

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівська політехніка»

Дослідження прогресивних напрямків розвитку процесів механічної об- робки, верстатів та інструментів

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт
з дисципліни “Дослідження прогресивних напрямків розвитку
процесів механічної обробки, верстатів та інструментів”
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування”
освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування”

Затверджено
на засіданні кафедри
“Автомобільного транспор-
ту та галузевого машинобу-
дування”
Протокол № 11
від 09.06.2023 р.

Чернігів 2023



Дослідження прогресивних напрямків розвитку процесів механічної обробки, верстатів та інструментів. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Дослідження прогресивних напрямків розвитку процесів механічної обробки, верстатів та інструментів” для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування”/ Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В. – Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2023. – 22 с.

Укладачі:

Кальченко Володимир Віталійович
доктор технічних наук, професор
Пасов Геннадій Володимирович
кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск:

Кальченко В.І., завідувач кафедри,
доктор технічних наук, професор

Рецензент:

Кологойда А.В., кандидат технічних наук,
доцент кафедри “Автомобільний транспорт
та галузеве машинобудування”
Національного університету
“Чернігівська політехніка”



Практична робота №1.

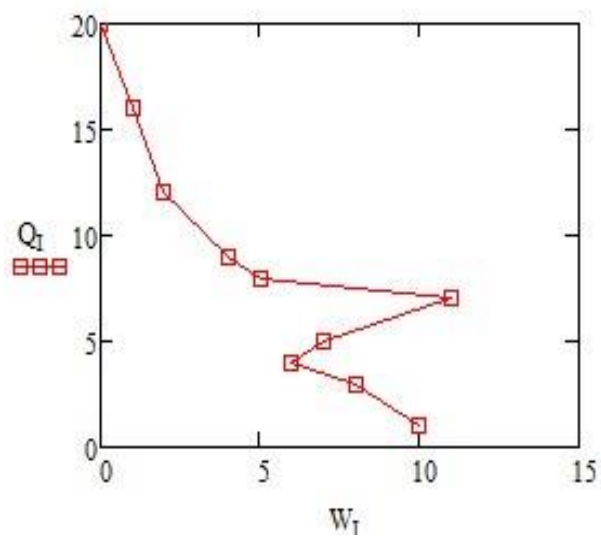
Побудова графіків

1.1 Необхідно побудувати графік по точках (варіанти наведені у додатку).

(Необхідно змінити значення заданих параметрів Q_I та W_I)

$Q_I :=$	$W_I :=$
1	10
3	8
4	6
5	7
7	11
8	5
9	4
12	2
16	1
20	0

ORIGIN := 1
I := 1..10



1.2 Необхідно побудувати графік заданої функції

Необхідно записати іншу функцію (формулу)

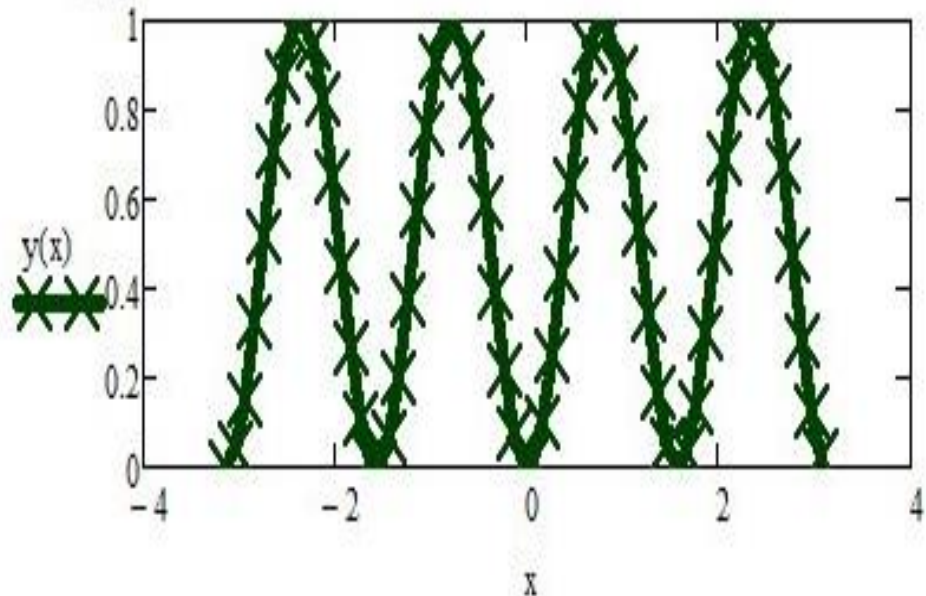
```
VS := lspline(Q, W)
```

```
F(x) := interp(VS, Q, W, x)
```

```
F(6) = 10.765
```

$$y(x) := \cos\left(2x + \frac{\pi}{2}\right)^2$$

```
x := -3.14, -3.04.. 3.14
```



Практична робота №2.

