

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт по курсу

для спеціальностей: 7.05050315, 8.05050315
«Обладнання хімічних виробництв і
підприємств будівельних матеріалів»

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ 2013

Механічне обладнання:

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Механічне обладнання», для студ. спец. – 7.05050315, 8.05050315 – «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» / Уклад.: В.Ю. Щербина. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 33 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол № 3 від 03.04. 2013 р.)*

Навчальне видання

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт по спеціальностям:
– 7.05050315, 8.05050315 – «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»

Авторська редакція

Укладачі:

В.Ю. Щербина, к.т.н., доцент

Відповідальний редактор

Є.М. Панов, д.т.н., проф.

Рецензент:

В.М. Марчевський, к.т.н., проф.

ЗМІСТ

Загальні відомості	4
Приклад виконання роботи	5
ЗАВДАННЯ ДЛЯ РОБОТИ	7
1. Завдання по задачам механіки (оболонкова конструкція)	7
Завдання № 1	7
Завдання № 2.....	8
Завдання № 3.....	10
Завдання № 4.....	11
Завдання № 5.....	12
Завдання № 6.....	14
Завдання № 7.....	16
2. Завдання по задачам механіки (просторова конструкція)	18
Завдання № 8.....	18
Завдання № 9.....	19
3. Завдання по задачам теплопровідності	22
Завдання № 10.....	22
Завдання № 11.....	23
Завдання № 12.....	25
Завдання №13.....	27
4. Завдання по задачам механіки та теплопровідності	29
Завдання № 14.....	29
Завдання № 15.....	30
Література	33

Загальні відомості

Дисципліна "Механічне обладнання" є основним курсом за фахом та має своєю метою вивчення конструкцій та роботи механічного обладнання галузі.

Курс розкриває загальні методи розрахунку обладнання і приватні задачі для випадків, які зустрічаються тільки в машинах і обладнанні по переробці пластмас, гуми та їх сумішей у виробі та деталі.

Вивчення курсу базується на широкому використанні фізичних уявлень та теоретичних положень фундаментальних, інженерних і профільюючих дисциплін, котрі розкривають фізичну сутність процесів, які протікають при переробці будівельних матеріалів. Успішне застосування матеріалів даного курсу потребує від студентів підготовки з вищої математики, опору матеріалів, деталей машин, матеріалознавства, технології машинобудування, термодинаміки і теплопередачі, комплексу хімічних курсів, процесів і апаратів, та технологія виробництва будівельного скла та виробів, в'язучих матеріалів, азбоцементних виробів, технологія виробництва силікатних виробів.

Засвоєння матеріалу по розрахунку і конструюванню технологічного обладнання потребує від студентів доброї завчасної підготовки по основним теоретичним і загально інженерним дисциплінам: вищої математики, опору матеріалів, деталей машин, матеріалознавця, комплексу хімічних курсів, термодинаміки та теплопередачі, технології машинобудування, ремонту і монтажу.

Курс орієнтує студентів на світовий сучасний рівень науково-технічного прогресу в галузі машинобудування та технічні досягнення у виробництві будматеріалів та виробів.

Мета методичних вказівок - надбання студентами практичних навиків при виконанні розрахунків конструкцій.

При підготовці до практичної роботи потрібно вивчити рекомендовану літературу. Матеріал, викладений в методичних вказівках, слід використати як довідковий.

Практичні роботи виконуються згідно завдання. Опис розрахункової схеми конструкції студенти підготовлюють до початку роботи.

Виконавши завдання, студенти оформлюють і здають протокол викладачу на черговому занятті (не пізніше встановлених термінів), після чого допускаються до наступної роботи. Викладач має право повернути на доробку неохайно оформлену роботу, або роботу, яка має помилки, а також незалікувати її, якщо теоретична підготовка студента недостатня.

