні вказівки до практичних занять студентів кредитного модуля «Технологія холодного штампування та конструювання штамтів 2» підготовки бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка спеціалізацій Системи комп'ютерних технологій машинобудування пластичним формоутворенням, Технології композиційних та наноструктурних конструкцій, Технології озброєння та засобів безпеки / Уклад.: Орлюк М.В., Вишневський П.С. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 43 с.
9. Общемашиностроительные нормативы на холодную штамповку, резку, высадку и обрезку. Массовое, крупносерийное, серийное и мелкосерийное производство. М.: НИИ труда. 1978.-231с., ил.

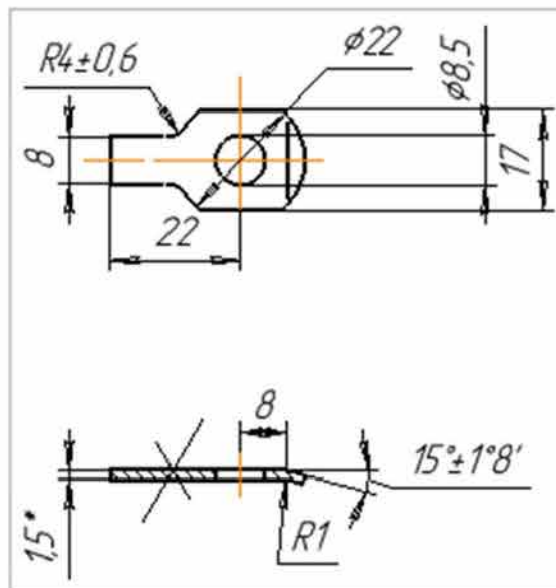
10. Справочник по оборудованию для листовой штамповки /Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под ред. Л.И. Рудмана.–К.: Техніка, 1989.–231 с.
11. Мансуров И.З., Подрабинник И.М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы КГПП: Справочник,-М.: Машиностроение, 1990.-341 с.
12. Плєснецов Ю. О. Ковальськo-штaмпувальнє облaднaння. Мехaнiчнi преси: навч. посiб. / Ю.О. Плєснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 236 с. ISBN 978-617-7188-69-7
13. Сясєв А. В. Вступ до системи MathCAD: навч. посiб. – Д.: Вид-во Днiпропетр. ун-ту, 2004. – 108 с. ISBN 966-551-134-3 ь

# Додатки

ДОДАТОК А  
Кресленик деталі «Шайба стопорна»

УЯИШ.605.205.119

6.3  
√(√)



H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$ .

Лист	Масса	Масштаб
1	0,005	1:1
Лист	Листов 1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разроб.		Лосинський		18.03
Проб.		Мірош		18.03
Т.контр.				
Н.контр.				
Стр.				

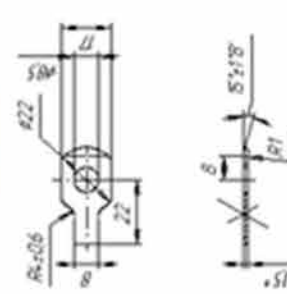
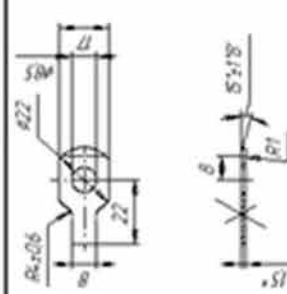
Шайба стопорна

Стрічка 09 КТ-СМ - В - 1 - К - А - 10x66  
ГОСТ 503-81.

Копировал

Формат А4

ДОДАТОК Б  
Технологічна карта на виготовлення деталі «Шайба  
стопорна»

Карта технологічного процесу		Картка №						
Мабриство <b>світл. і мери Укробл</b> Централізований металургійний завод Київської області	Деталь	"Шайба стопорна"						
	Кафедра машинобудування, металургія і робочі процеси	Кількість штук на вироб.	18725					
		10	18725					
		Склад						
		Маса, кг	0,005					
		76	0,005					
		Студент	Група					
		Ласинавий О. В.	гм-007-1-30К					
		Затвердив						
		Керівник	Підпис					
		Мірош В.Я.	Підпис					
		0,007	20.05.24					
		30000	20.05.24					
Ескиз деталі 								
Схема розкрою, операційний ескиз 1 								
№№ Операцій, переходів	Найменування операцій, переходів	Обладнання	Штамп-пристрій	Виробничий інструмент	Норма штучного часу	Професія	Рівень	Клас
2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Виробництво-проблемна-група	АКСД 21.24.10	Штамп-пристрій зі	Штангенциркуль ШЦ-I	0.012	Штанга зі зі	III	III
20	Контроль			Штангенциркуль ШЦ-I, шаблон		Контроль зі	IV	IV

ДОДАТОК В  
Розрахунок базового пресу комплексу  
в програмі «PressCad»

# Розрахунок комплексу

- Початкові дані
- Розрахунок кривошипного пресу
- Розрахунок вузла механізації

## Початкові дані преса

Номінальне зусилля преса, МН	$P_H := 0.2$
Хід повзуна преса, мм	$S := 60$
Кількість ходів повзуна преса в хвилину, хвилг <sup>1</sup>	$n_X := 135$
Коефіцієнт довжини шатуна преса	$\lambda := 0.1$

## Розрахунок кривошипного пресу

- Кінематичний розрахунок
- Силовий розрахунок
- Енергетичний розрахунок
- Розрахунок вузла