Застосування функції Хевісайда

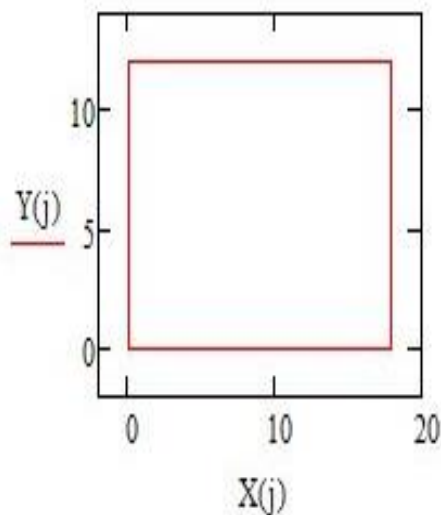
Необхідно змінити значення заданих параметрів a та b

$$\begin{aligned} a &:= 12 & b &:= 18 & ab &:= a + b & i_1 &:= a \\ i_2 &:= a + b & i_3 &:= a + b + a & i_4 &:= 2 \cdot (a + b) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X(j) &:= 0 \cdot (1 - \Phi(j - i_1)) + (j - a) \cdot [\Phi(j - i_1) - \Phi(j - i_2)] \dots \\ &+ (b) \cdot [\Phi(j - i_2) - \Phi(j - i_3)] + [(2 \cdot a + 2 \cdot b) - j] \cdot [\Phi(j - i_3) - \Phi(j - i_4)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y(j) &:= j \cdot (1 - \Phi(j - i_1)) + a \cdot [\Phi(j - i_1) - \Phi(j - i_2)] \dots \\ &+ (a + b + a - j) \cdot [\Phi(j - i_2) - \Phi(j - i_3)] + 0 \cdot [\Phi(j - i_3) - \Phi(j - i_4)] \end{aligned}$$

$$j := 0, 0.01, 60 \quad \square = 2a + 2b$$



Практична робота №3.

Побудова тривимірних фігур

Необхідно змінити значення заданих параметрів

$$e4 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$M1(q) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & q \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M2(q) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & q \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M3(q) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\text{ORIGIN}} := 1$$

$$M4(\phi) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\phi) & -\sin(\phi) & 0 \\ 0 & \sin(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

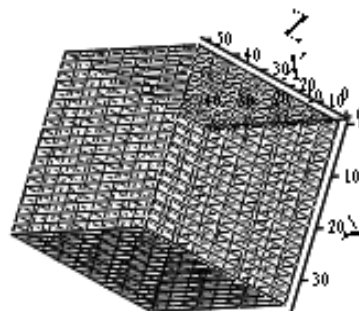
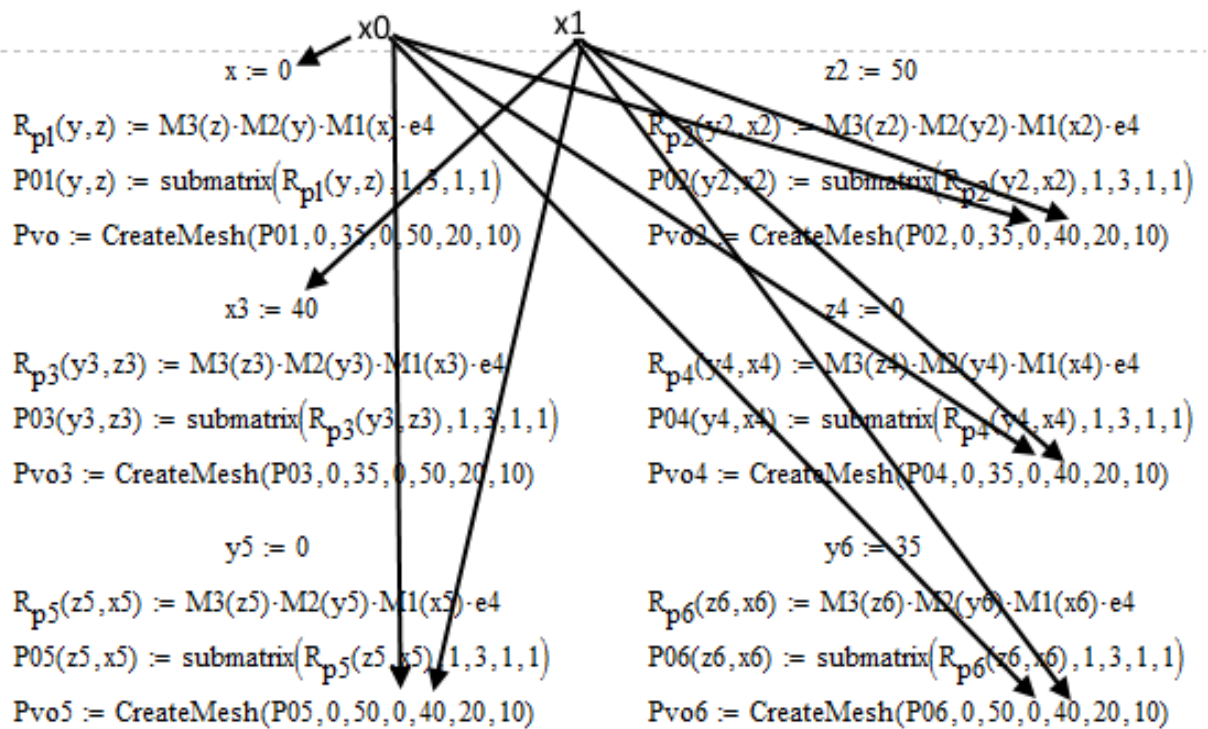
$$M5(\psi) := \begin{pmatrix} \cos(\psi) & 0 & \sin(\psi) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\psi) & 0 & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M6(\theta) := \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Для куба змінити розміри граней

