

# ЗАХВАТНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ

## ЗАКРЕВСЬКА ОЛЬГА СЕРГІЇВНА

учениця 10 класу  
Центральноукраїнського наукового ліцею  
Кіровоградської обласної ради

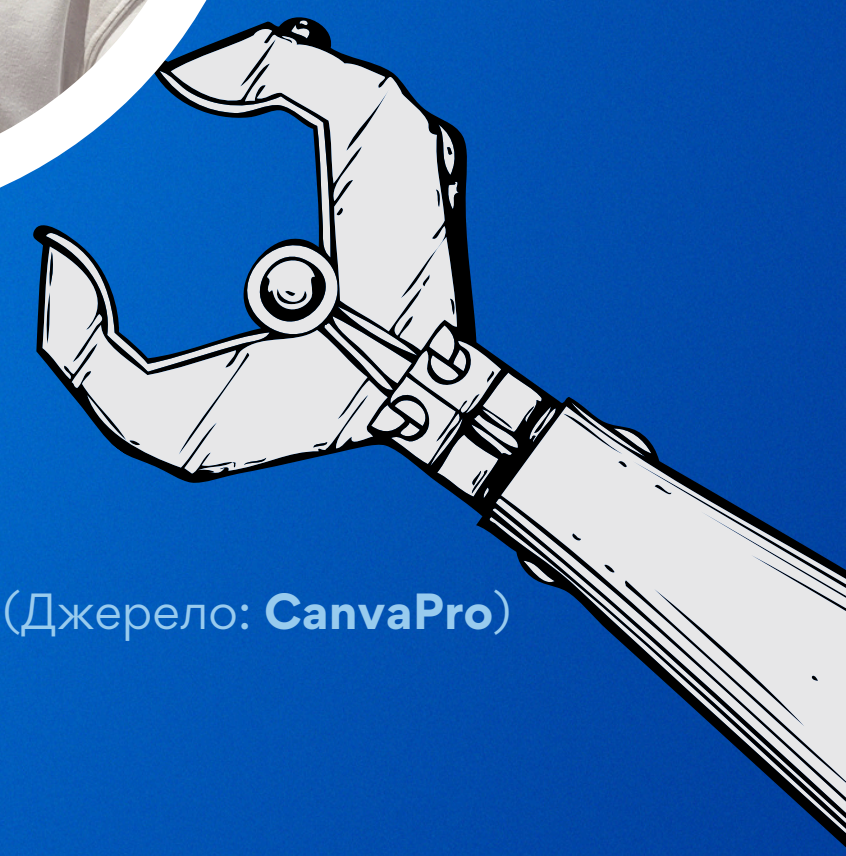
### Наукові керівники:

#### **ГОДУНКО МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ**

доцент кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки  
Центральноукраїнського національного технічного університету, кандидат технічних наук

#### **ДЕНИСОВ ДЕНИС ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

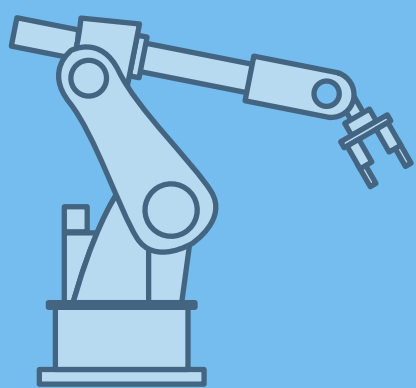
заступник директора з навчальної роботи, вчитель фізики Центральноукраїнського  
наукового ліцею Кіровоградської обласної ради



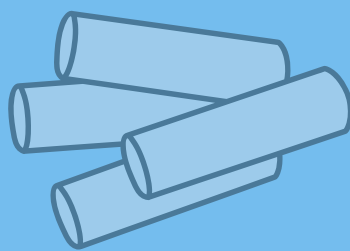
(Джерело: [CanvaPro](#))

# АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

(Джерело: CanvaPro)



Головним завданням у розвитку технологій є підвищення ефективності та безпеки роботизованих маніпуляторів, що використовуються для роботи з боєприпасами, знешкодження вибухових пристроїв та обслуговування військової техніки.



Удосконалення захватних конструкцій та оптимізація силових параметрів підвищують функціональність роботизованих систем.



Зазначені удосконалення знизять ризики складних операцій та підвищать точність, надійність і енергоефективність роботизованих систем.



Рис. 1. Основні складові робота-маніпулятора:

- 1) робот-маніпулятор;
- 2) захватний пристрій робота;
- 3) блок керування;
- 4) пульт керування

[<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/959957db-426c-4663-8f70-603c7f1ea3ab/content>]

# ЛІДЕРИ З ВИКОРИСТАННЯ РОБОТІВ У ПРОМИСЛОВОСТІ

## СВІТОВІ ЛІДЕРИ З ВИКОРИСТАННЯ РОБОТІВ

● *Південна Корея*

● *Японія*

● *Німеччина*

● *Китай*

(Джерело: CanvaPro)