## Кінематичний розрахунок преса

- Вибір кінематичної схеми і вибір передаточних відношень
- Розрахунок кінематичних параметрів
- Побудова графіків
- Результати розрахунків

### Кінематична схема кривошипного преса

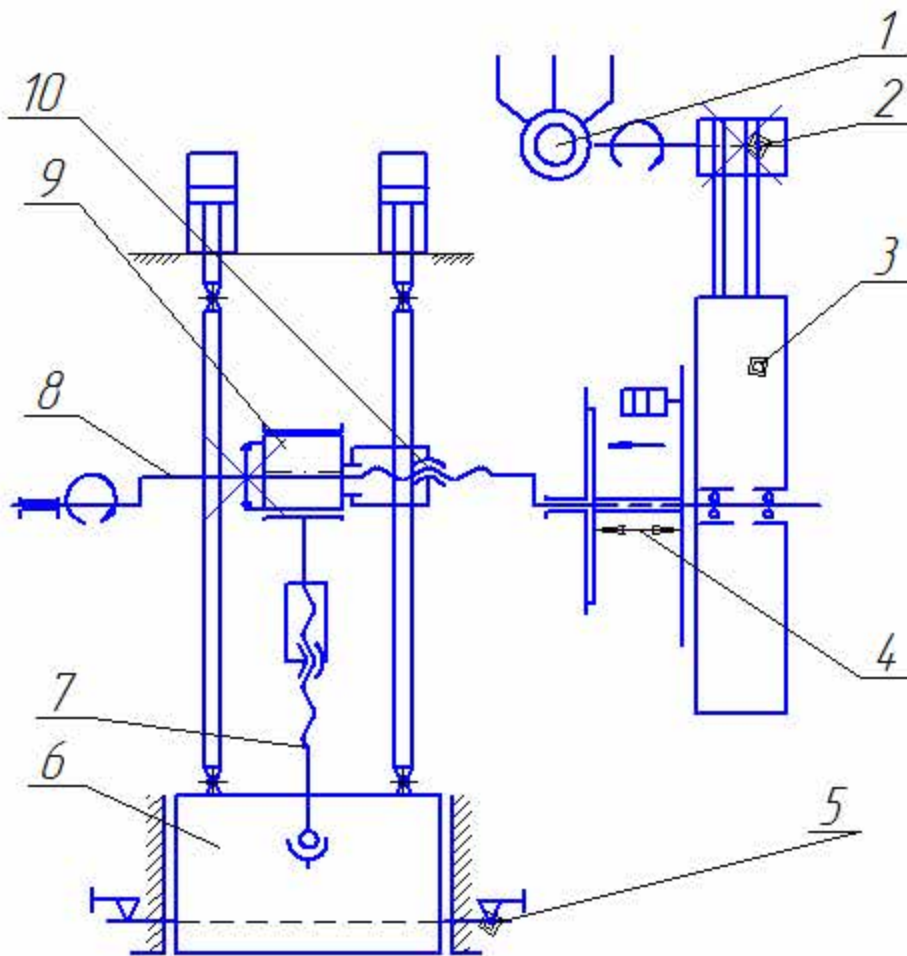


Рис. 2. Кінематична схема однокривошипного відкритого преса простої дії: 1- електродвигун; 2- шків привода; 3- маховик привода; 4- муфта-гальма; 5- планка виштавхувача; 6- повзун; 7- гвинт регулювання; 8- вал ексцентрикний; 9- втулка ексцентрикова; 10- гайка.

## Визначення передаточних відношень передач

Вибір електродвигуна

Довідка

Вибраний електродвигун з кількістю обертів в хвилину:  $n_e := 1000$

Загальне передаточне відношення  $I := \frac{n_e}{n_x} \quad I = 7.407$

**Приймасмо**  $I := 7.41$

Значення передаточних відношень окремих передач

Довідка

Передаточне відношення клиноремінної передачі  $i_1 := 7.41$

Передаточне відношення швидкохідної ступені зубчатої передачі  $i_2 := 1.0$

Передаточне відношення тихохідної ступені зубчатої передачі  $i_3 := 1$

Перевірка ( $I_s = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n = I_{sum}$ )  $I_s := i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \quad I_s = 7.41$