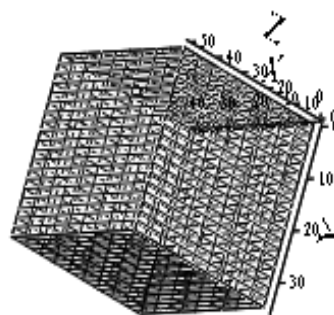
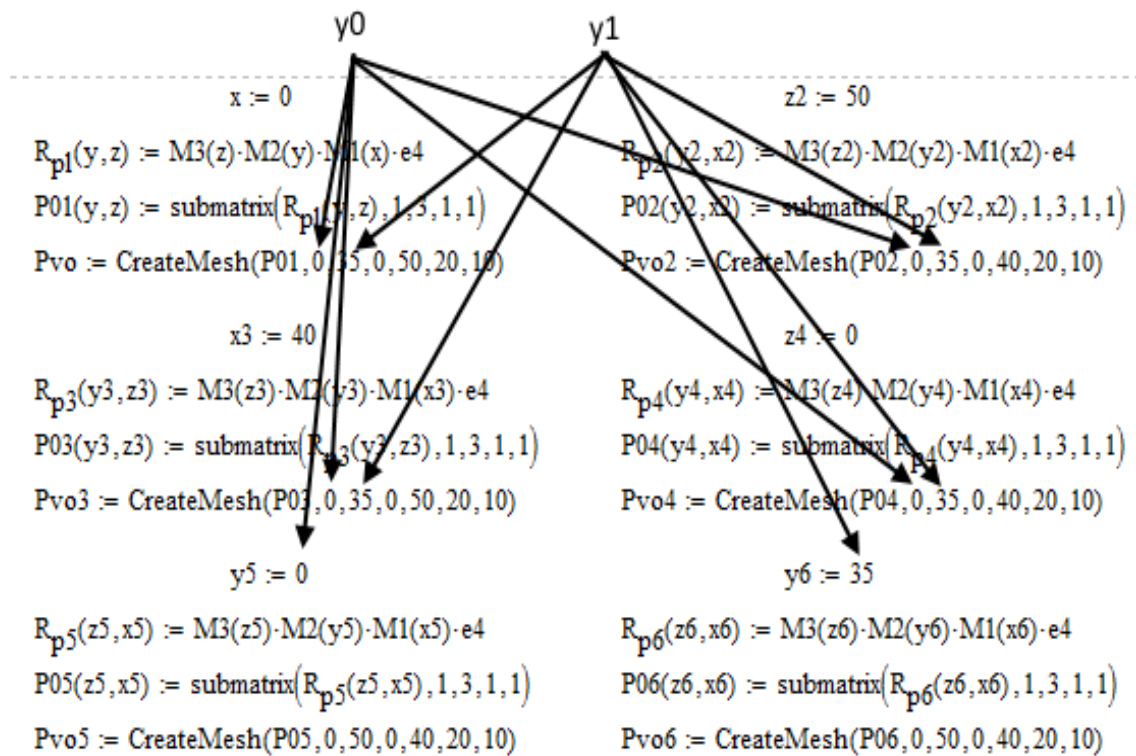
x_0, y_0, z_0 – початкові значення граней куба, відкладених на осях x, y, z .

x_1, y_1, z_1 – кінцеві значення граней куба, відкладених на осях x, y, z .