## The Countries With The Highest Density Of Robot Workers

Number of robots installed per 10,000 employees in the manufacturing industry

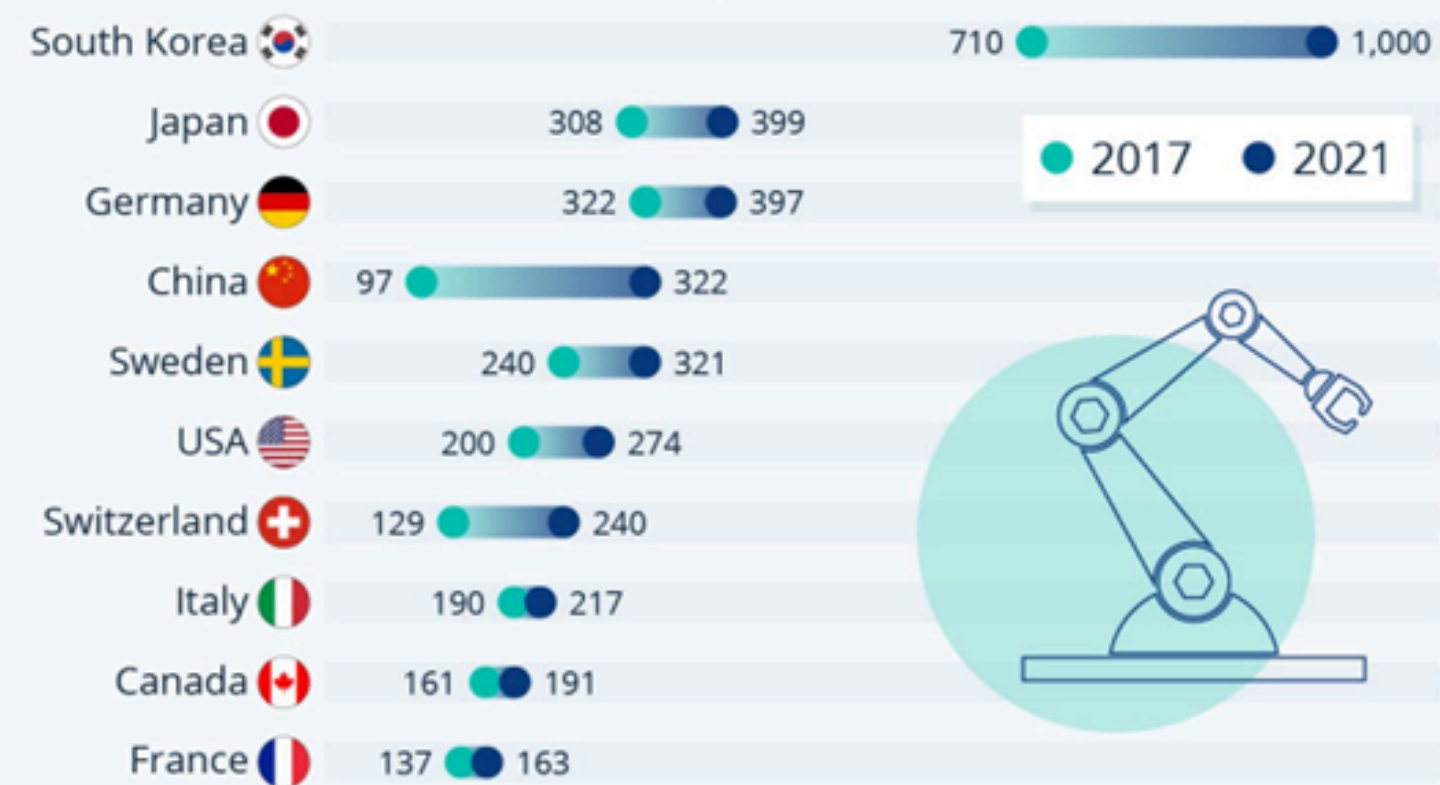


Рис. 2. Світові лідери з використання роботів у промисловості  
(<https://www.statista.com/chart/13645/the-countries-with-the-highest-density-of-robot-workers/>)

# ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ



Рис. 3. Виробництво артилерійських снарядів на заводі BAE Systems  
(<https://mil.in.ua/en/news/bae-systems-urged-to-increase-artillery-shells-production/>)

Переміщення ЗП снарядів, мін і ракет потребує високої точності, адже навіть незначна механічна дія може спричинити детонацію

(Джерело: CanvaPro)

ЗП використовуються у роботах-саперах для точного розмінування, запобігаючи активації боєприпасів.



Рис. 4. Роботизована система розмінування Centaur  
([https://defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/rjatuvatimut\\_zhittja\\_flir\\_postavit\\_600\\_robotiv\\_dlja\\_amerikanskih\\_vijskovih-3674.html](https://defence-ua.com/weapon_and_tech/rjatuvatimut_zhittja_flir_postavit_600_robotiv_dlja_amerikanskih_vijskovih-3674.html))

# КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ

## МЕХАНІЧНІ ЗАХВАТНІ ПРИСТРОЇ

*Цей тип ЗП використовує механічні елементи для створення сил затиску*

## ВАКУУМНІ ЗАХВАТНІ ПРИСТРОЇ

*Принцип створення зони зниженого тиску для утримання об'єкта*

## МАГНІТНІ ЗАХВАТНІ ПРИСТРОЇ

*Використовують магнітну взаємодію для утримання деталей*

## АДГЕЗІЙНІ ЗАХВАТИ

*Ефект адгез забезпечує утримання завдяки зчепленню поверхонь*

## ЕЛЕКТРОСТАТИЧНІ ЗАХВАТИ

*За рахунок електростатичних сил, працюють утримуючи предмет*

(Джерело: CanvaPro)

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАТИСКУ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ТІЛО ОБЕРТАННЯ» ЗАХВАТНИМ ПРИСТРОЄМ

Розрахункова схема складається з урахуванням особливостей затиску захватом деталі, де вказуємо такі позначення:

$G$  – сила тяжіння деталі;

$I$  – сила інерції;

$\alpha$  – кут призми;

$\beta$  – кут напрямку сили інерції;

$P_1, P_2, P_3, P_4$  – мінімально необхідні сили затиску деталі,

$F_1, F_3$  – сили тертя

Для проведення розрахунку складаємо **схему для розрахунку сил затиску заготовки.**

Розглянемо випадок коли  $I \leq G$ .