**Приймасмо**  $I_s := 7.41$

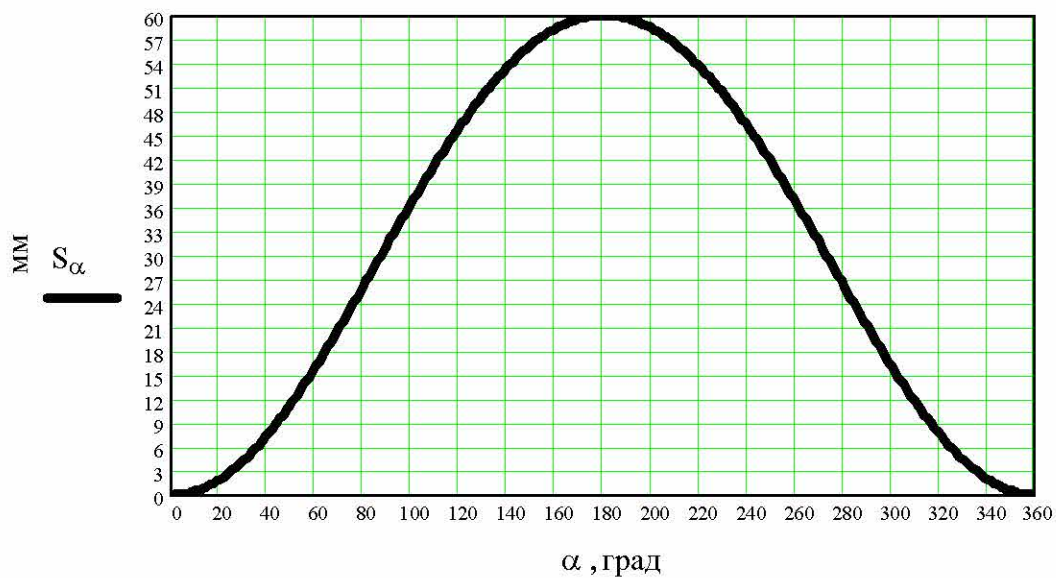
## Розрахунок кінематичних параметрів

Хід повзуна, мм		S = ■
Радіус кривошипа, мм	$R := \frac{S}{2}$	R = ■
Коефіцієнт перевода град. в рад.	$r := \frac{\pi}{180}$	r = ■
Кут повороту головного валу, град		$\alpha := 0.. 360$
Кутова швидкість головного валу, рад <sup>-1</sup>	$\omega := \frac{\pi \cdot n_X}{30}$	$\omega = \blacksquare$
Коефіцієнт довжини шатуна		$\lambda = \blacksquare$
Шлях повзуна, мм	$S_\alpha := R \cdot \left[ (1 - \cos(\alpha \cdot r)) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos(2 \cdot \alpha \cdot r)) \right]$	
Швидкість повзуна, мм/с	$V_\alpha := \omega \cdot R \cdot \left( \sin(\alpha \cdot r) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(2 \cdot \alpha \cdot r) \right)$	
Прискорення повзуна, мм/с <sup>2</sup>	$J_\alpha := -\omega^2 \cdot R \cdot (\cos(\alpha \cdot r) + \lambda \cdot \cos(2 \cdot \alpha \cdot r))$	

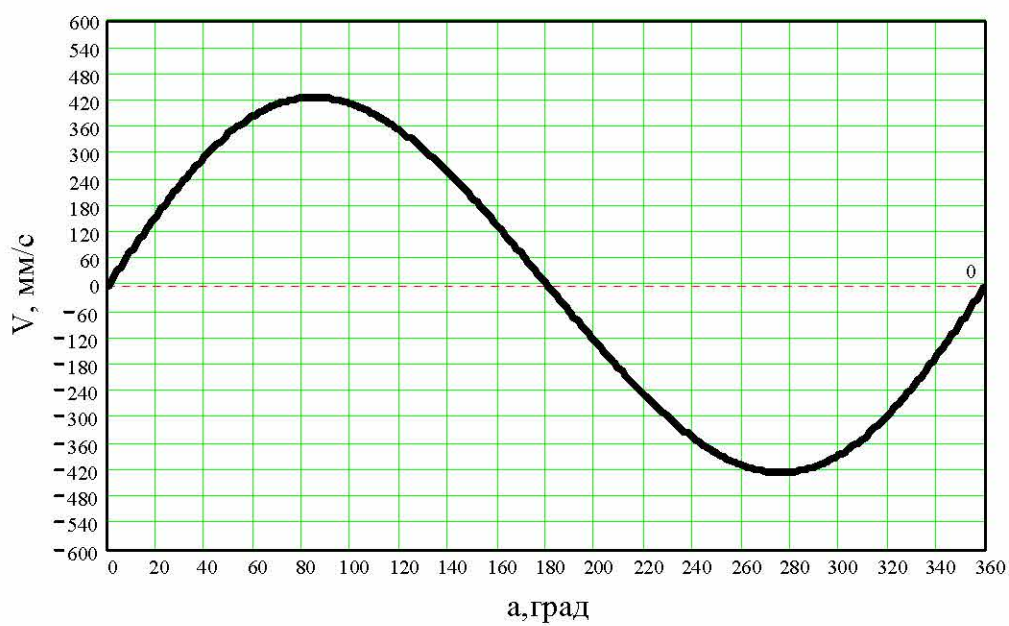
### Побудова графіків

- Шлях
- Швидкість
- Прискорення

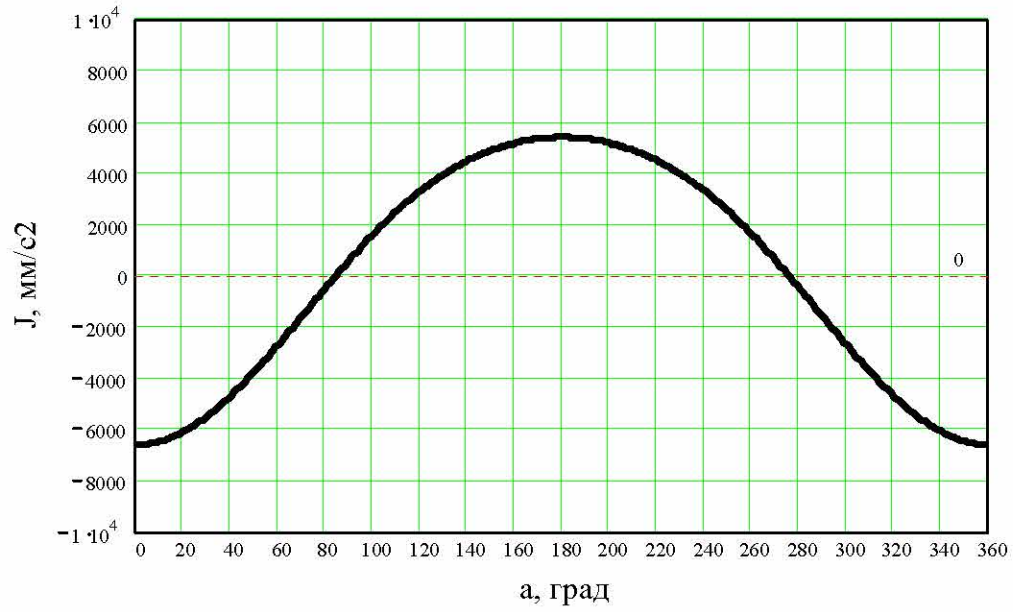
Графік залежності шляху повзуна від кута повороту  
головного валу