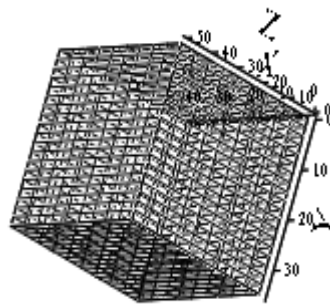
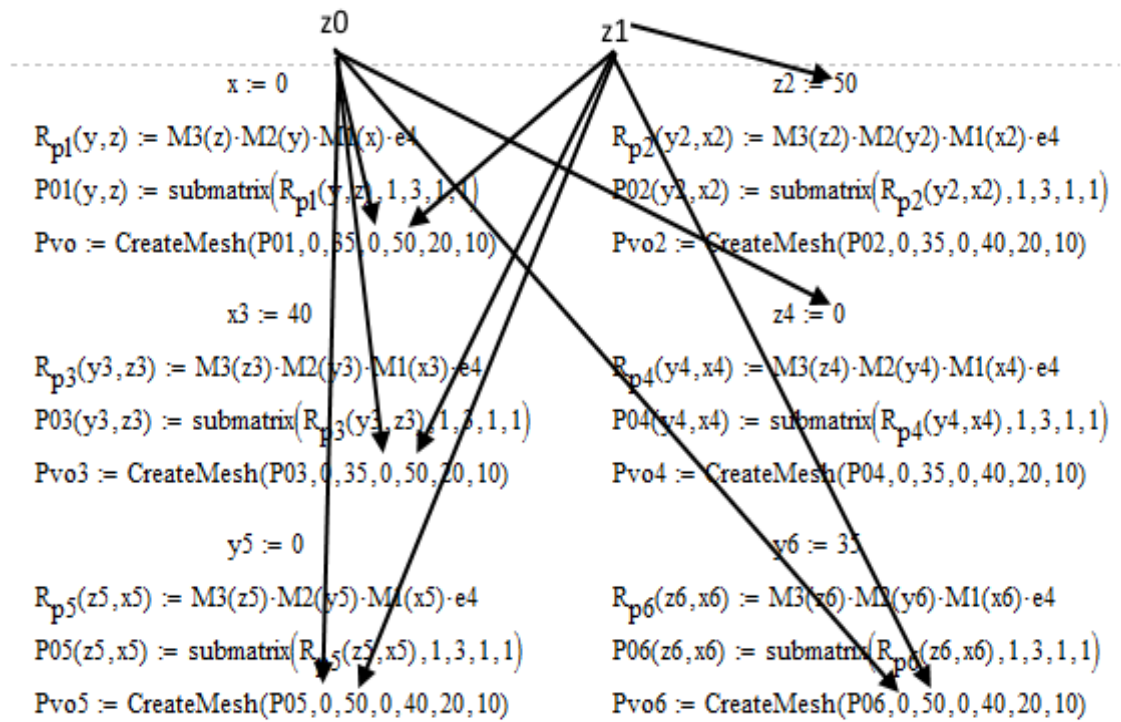
+

$Pvo, Pvo2, Pvo3, Pvo4, Pvo5, Pvo6$



+

Pvo, Pvo2, Pvo3, Pvo4, Pvo5, Pvo6



Pvo, Pvo2, Pvo3, Pvo4, Pvo5, Pvo6

Для сфери необхідно змінити радіус та кути (в радіанах, окрім 0)

$$R := 20$$

$$R_{p1}(\phi, \psi) := M5(\psi) \cdot M4(\phi) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$P01(\phi, \psi) := \text{submatrix}(R_{p1}(\phi, \psi), 1, 3, 1, 1)$$