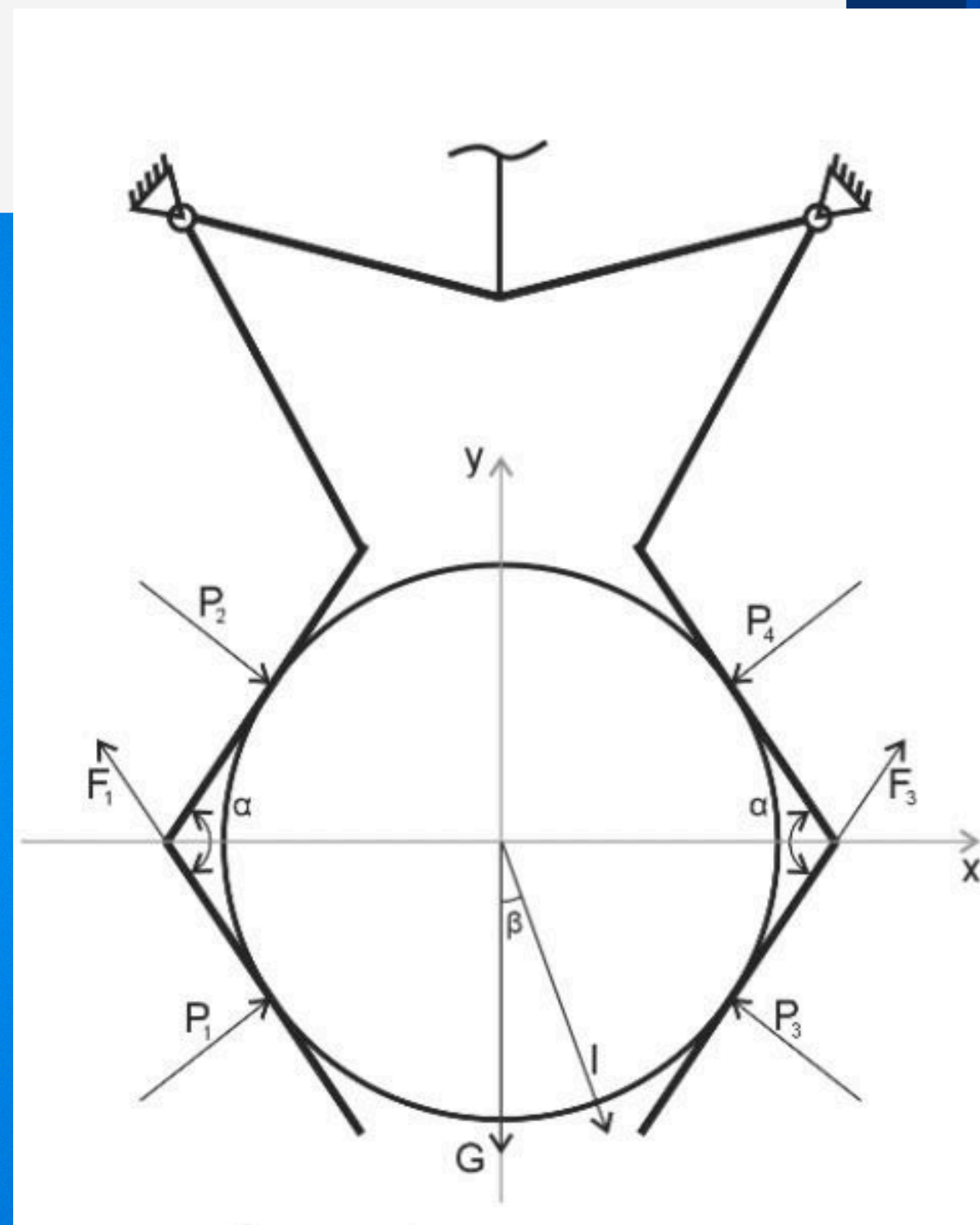
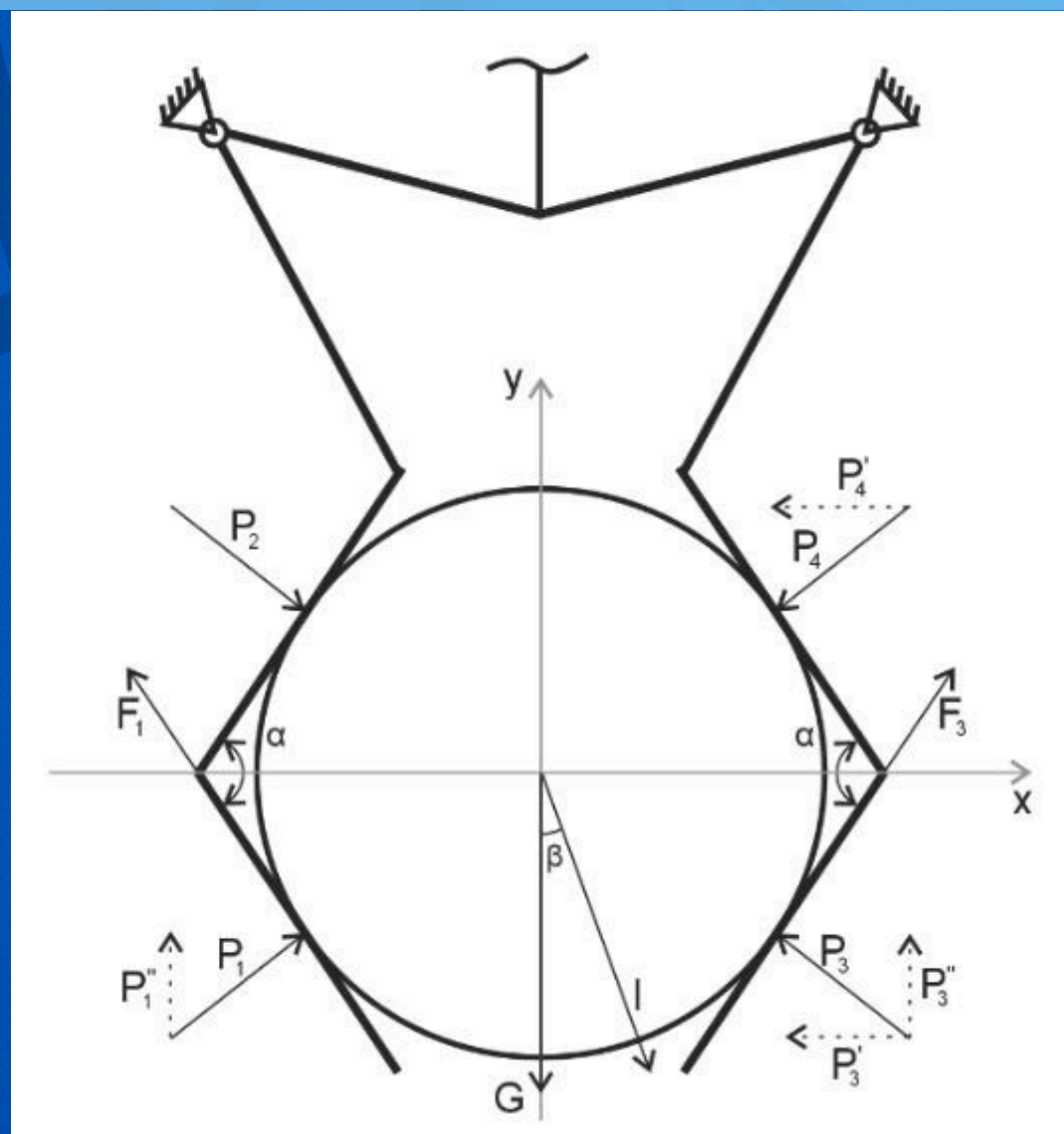


Рис. 5. Розрахункова схема захватного пристрою (схема автора)

# СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ВЕРТИКАЛЬНО ОРІЄНТОВАНОГО ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ

## ВХІДНІ ДАНІ



$$\sum P_x = l \sin \beta - P_3' \cos \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) - P_4' \cos \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) = 0 \quad (2.1)$$

$$\sum P_y = -G - l \cos \beta + P_1'' \sin \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) + P_2'' \sin \left( 90 - \frac{\alpha}{2} \right) + F_1 \sin \frac{\alpha}{2} + F_3 \sin \frac{\alpha}{2} = 0$$

(1)

## РОЗРАХУВАТИ НЕОБХІДНІ СИЛИ ЗАТИСКУ ДЕТАЛІ

$$P_1 = \frac{G + l \cos \beta}{2 \left( \cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

$$P_2 = 0$$

$$P_3 = \frac{G + l \cos \beta}{2 \left( \cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)} + \frac{l \sin \beta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$P_4 = \frac{l \sin \beta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

(2)

Рис. 6. Схема для розрахунку сил затиску ЗП для загального випадку (схема автора)

# СИЛИ ЗАТИСКУ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ

Залежність сили затиску від кута напрямку сили інерції  $\beta$  для кута призми  $\alpha=120^\circ$

Для полегшення розрахунків приймаємо, що  $I = 10$  (Н) та сила ваги також дорівнює  $G = 10$  (Н), а коефіцієнт тертя  $f = 0,2$ .