Графік залежності швидкості повзуна від  
кута повороту головного валу



**Графік залежності прискорення повзуна від  
кута повороту кривошипа  
поворота главного вала**



## Результати розрахунку

$\alpha_2 =$	$S_{\alpha_2} =$	$V_{\alpha_2} =$	$J_{\alpha_2} =$
0	0	0	$-6.595 \cdot 10^3$
1	$5.026 \cdot 10^{-3}$	8.142	$-6.594 \cdot 10^3$
2	0.02	16.281	$-6.59 \cdot 10^3$
3	0.045	24.413	$-6.584 \cdot 10^3$
4	0.08	32.536	$-6.575 \cdot 10^3$
5	0.126	40.646	$-6.563 \cdot 10^3$
6	0.181	48.741	$-6.549 \cdot 10^3$
7	0.246	56.817	$-6.533 \cdot 10^3$
8	0.321	64.87	$-6.514 \cdot 10^3$
9	0.406	72.899	$-6.492 \cdot 10^3$
10	0.501	80.9	$-6.468 \cdot 10^3$
11	0.606	88.869	$-6.442 \cdot 10^3$
12	0.72	96.804	$-6.413 \cdot 10^3$
13	0.845	104.701	$-6.381 \cdot 10^3$
14	0.979	112.558	$-6.347 \cdot 10^3$
15	1.123	120.372	$-6.311 \cdot 10^3$
16	1.276	128.139	$-6.272 \cdot 10^3$
17	1.439	135.857	$-6.231 \cdot 10^3$
18	1.612	143.523	$-6.187 \cdot 10^3$
19	1.793	151.134	$-6.142 \cdot 10^3$
20	1.985	158.687	$-6.093 \cdot 10^3$
21	2.185	166.179	$-6.043 \cdot 10^3$
22	2.395	173.607	$-5.99 \cdot 10^3$
23	2.614	180.969	$-5.936 \cdot 10^3$
24	2.842	188.262	$-5.879 \cdot 10^3$
25	3.079	195.483	$-5.819 \cdot 10^3$
26	3.324	202.63	$-5.758 \cdot 10^3$
27	3.579	209.7	$-5.695 \cdot 10^3$
28	3.842	216.69	$-5.629 \cdot 10^3$
29	4.114	223.599	$-5.562 \cdot 10^3$
30	4.394	230.422	$-5.492 \cdot 10^3$
31	4.683	237.159	$-5.421 \cdot 10^3$
32	4.98	243.806	$-5.348 \cdot 10^3$
33	5.285	250.362	$-5.272 \cdot 10^3$

# Силовий розрахунок

## Тип головного вала

- Кривошипный вал
- Одноколінчастий вал
- Двохколінчастий вал
- Ексцентрикний вал
- Односторонній шестерне-ексцентрикний привод
- Двосторонній шестерне-ексцентрикний привод

## Ексцентрикний вал

- Розрахунок геометричних параметрів
- Розрахунок головного валу на міцність
- Розрахунок зубчатої передачі
- Технологічні графіки навантажень
- Графік зусиль на повзуні

## Розрахунок геометричних параметрів

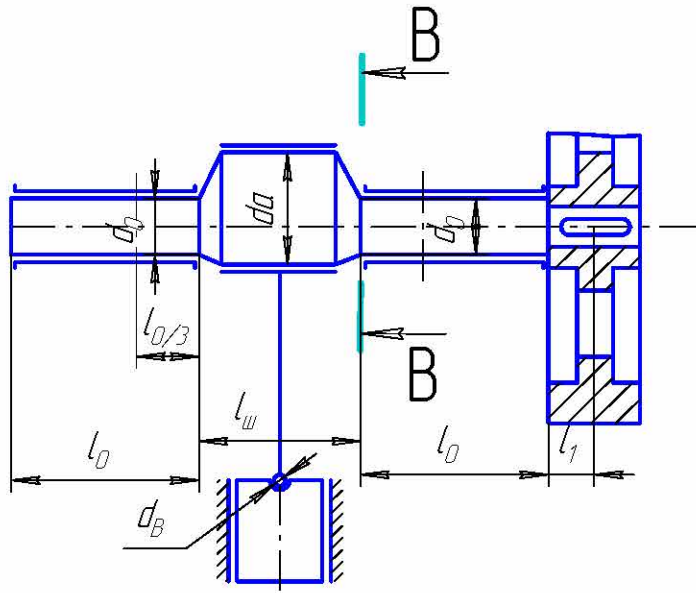


Схема ексцентрикового валу з маховиком

Діаметр опорної шийки, мм

$$d_o := 140 \cdot \sqrt{P_n + 0.02} \quad d_o = 65.666$$

**Приймаємо**  $d_o := 80$

Діаметр опорної головки шатуна, мм

**Приймаємо**  $d_b := 60$

Діаметр шатуної шийки шатуна, мм

$$d_a := d_o \cdot 1.25 \quad d_a = 100$$

**Приймаємо**  $d_a := 145$

Довжина опорної шийки вала, мм (конструкт.)