$$Pvo := \text{CreateMesh}\left(P01, 0, \pi, 0, \frac{\pi}{2}, 200, 200\right)$$



Pvo

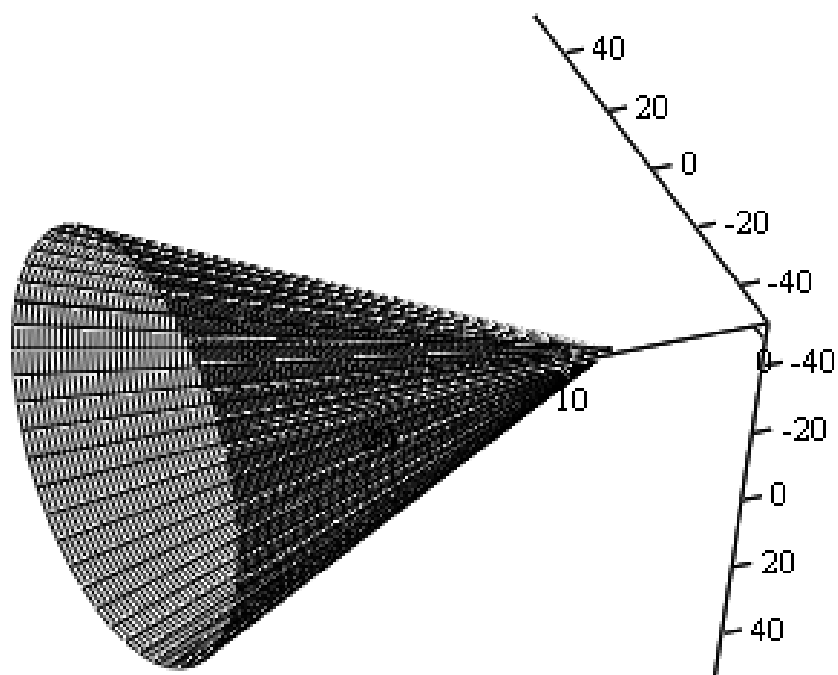
Для конуса необхідно змінити конусність $R=k \cdot h$ (в прикладі $k=2$), а також межі h (в прикладі вони підкреслені 0 та 25)

$$\underline{R(h)} := \underline{2 \cdot h}$$

$$\underline{R_{p1}}(\phi, h) := M1(h) \cdot M4(\phi) \cdot M2(R(h)) \cdot e4$$

$$\underline{P01}(\phi, h) := \text{submatrix}(R_{p1}(\phi, h), 1, 3, 1, 1)$$

$$\underline{Pvo} := \text{CreateMesh}(P01, 0, 2\pi, 0, \underline{25}, 50, 100)$$



Pvo

Практична робота №4.

Знаходження лінії контакту інструмента та деталі

Необхідно змінити радіус інструмента R , радіус деталі r , подачу S , висоту шліфувального круга B , та кут ψ .

$$e4 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

ORIGIN := 1

$$M1(q) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & q \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M2(q) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & q \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M3(q) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$DM1(q) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$DM2(q) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$DM3(q) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M4(\phi) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\phi) & -\sin(\phi) & 0 \\ 0 & \sin(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M5(\psi) := \begin{pmatrix} \cos(\psi) & 0 & \sin(\psi) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\psi) & 0 & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M6(\theta) := \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$DM4(\phi) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\sin(\phi) & -\cos(\phi) & 0 \\ 0 & \cos(\phi) & -\sin(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$DM5(\psi) := \begin{pmatrix} -\sin(\psi) & 0 & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\cos(\psi) & 0 & -\sin(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

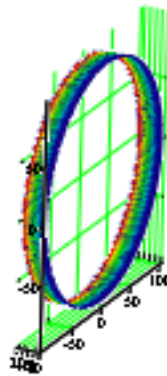
$$DM6(\theta) := \begin{pmatrix} -\sin(\theta) & -\cos(\theta) & 0 & 0 \\ \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\underline{R} := 100 \quad r := 10 \quad y_c := R + r \quad \underline{S} := 1 \quad p := \frac{S}{2 \cdot \pi} \quad B := 20 \quad \psi := 1 \text{ deg}$$

$$P1(B, \theta) := M3(B) \cdot M6(\theta) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$P01(B, \theta) := \text{submatrix}(P1(B, \theta), 1, 3, 1, 1)$$

$$Pvo := \text{CreateMesh}(P01, 0, B, 0, 2\pi, 20, 100)$$



Pvo

$$P0(\theta d, B, \theta) := M3(\theta d \cdot p) \cdot M6(\theta d) \cdot M2(-y_c) \cdot M5(\psi) \cdot P1(B, \theta)$$