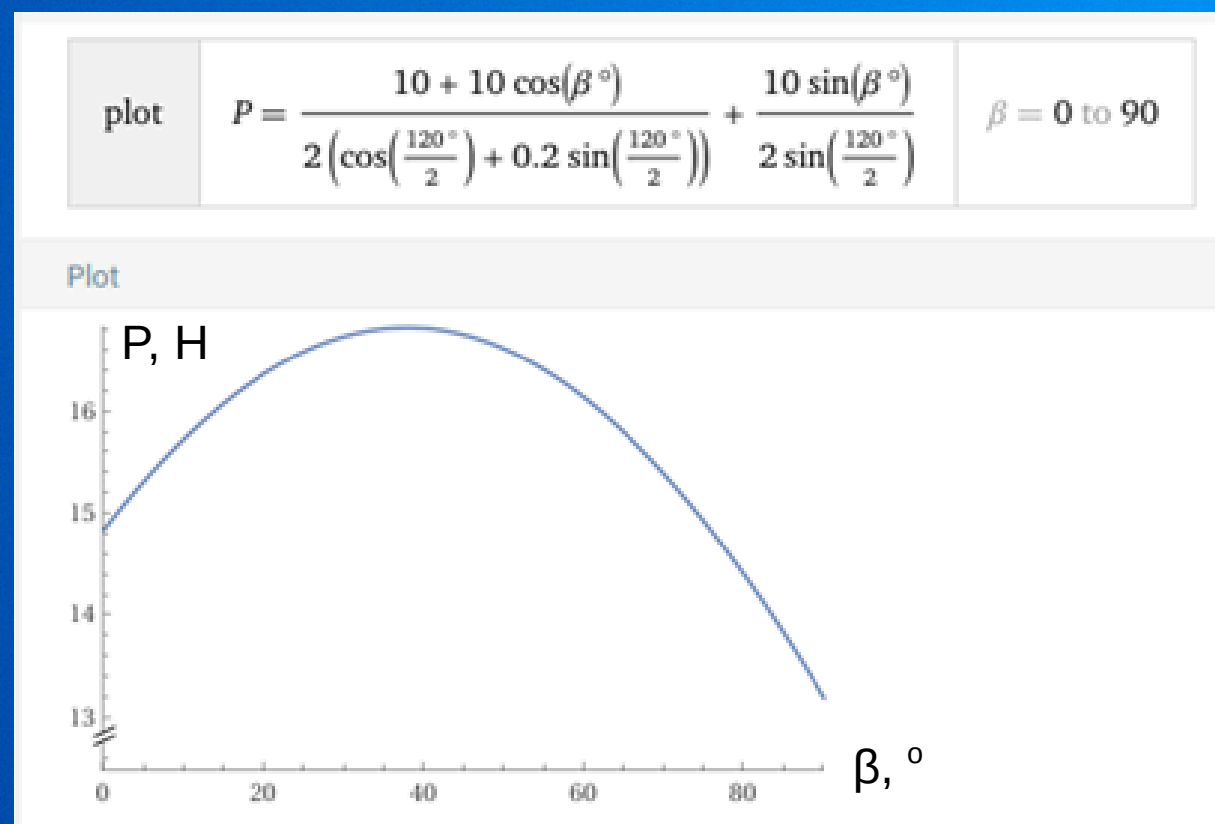


Рис.7. Скріншот виконання розрахунку залежності  $P_3(\beta)$  при  $\alpha=120^\circ$  (скріншот автора)

Залежність сили затиску від кута призми захватного пристрою для статичного випадку ( $I=0$ )

Припустимо що  $I = 0$  (Н) та сила тяжіння  $G = 6$  (Н), а коефіцієнт тертя  $f = 0,1$ .