**Приймаємо**  $l_o := 135$

Довжина шатунної шийки, мм (конструктивно) **Приймаємо**  $l_{ш} := 80$

Радіуси галтелей від щік до шийок, мм  $r_{щ} := 0.08 \cdot d_o$   $r_{щ} = 6.4$

**Приймаємо**  $r_{щ} := 5$

Коефіцієнт тертя:

при рідинному змащенні  $f = 0.03..0.04$

при твердому змащенні  $f = 0.05..0.06$

$f := 0.035$

Ідеальне плече сили в випадку  
центрального кривошипно -  
повзунного механізму, мм

$$Mk_{i\alpha} := R \cdot \left( \sin(\alpha \cdot r) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(2 \cdot \alpha \cdot r) \right)$$

Приведенне відносне плече  
сили кривошипного преса з  
центрально кривошипно-повзун-  
ним механізмом, мм

$$Mk_{f\alpha} := \frac{1}{2} \cdot f \cdot [(1 + \lambda) \cdot da + \lambda \cdot db + d_o]$$

Приведенне плече сили в  
реальному механізмі, мм

$$Mk_{\alpha} := Mk_{i\alpha} + Mk_{f\alpha}$$

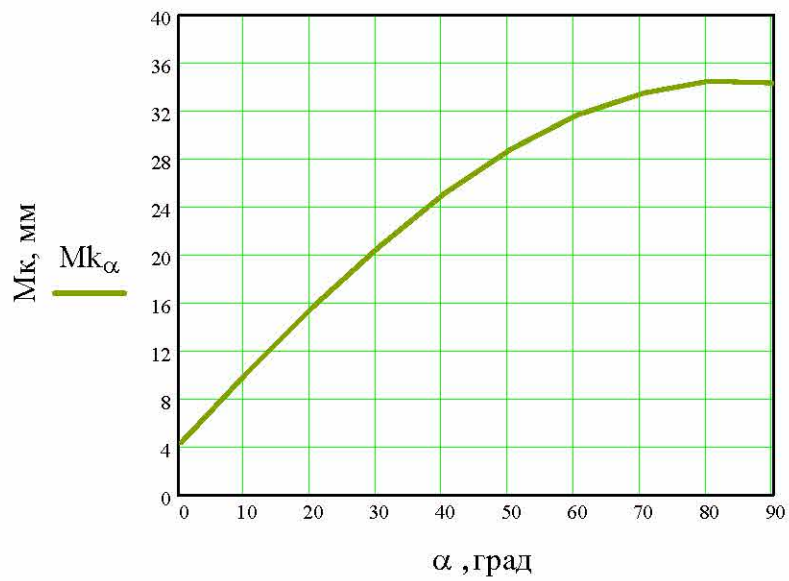
● **Результати розрахунків**

● **Графік**

## Результати розрахунків

$\alpha =$	$Mk_i =$	$Mk_f =$	$Mk_\alpha =$	$\alpha =$
0	0	4.296	4.296	0
10	5.722	4.296	10.019	10
20	11.225	4.296	15.521	20
30	16.299	4.296	20.595	30
40	20.761	4.296	25.057	40
50	24.459	4.296	28.755	50
60	27.28	4.296	31.576	60
70	29.155	4.296	33.451	70
80	30.057	4.296	34.354	80
90	30	4.296	34.296	90

Графік залежності приведенного плеча сили від кута повороту  
головного валу



## Розрахунок головного валу на міцність

Межа витривалості при згині, МПа	<b>Довідка</b>	$\sigma_H := 360$
Константа міцності при крутінні в перерізі В-В, визначається з графіка	<b>Графік</b>	$\Phi_\tau := 2.25$
Коефіцієнт запаса міцності	<b>Довідка</b>	$n := 1.3$
Коефіцієнт еквівалентного навантаження	<b>Довідка</b>	$k_e := 0.8$

Константа міцності при вигині в перерізі А-А, визначається з графіка  $\Phi_\sigma := 2.25$

Маса маховика з муфтою, Н  $G_m := 6000$   
 $P_d := 250000$   
 $l_1 := 170$

$$c := \frac{G_m}{P_d} \quad c = 0.024$$

Відстань від краю опори до центра маховика, мм

Зусилля на повзуні, що допускається міцністю кривошипного вала в перерізі В-В, Н

$$P_{de}_\alpha := \frac{0.2 \cdot d_o^3 \cdot \sigma_H}{k_e \cdot n \cdot \sqrt{\Phi_\sigma \cdot l_{ш}^2 + \Phi_\tau \cdot (Mk_\alpha)^2}}$$