$$\underline{P0}(\theta d, B, \theta) := M3(\theta d \cdot p) \cdot M6(\theta d) \cdot M2(-y_c) \cdot M5(\psi) \cdot M6(\theta) \cdot M3(B) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$Pz(\theta d, B, \theta) := M3(\theta d \cdot p) \cdot M6(\theta d) \cdot M2(-y_c) \cdot M5(\psi) \cdot M6(\theta) \cdot DM3(B) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$\underline{Pz}(\theta d, B, \theta) := \text{submatrix}(Pz(\theta d, B, \theta), 1, 3, 1, 1)$$

$$Pz(\theta d, B, \theta) := M3(\theta d \cdot p) \cdot M6(\theta d) \cdot M2(-yc) \cdot M5(\psi) \cdot M6(\theta) \cdot DM3(B) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$\underline{Pz}(\theta d, B, \theta) := \text{submatrix}(Pz(\theta d, B, \theta), 1, 3, 1, 1)$$

$$P\theta(\theta d, B, \theta) := M3(\theta d \cdot p) \cdot M6(\theta d) \cdot M2(-yc) \cdot M5(\psi) \cdot DM6(\theta) \cdot M3(B) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$\underline{P\theta}(\theta d, B, \theta) := \text{submatrix}(P\theta(\theta d, B, \theta), 1, 3, 1, 1)$$

$$Nob(\theta d, B, \theta) := Pz(\theta d, B, \theta) \times P\theta(\theta d, B, \theta)$$

$$nob(\theta d, B, \theta) := \frac{Nob(\theta d, B, \theta)}{\sqrt{\left(Nob(\theta d, B, \theta)_1\right)^2 + \left(Nob(\theta d, B, \theta)_2\right)^2 + \left(Nob(\theta d, B, \theta)_3\right)^2}}$$

$$\underline{N}(\theta d, B, \theta) := \text{submatrix}(nob(\theta d, B, \theta), 1, 3, 1, 1)$$

vektor odnositelnoi skorosti

$$v(\theta d, B, \theta) := p \cdot DM3(\theta d \cdot p) \cdot M6(\theta d) \cdot M2(-yc) \cdot M5(\psi) \cdot M6(\theta) \cdot M3(B) \cdot M2(R) \cdot e4 \dots \\ + M3(\theta d \cdot p) \cdot DM6(\theta d) \cdot M2(-yc) \cdot M5(\psi) \cdot M6(\theta) \cdot M3(B) \cdot M2(R) \cdot e4$$

$$\underline{V}(\theta d, B, \theta) := \text{submatrix}(v(\theta d, B, \theta), 1, 3, 1, 1)$$

$$a := 20 \quad B_{\min} := -10 \quad B_{\max} := 10$$

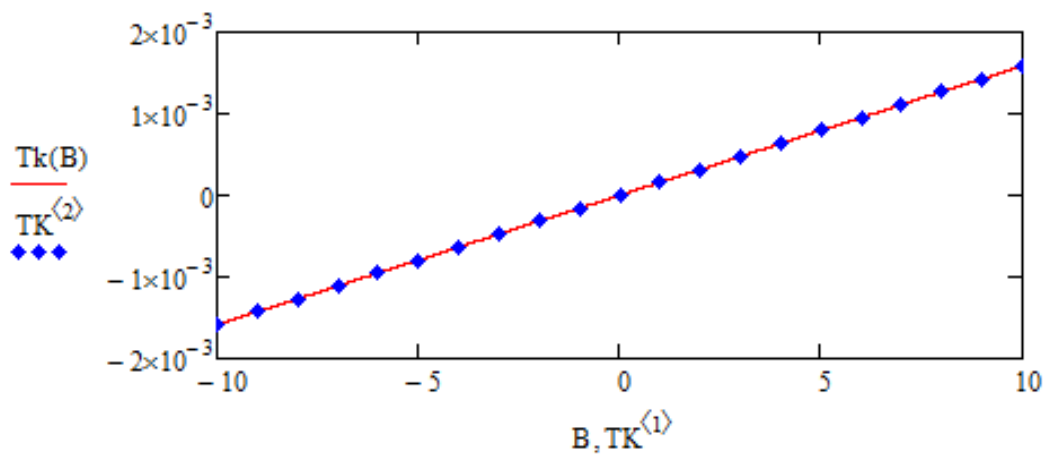
$$TK := \left| \begin{array}{l} \theta \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in 0..a \\ \left| \begin{array}{l} B \leftarrow B_{\min} + \left(\frac{B_{\max} - B_{\min}}{a} \right) \cdot j \\ U \leftarrow \text{root}(V(0, B, \theta) \cdot N(0, B, \theta), \theta) \\ M^{\langle j+1 \rangle} \leftarrow \begin{pmatrix} B \\ U \end{pmatrix} \end{array} \right. \\ M^T \end{array} \right.$$