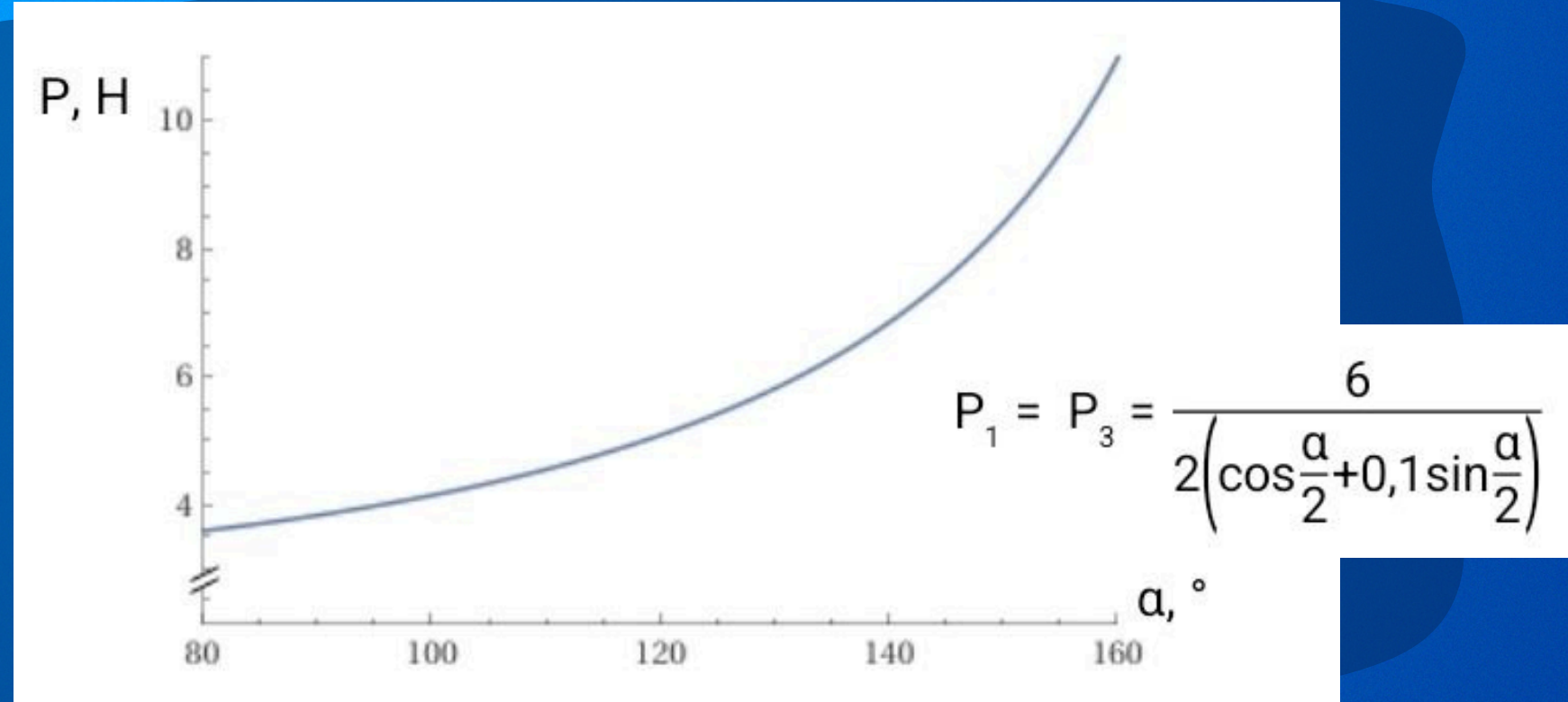
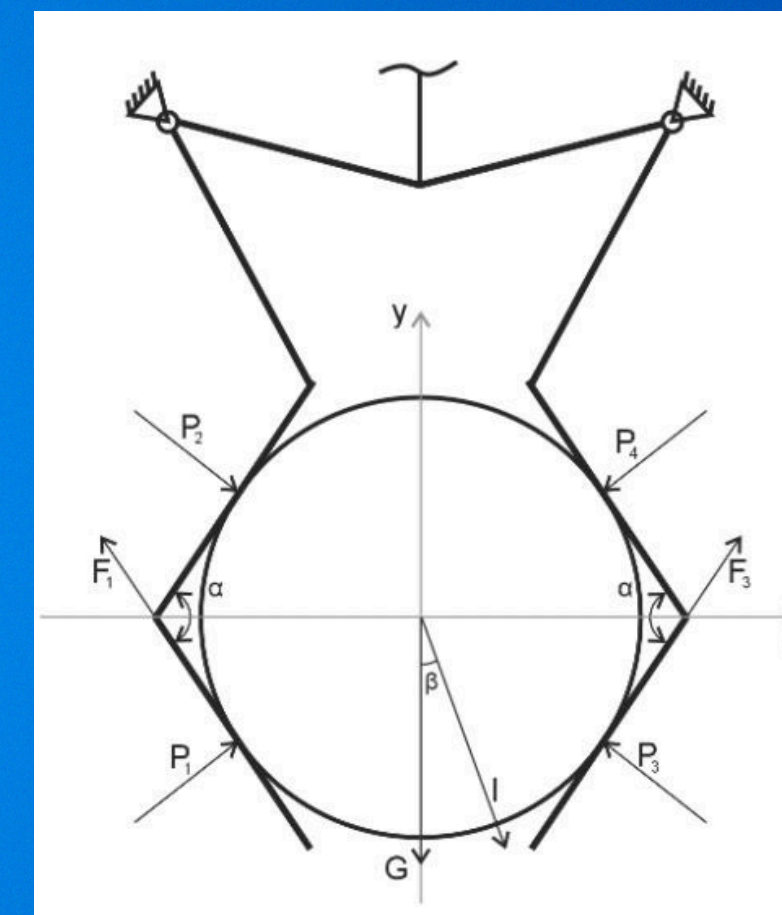
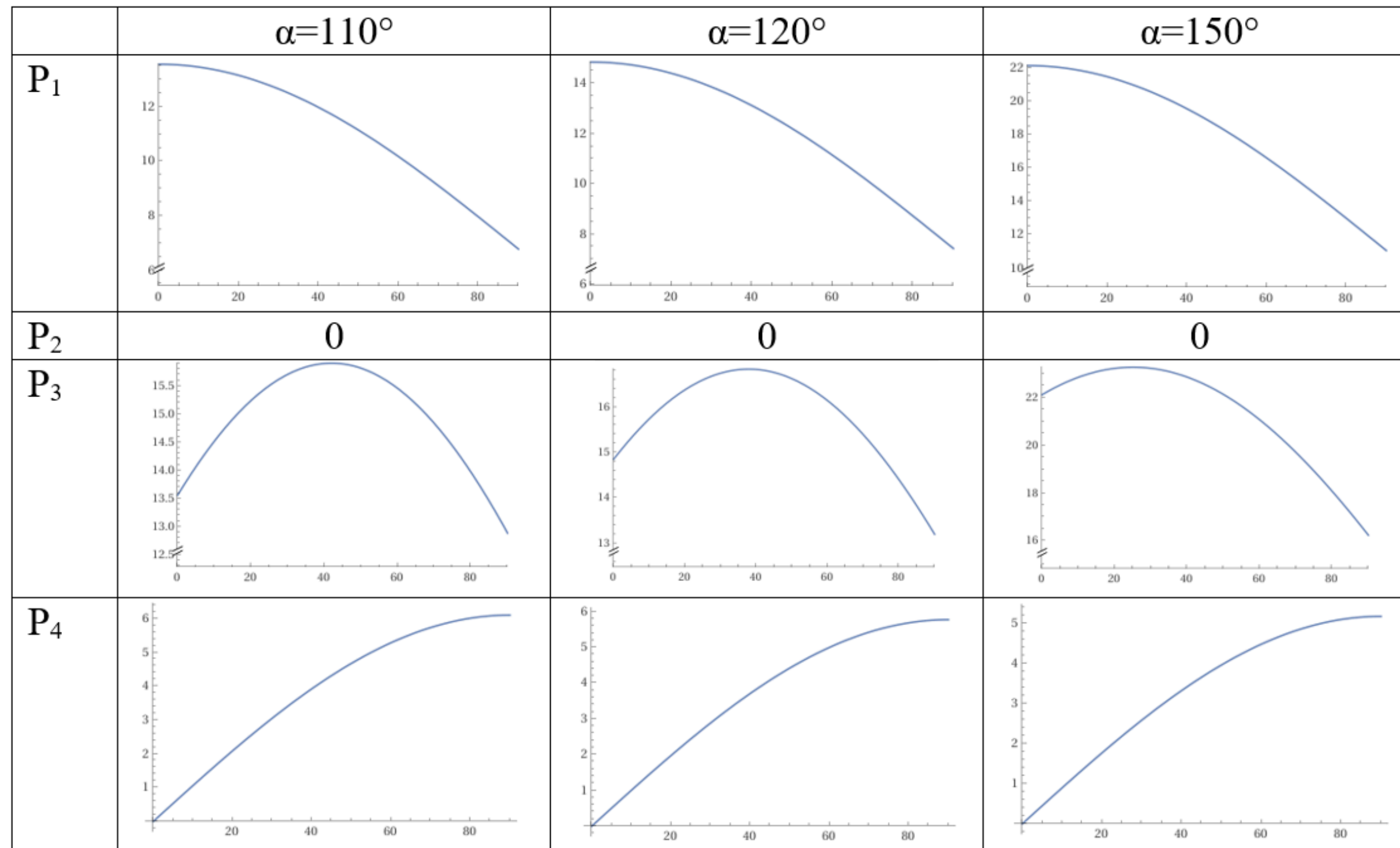