### Результати розрахунку

## Результати розрахунку

$\alpha =$		
	0	1
	0	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
	16	

$Pde_{\alpha} =$	
	0
	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16

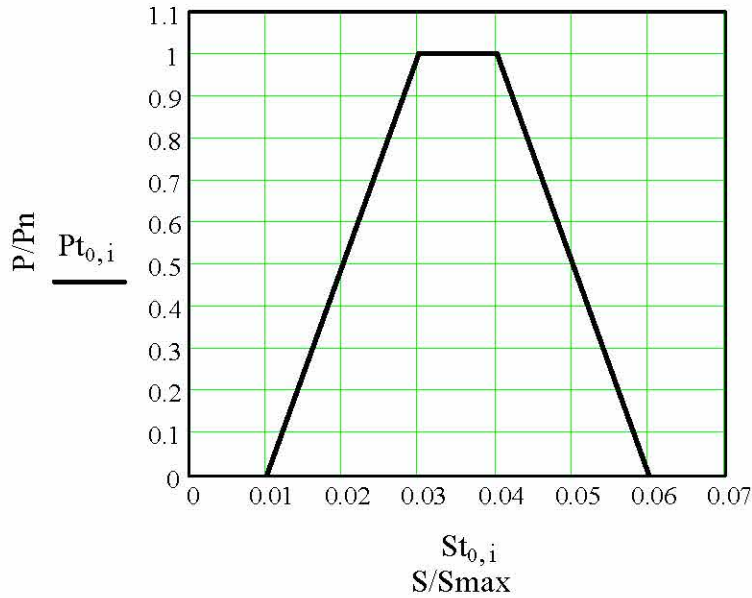
**Технологічні графіки навантажень для операцій:**

- Вирубання
- Витягування
- Гнуття

## Технологічні графіки навантажень для операції вирубання:

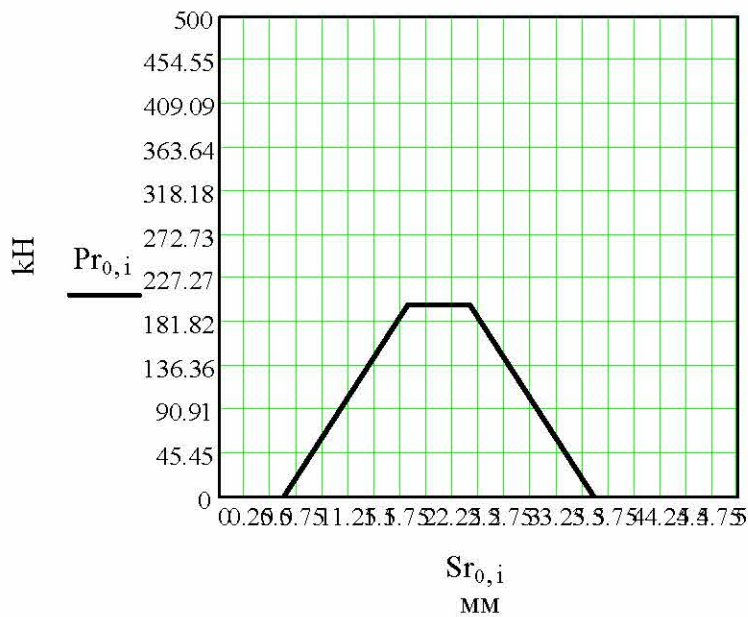
Типовий графік залежності зусилля від деформації  
для операції "Вирубка"

$$i := 0..3 \quad Pt := ( 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 ) \quad St := ( 0.01 \quad 0.03 \quad 0.04 \quad 0.06 )$$



Реальний графік залежності зусилля від деформації  
для операції "Вирубка"