$$B_{\min}=B_{\max}=B/2$$

	1	2
1	-10	$-1.587 \cdot 10^{-3}$
2	-9	$-1.428 \cdot 10^{-3}$
3	-8	$-1.269 \cdot 10^{-3}$
4	-7	$-1.111 \cdot 10^{-3}$
5	-6	$-9.521 \cdot 10^{-4}$
6	-5	$-7.934 \cdot 10^{-4}$
7	-4	$-6.347 \cdot 10^{-4}$
TK = 8	-3	$-4.761 \cdot 10^{-4}$
9	-2	$-3.174 \cdot 10^{-4}$
10	-1	$-1.587 \cdot 10^{-4}$
11	0	0
12	1	$1.587 \cdot 10^{-4}$
13	2	$3.174 \cdot 10^{-4}$
14	3	$4.761 \cdot 10^{-4}$
15	4	$6.347 \cdot 10^{-4}$
16	5	...

$$Tk(z) := \text{interp}(\text{cspline}(TK^{(1)}, TK^{(2)}), TK^{(1)}, TK^{(2)}, z)$$

$$B := -10, -9.999.. 10$$



Додаток

Варіанти завдань

Варіанти завдань до практичної роботи №1 – Побудова графіків

Варіант 1

Побудувати графік

X	1	5	8	15	22	26	31	35	38	40
Y	20	19	15	13	11	7	6	3	2	1

Визначити значення Y при X=17.

Побудувати графік функції $y = \sin\left(2x + \frac{\pi}{2}\right)$ на проміжку $(-\pi; \pi)$.

Варіант 2

Побудувати графік

X	11	15	18	25	28	32	36	38	42	46
Y	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12

Визначити значення Y при X=30.

Побудувати графік функції $y = \cos\left(2x + \frac{\pi}{2}\right)$ на проміжку $(-\pi; \pi)$.

Варіант 3

Побудувати графік

X	41	45	48	55	57	62	66	68	69	70
Y	41	39	35	33	31	27	25	23	21	17

Визначити значення Y при X=56.

Побудувати графік функції $y = \operatorname{tg}(4x + \pi)$ на проміжку $(-\pi; \pi)$.

Варіант 4

Побудувати графік

X	2	6	8	10	15	20	25	30	32	38
Y	38	36	32	28	22	18	14	10	8	2

Визначити значення Y при X=17.

Побудувати графік функції $y = (x + 2)^2 + 20$ на проміжку $(-10; 10)$.

Варіант 5

Побудувати графік

X	1	2	4	6	10	16	18	23	28	32
Y	15	13	11	9	7	5	4	3	2	1

Визначити значення Y при X=20.

Побудувати графік функції $y = \sin\left(4x + \frac{\pi}{4}\right)$ на проміжку $(-2\pi; 2\pi)$.

Варіант 6

Побудувати графік

X	1	7	12	19	25	31	42	47	49	55
Y	30	25	22	19	16	12	9	7	4	1

Визначити значення Y при X=35.

Побудувати графік функції $y = \cos\left(4x + \frac{\pi}{4}\right)$ на проміжку $(-2\pi; 2\pi)$.

Варіант 7

Побудувати графік

X	101	105	108	115	122	126	131	135	138	140
Y	101	98	95	92	87	85	83	79	77	75

Визначити значення Y при X=120.

Побудувати графік функції $y = \operatorname{tg}\left(2x + \frac{\pi}{4}\right)$ на проміжку $(-\pi; \pi)$.

Варіант 8

Побудувати графік

X	62	66	68	72	76	79	95	98	105	110
Y	62	60	55	50	46	42	38	32	30	20

Визначити значення Y при X=77.

Побудувати графік функції $y = (x - 3)^2 + 50$ на проміжку $(-5; 5)$.

Варіант 9

Побудувати графік

X	4	7	9	12	14	18	21	25	29	35
Y	28	24	20	16	12	8	4	3	2	1

Визначити значення Y при X=16.

Побудувати графік функції $y = \sin\left(\frac{x}{4} + \frac{\pi}{4}\right)$ на проміжку $(-8\pi; 8\pi)$.

Варіант 10

Побудувати графік

X	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Y	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7

Визначити значення Y при X=10.

Побудувати графік функції $y = \cos\left(\frac{x}{4} + \frac{\pi}{4}\right)$ на проміжку $(-8\pi; 8\pi)$.