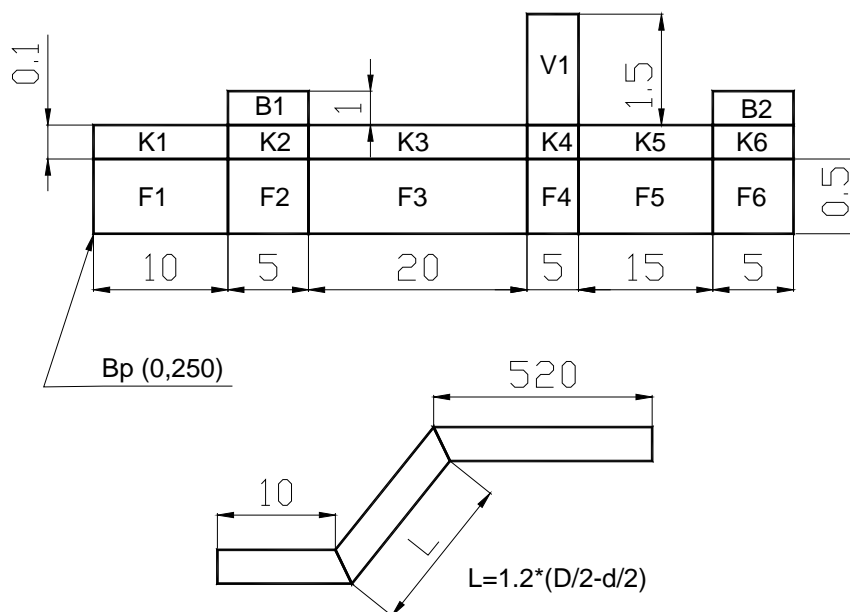
Приклад виконання роботи

Завдання: Розробити розрахункову схему фрагменту конструкції обертової печі.

Послідовність виконання

1. Накреслити розрахункову схему

- 1.1. Назви фрагментів
- 1.2. Координати базової точки
- 1.3. Геометрія фрагментів (їх розміри)



2. Опис сіткової області

2.1 Розглядається $\frac{1}{2}$ конструкції, в межах куту $0-180^{\circ}$.

2.2. Визначення кількості вузлових точок по координаті X^2 в місцевій системі координат.

Якщо кут становить $90^{\circ} \rightarrow 90/2 = 45^{\circ}$.

$\Delta\alpha = 5^{\circ}$ кількість СЕ $180/5 = 36+1=37$ вузлів.

$\Delta\alpha = 7.5^{\circ}$ кількість СЕ $180/7.5 = 24+1=25$ вузлів.

Якщо кут становить $60^{\circ} \rightarrow 60/2 = 30^{\circ}$.

$\Delta\alpha = 10^{\circ}$ кількість СЕ $180/10 = 18+1=19$ вузлів.

N вузла закріплення

$(45^{\circ} \Delta\alpha = 5^{\circ}) \quad 37 - (45/5) = 37 - 9 = 28$

$(45^{\circ} \Delta\alpha = 7.5^{\circ}) \quad 25 - (45/7.5) = 25 - 6 = 19$

$(30^{\circ} \Delta\alpha = 10^{\circ}) \quad 19 - (30/10) = 19 - 3 = 16$

Фрагмент	M_{X1}	M_{X2}	M_{X3}	Відстань M_{X3}
B1, K2, F2, B2, K6, F6 V1, K4, F4	2	19	2	$5/5+1$
K1, F1	2	19	3	$10/5+1$
K3, F3	2	19	5	$20/5+1$

K5, F5	2	19	4	15/5+1
--------	---	----	---	--------

3. Закріплення

Фрагмент	Тип	In	Jn	Kn	Ik	Jk	Kk
K2, K4, K6, V F2, F4, F6	4	1	1	1	2	1	2
	4	1	19	1	2	19	2
K1, F1	4	1	1	1	2	1	3
	4	1	19	1	2	19	3
K3, F3	4	1	1	1	2	1	5
	4	1	19	1	2	19	5
K5, F5	4	1	1	1	2	1	4
	4	1	19	1	2	19	4
B1	4	1	1	1	2	1	2
	4	1	19	1	2	19	2
	7	1	16	1	2	16	2
B2	4	1	1	1	2	1	2
	4	1	19	1	2	19	2
	6	1	16	1	2	16	2