$$Pr := Pt \cdot Pn \quad Sr := St \cdot S \cdot 1000$$



Pr<sub>0,i</sub> = Sr<sub>0,i</sub> =

0	0.6
200	1.8
200	2.4
0	3.6

Графік залежності зусилля преса від пружної деформації

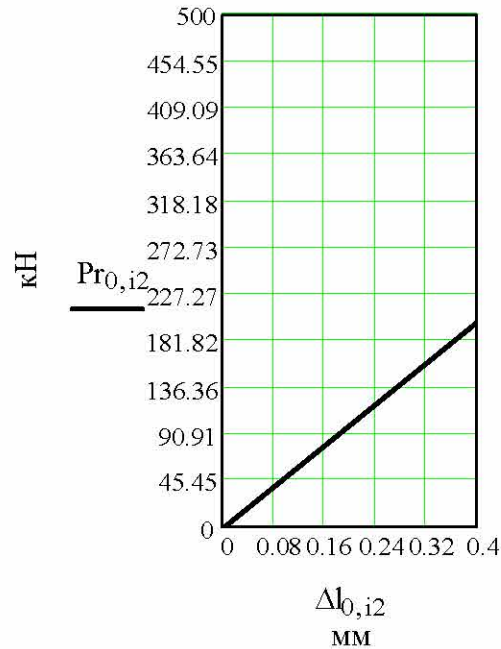
Жорсткість пресу, Мн/м

$C := 500$

Пружня деформація деталей и вузлів преса, мм

$$\Delta := \frac{Pn}{C} \quad \Delta = 0.4$$

$$i2 := 0..1 \quad \Delta l := (0 \quad \Delta)$$

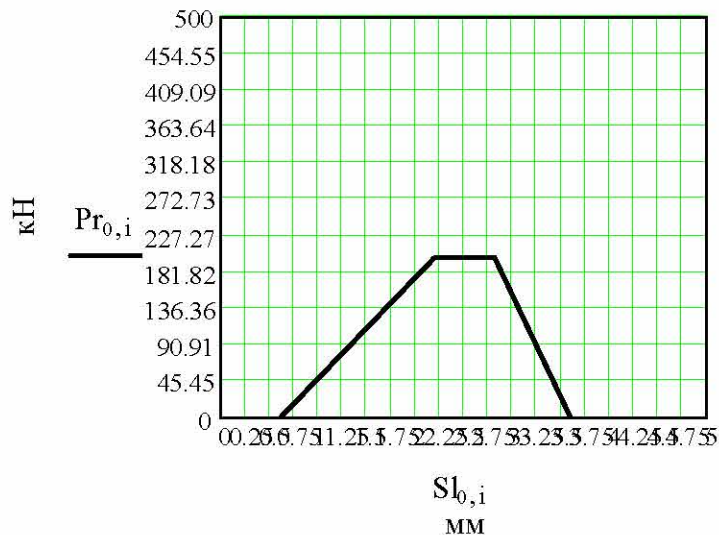


$$Pr_{0,i2} = \Delta l_{0,i2} =$$

0	0
200	0.4

Реальный графік залежності зусилля від деформації для операції "Вирубка" з врахуванням жорсткості пресу

$$Sl := ( Sr_{0,0} \quad Sr_{0,1} + \Delta \quad Sr_{0,2} + \Delta \quad Sr_{0,3} )$$

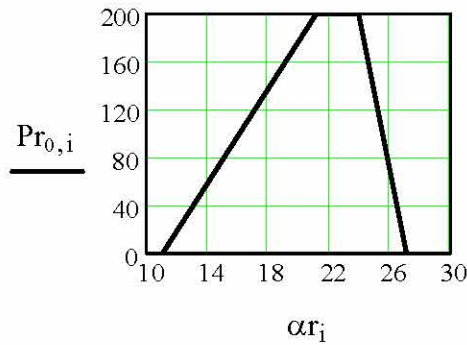


$$Sl_{0,i} = Pr_{0,i} =$$

0.6	0
2.2	200
2.8	200
3.6	0

Реальний графік залежності зусилля від кута повороту  
головного валу з врахуванням жорсткості пресу

$$A_{\alpha} := \alpha \quad \alpha r_i := \text{interp}(S, A, Sl_{0,i})$$



$\alpha r_i =$	$Pr_{0,i} =$
10.945	0
21.07	200
23.817	200
27.08	0

$$Pr2_i := Pr_{0,i}$$

Графік залежності крутного моменту на головному  
валу від кута повороту

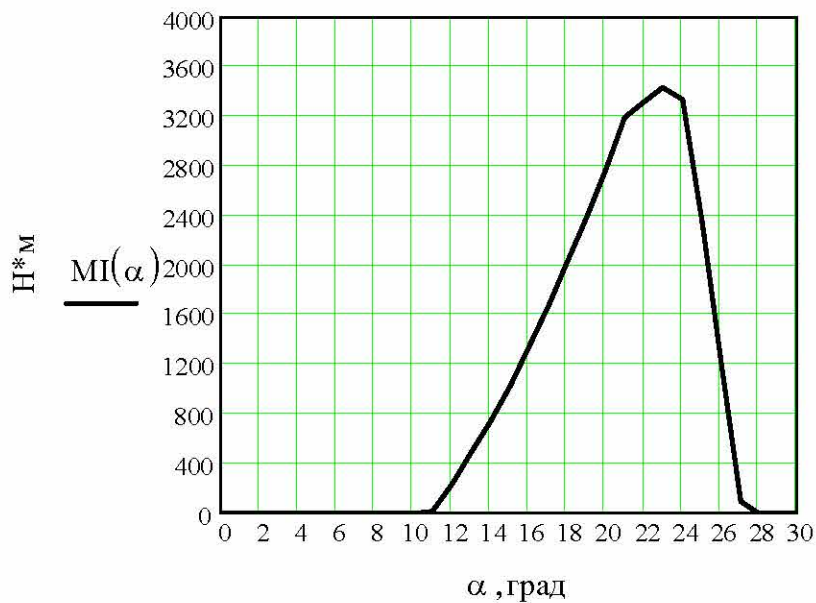
Поточне значення

зусилля деформації, кН  $Pw_{\alpha} := \text{if}(\text{interp}(\alpha r, Pr2, \alpha) < 0, 0, \text{interp}(\alpha r, Pr2, \alpha))$