Рис.8. Залежності сил затиску  $P(\alpha)$  у статичному випадку (скріншот автора)

# СИЛИ ЗАТИСКУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПРЯМКУ СИЛИ ІНЕРЦЦІЇ



Таблиця графіків функції залежності кутів призми і сил затиску ЗП від напрямку сили інерції  
(розробка автора)

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТИСКУ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ТІЛО ОБЕРТАННЯ»

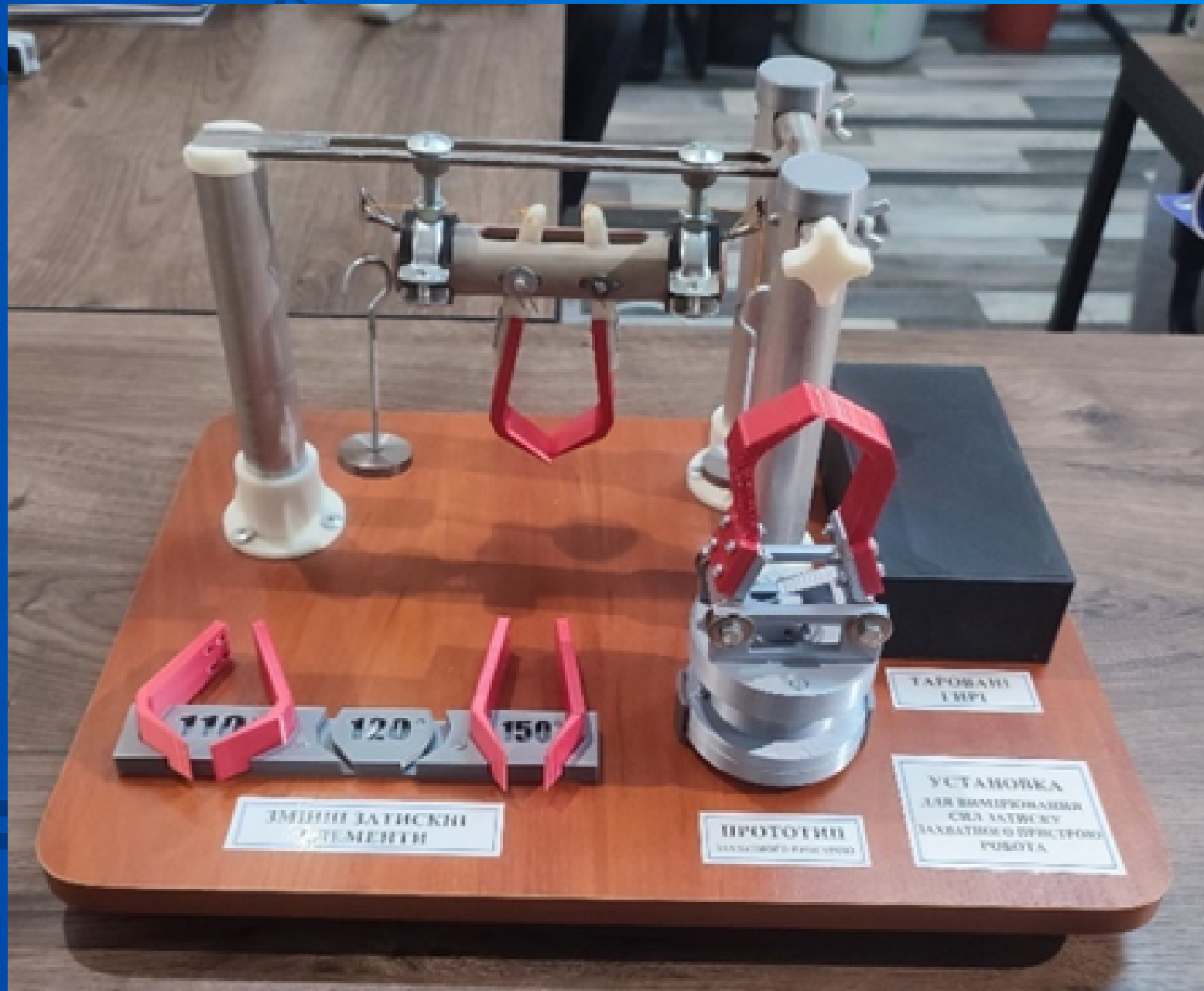


Рис. 9 Установка для вимірювання сил затиску 3Д робота (фото автора)

ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ТЕОРЕТИЧНИХ РОЗРАХУНКІВ СИЛ  
ЗАТИСКУ РОЗРОБЛЕНО СХЕМУ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ЩО  
ВРАХОВУЄ ЛИШЕ СИЛУ ТЯЖІННЯ.