Варіант 11

Побудувати графік

X	91	93	97	101	105	107	109	115	118	120
Y	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84

Визначити значення Y при X=110.

Побудувати графік функції $y = \operatorname{tg}\left(\frac{x}{4} + \frac{\pi}{2}\right)$ на проміжку $(-\pi; \pi)$.

Варіант 12

Побудувати графік

X	150	155	160	175	182	189	193	197	199	200
Y	150	140	135	130	122	118	112	105	102	100

Визначити значення Y при X=180.

Побудувати графік функції $y = (x+1)^3 + 30$ на проміжку $(-5; 5)$.

Варіант 13

Побудувати графік

X	4	6	10	16	18	20	24	28	32	36
Y	14	13	12	11	10	9	8	6	4	2

Визначити значення Y при X=15.

Побудувати графік функції $y = \sin\left(\frac{x}{2} + \frac{\pi}{2}\right)$ на проміжку $(-2\pi; 2\pi)$.

Варіант 14

Побудувати графік

X	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Y	35	30	25	20	15	10	5	4	3	1

Визначити значення Y при X=25.

Побудувати графік функції $y = \cos\left(\frac{x}{2} + \frac{\pi}{2}\right)$ на проміжку $(-2\pi; 2\pi)$.

Варіант 15

Побудувати графік

X	82	85	87	89	92	97	101	105	108	115
Y	102	100	98	92	87	82	78	75	72	70

Визначити значення Y при X=100.

Побудувати графік функції $y = \operatorname{tg}\left(\frac{x}{5} + \pi\right)$ на проміжку $(-2\pi; 2\pi)$.

Варіант 16

Побудувати графік

X	5	5,5	7,2	8,6	9,7	10,2	10,9	11,2	12,4	14
Y	5	4,4	3,8	3,2	2,6	2,4	2,2	2	1,8	1,6

Визначити значення Y при X=10.

Побудувати графік функції $y = e^{-x+1} + 20$ на проміжку $(-5; 5)$.

Варіант 17

Побудувати графік

X	22	36	48	60	75	90	125	130	140	150
Y	58	52	46	40	36	31	27	23	20	15

Визначити значення Y при X=80.

Побудувати графік функції $y = (x + 5)^{1/3} + 20$ на проміжку $(-25; 25)$.

Варіант 18

Побудувати графік

X	212	226	238	240	245	250	265	270	280	300
Y	158	142	134	130	126	111	105	100	90	80

Визначити значення Y при X=255.

Побудувати графік функції $y = e^{x+1} + 30$ на проміжку $(-5; 5)$.

Варіант 19

Побудувати графік

X	0,5	0,7	0,9	1,5	1,9	2,6	3,5	6,8	9,2	10,5
Y	5	4,5	3,8	3,2	2,8	2,2	1,9	1,6	1,4	1

Визначити значення Y при X=5.

Побудувати графік функції $y = 5/x + 20$ на проміжку (-5; 5).

Варіант 20

Побудувати графік

X	5	25	48	53	85	94	123	234	258	300
Y	87	85	34	25	17	15	12	11	9	7

Визначити значення Y при X=90.

Побудувати графік функції $y = 5/x^2 + 20$ на проміжку (-15; 15).

Варіант 21

Побудувати графік

X	2	4	8	16	32	64	128	256	384	512
Y	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5

Визначити значення Y при X=50.

Побудувати графік функції $y = 0,5^x + 30$ на проміжку (-5; 5).

Рекомендована література

1. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин: підручник / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський; за ред. В.А. Кириловича. – Житомир: Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.
2. Процеси механічної обробки та їх еволюція. Конспект лекцій для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. ст. викл. Кучугуров М.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 116 с.
3. Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 6–9 листопада 2019 року.–Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – 211 с.
4. Фізичні засади формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів / Ю.Д. Філатов, В.І. Сідорко, О.Ю. Філатов, С.В. Ковалев. – К. : Наук. думка, 2017. – 248 с.
5. Практикум з навчальної дисципліни «Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування»: Навчальний посібник/ Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Моторна О.О. – Вінниця: ТВОРИ, 2020. – 354 с.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Практичне заняття № 1 Побудова графіків	3
2. Практичне заняття № 2 Застосування функції Хевісайда	5
3. Практичне заняття № 3 Побудова тривимірних фігур	6
4. Практичне заняття № 4 Знаходження лінії контакту інструмента та деталі	12
Додаток	16
Варіанти завдань	16
Рекомендована література	21