Крутний момент на головному валу, Н\*м

$$Mk_{\alpha} := mk_{\alpha} \cdot Pw_{\alpha}$$

$$MI(\alpha) := \text{interp}(\text{cspline}(A, Mk), A, Mk, \alpha)$$



Максимальний крутний момент  
на головному валу, Н\*м

$$M_{\max} := \text{floor}(\max(M_k))$$

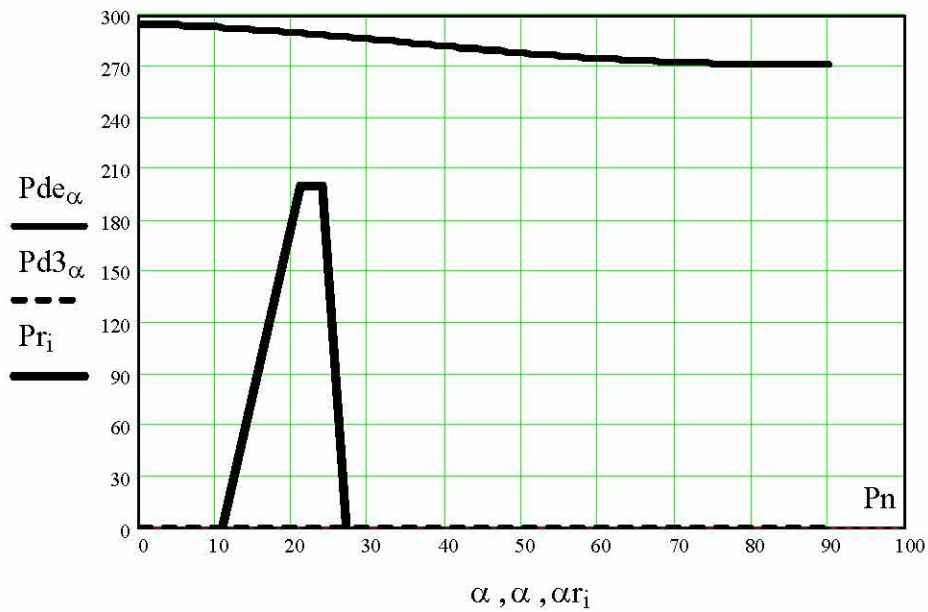
$$M_{\max} = 3419$$

Площина графіка, мм<sup>2</sup>

$$F := \int_{11}^{27} M_I(\alpha) d\alpha$$

$$F = 29550.746$$

### Графік зусиль на повзуні по міцності кривошипного валу



## Енергетичний розрахунок

Витрата енергії за час робочого ходу, Дж  $A_p := 0.0175 \cdot F$   $A_p = 1005.211$

Витрата енергії за час холостого ходу, Дж  $A_x := 2450 \cdot P_n \cdot \sqrt{P_n}$   $A_x = 219.135$

● Витрата енергії на включення муфти, Дж  $A_m := 200$

Загальна витрата енергії, Дж  $A_s := A_p + A_x + A_m$   $A_s = 1424.346$

Коефіцієнт запаса потужності електродвигуна Довідка  $k := 1.3$

Коефіцієнт використання ходів  $p := 0.6$

Час циклу, с  $t := \frac{60}{n_x \cdot p}$   $t = 0.741$

Розрахункова потужність електродвигуна, КВт  $N := \frac{k \cdot A_s}{1000 \cdot t}$   $N = 2.5$

### Вибір електродвигуна

АМУ132S6 Довідка  
 потужність, КВт  $N_d := 3.0$   
 кількість обертів, об/мин  $n := 980$

Коефіцієнт, що залежить від відношення між номінальним и критичним ковзанням електродвигуна Довідка  $\varepsilon := 0.90$

Номінальне ковзання електродвигуна, що рекомендується Довідка  $s := 0.1$

Пружне ковзання клинопасової передачі  $s_y := 0.01$

Коефіцієнт нерівномірності обертання маховика  $\delta := 2 \cdot \varepsilon \cdot k \cdot (s + s_y)$   $\delta = 0.257$

Кутова швидкість маховика, с<sup>-1</sup>  $\omega_m := 78.5$

Кут повороту головного валу при  
максимальному навантаженні, рад

$$\alpha_n := \alpha_{r3} \cdot \frac{\pi}{180} \quad \alpha_n = 0.473$$

Коефіцієнт, що враховує форму  
графіка навантаження

$$k_f := 1 - \frac{\alpha_n}{2 \cdot \pi} \quad k_f = 0.925$$

Момент інерції махових мас привода, кг\*м<sup>2</sup>

$$I := k_f \cdot \frac{A_p}{\omega_m^2 \cdot \delta} \quad I = 0.586$$

Момент інерції маховика, кг\*м<sup>2</sup>

$$I_m := I - I_{MS} \quad I_m = 0.486$$

Час разгону маховика, с

$$t_p := \frac{1.2 \cdot I_m \cdot \omega_m^2}{1000 \cdot N_d} \quad t_p = 1.198$$

ДОДАТОК Г  
**Специфікація до складального кресленика  
штампу суміщеної дії**

**Г.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик**

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кол.	Примітка
				<i>Документація</i>		
			КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.00 СК	Складальний кресленик		
				<i>Деталі</i>		
		1	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.01	Траверса	1	
		2	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.02	Плита верхня	1	
		3	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.03	Плитка	1	
		4	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.04	Плансон	1	
		5	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.05	Тримач	1	
		6	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.06	Виштовхувач	1	
		7	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.07	Матриця	1	
		8	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.08	Знімач	1	
		10	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.10	Плансон-матриця	1	
		11	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.11	Тримач	1	
		12	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.12	Плита нижня	1	
		23	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.23	Втулка	2	
		24	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.24	Колонка	2	
		26	КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.26	Пружина	4	
				<i>Стандартні вироби</i>		
				<i>Гвинти ГОСТ 11738-84</i>		
		15		M10x60	4	
		16		M10x70	4	
		17		M12x35	4	
			КРБ.ПМ.24.67.100.00.00.00			
Зм. Арк.	№ док.	Підп.	Дат.	<b>Штамп суміщеної дії</b>		Лит.
Розроб.	Ласинський	[підпис]	[дата]			Арки
Перев.	Мірошак	[підпис]	[дата]			Арки
Н.контр.	Гречка	[підпис]	[дата]			Арки
				ЦНТУ гр. ПМЮТІ-21-ЗСК		Формат A4