ТЕОРЕТИЧНА ФОРМУЛА:

$$P_p = \frac{G}{2 \left( \cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (3)$$

(Джерело: CanvaPro)

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТИСКУ ДЕТАЛЕЙ

ЕКСПЕРИМЕНТ ПРОВОДИТЬСЯ ІЗ ВСТАНОВЛЕНОЮ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ СИЛИ ЗАТИСКУ. ВИМІРЮВАННЯ ЗДІЙСНЮЮТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗВАЖЕНОЇ ДЕТАЛІ ВАГОЮ 2,21 Н. ДАЛІ СКОРИСТАЄМОСЯ СПІВВІДНОШЕННЯМ

$$P_e = Q_e \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА  
ФОРМУЛА  
(4)

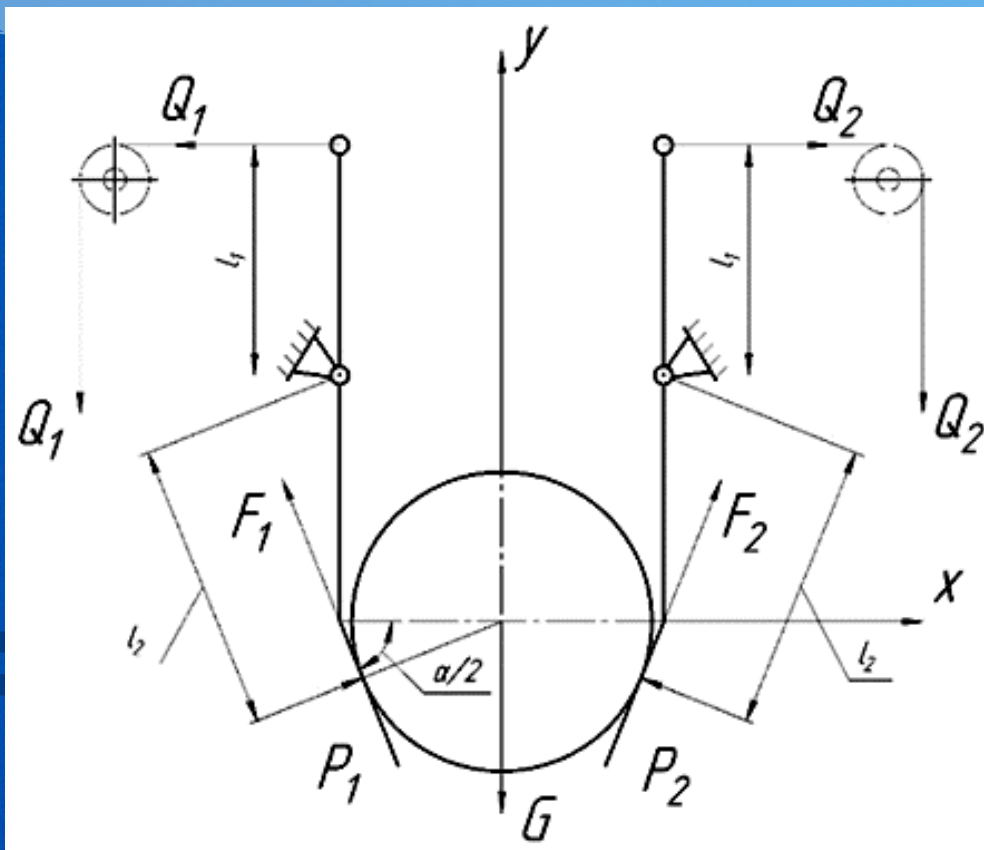


Рис.10 Схема затиску деталі установки для вимірювання сил затиску ЗП робота (схема автора)

$\alpha, ^\circ$	$m, \text{г}$	$Q_e, \text{Н}$	$l_1/l_2$	$P_e, \text{Н}$	$P_{e \text{ сеп.}}, \text{Н}$
110	151	1,48	2	2,96	2,98
	150	1,47		2,94	
	155	1,52		3,04	
120	160	1,57		3,14	3,24
	165	1,62		3,24	
	170	1,67		3,34	
150	320	3,14		6,28	6,02
	300	2,94		5,89	
	300	2,94		5,89	

Результати експериментальних дослідження сил затиску (таблиця автора)

# ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТА ТЕОРЕТИЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ СИЛ ЗАТИСКУ ДЕТАЛІ



Експериментальне вимірювання сил затиску  
(фото Денисов Д.О.)

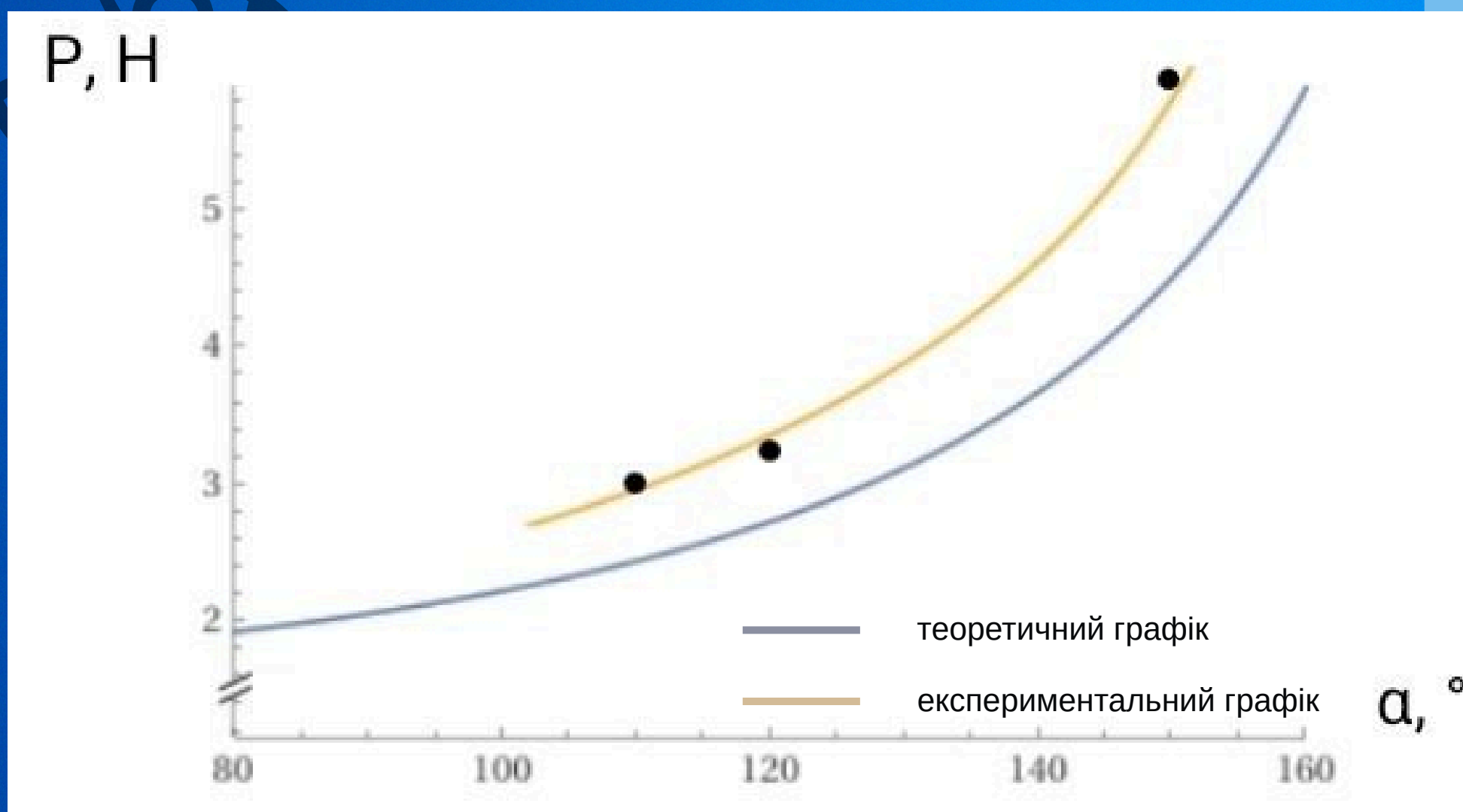


Рис. 11. Порівняння теоретичного розрахунку залежності сил затиску  $P(\alpha)$  у статичному випадку для  $G = 2,21$  (Н) і експериментальних даних у вигляді точок і апроксимованого верхнього графіку (скріншот автора)

(Джерело: CanvaPro)

**НА ОСНОВІ ПРОВЕДЕНОГО ЕКСПЕРЕМЕНТА МИ ЗМОГЛИ  
ПОБУДУВАТИ АПРОКСИМОВАНИЙ ГРАФІК  
АНАЛІЗ ГРАФІКА ПОКАЗУЄ, ЩО ТЕОРЕТИЧНО  
ВИЗНАЧЕНА ЗАЛЕЖНІСТЬ УЗГОДЖУЄТЬСЯ З  
РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

# РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ ПОКАЗАВ ЇХНЮ ЗРОСТАЮЧУ РОЛЬ У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ, ЗОКРЕМА У ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ТРАНСПОРТУВАННЯМ БОЄПРИПАСІВ, РОЗМІНУВАННЯМ ТА ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.
2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ ДОЗВОЛИЛО ВИДІЛИТИ ОСНОВНІ ТИПИ МЕХАНІЗМІВ ТА ЇХНЮ КЛАСИФІКАЦІЮ ЗА ПРИНЦИПОМ ДІЇ ТА КОНСТРУКЦІЄЮ.
3. РОЗРОБЛЕНО ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ СИЛОВОГО РОЗРАХУНКУ ВЕРТИКАЛЬНО ОРІЄНТОВАНИХ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ОСОБЛИВОСТІ УТРИМАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ТІЛО ОБЕРТАННЯ» В РІЗНИХ РЕЖИМАХ НАВАНТАЖЕННЯ.
4. ДОСЛІДЖЕНО ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ НА СИЛИ ЗАТИСКУ, ВИЗНАЧЕНО ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ МЕХАНІЗМУ ТА СИЛАМИ УТРИМАННЯ ДЕТАЛІ.
5. ПРОВЕДЕНО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТИСКУ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ТІЛО ОБЕРТАННЯ», РЕЗУЛЬТАТИ ЯКОГО ПІДТВЕРДИЛИ ПРАВИЛЬНІСТЬ ТЕОРЕТИЧНИХ РОЗРАХУНКІВ.

# ЗАХВАТНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ

## ЗАКРЕВСЬКА ОЛЬГА СЕРГІЇВНА

учениця 10 класу  
Центральноукраїнського наукового ліцею  
Кіровоградської обласної ради

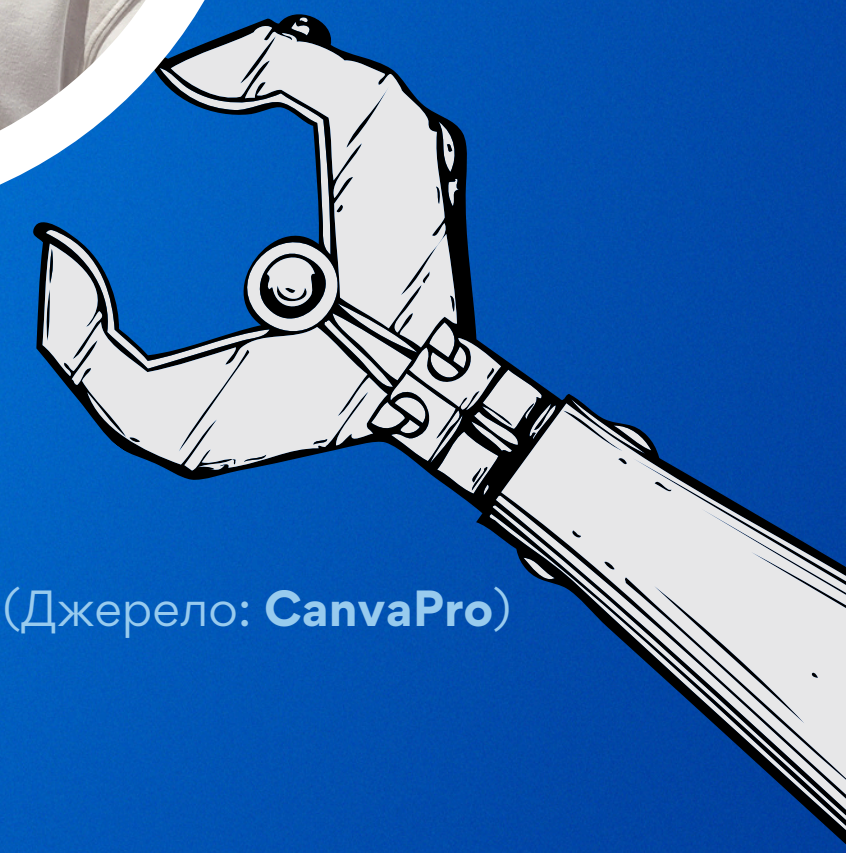
### Наукові керівники:

#### **ГОДУНКО МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ**

доцент кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки  
Центральноукраїнського національного технічного університету, кандидат технічних наук

#### **ДЕНИСОВ ДЕНИС ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

заступник директора з навчальної роботи, вчитель фізики Центральноукраїнського  
наукового ліцею Кіровоградської обласної ради



(Джерело: [CanvaPro](#))