4. Навантаження

При розрахунку печі/млина як навантаження враховується власна вага конструктивних елементів.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ РОБОТИ

1. Завдання по задачам механіки (оболонкова конструкція) Завдання № 1

Тема: Розрахунок корпусу обертового апарату

Мета роботи: Розробка розрахункової схеми конструкції

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 1.

Числові значення беруться із Таблиця 1. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця 1

Таблиця індивідуальних завдань №1

№бр	D метр	d метр	L метр	Alfa град
1	2	0.05+0.23	4	60
2	2.5	0.06+0.23	5	60
3	3	0.07+0.23	6	60
4	3.5	0.08+0.23	7	60
5	4	0.09+0.23	8	90
6	4.5	0.1+0.23	9	90
7	5	0.11+0.23	10	90
8	6	0.12+0.23	11	90
9	6	0.1+0.23	8	90
10	7	0.13+0.23	12	90

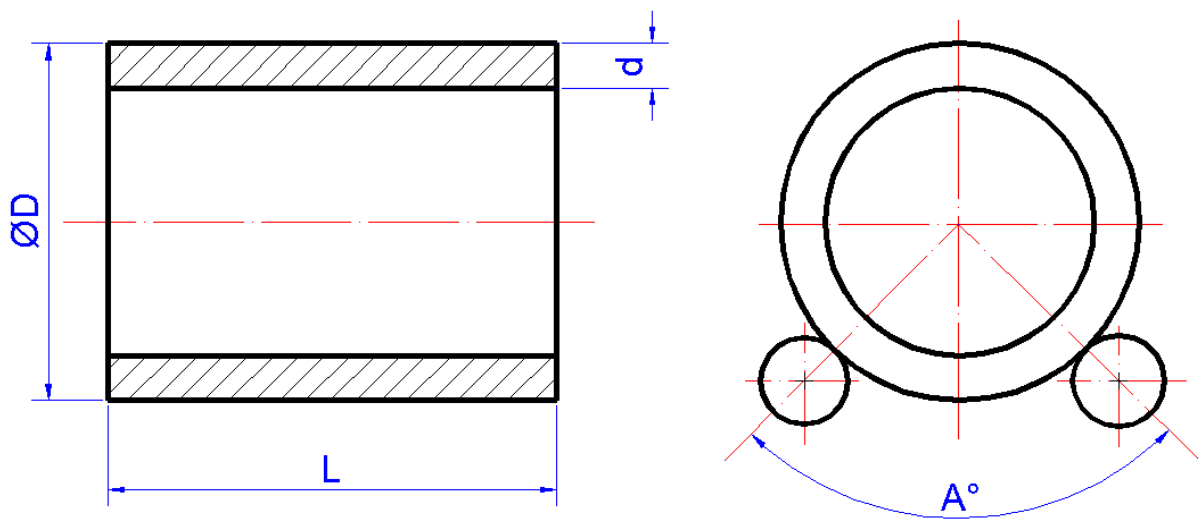


Рис. 1 Завдання до роботи № 1

Завдання № 2.

Тема: Розрахунок корпусу обертового апарату з бандажем

Мета роботи: Розробити розрахункову схему конструкції обертового апарату з бандажем

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 2.

Числові значення беруться із Таблиця 2. Відповідно номеру бригади.
Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.
 Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.
 Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця 2

Таблиця індивідуальних завдань №2

№р	D метр	d(dm+df) мм	L мм	k мм	h мм	Alfa град
1	7.0	60+230	1500	900	500	60
2	3.6	40+230	1000	600	300	60
3	4.0	40+230	1000	700	300	60
4	4.5	60+230	1000	800	400	60
5	5.0	60+230	1500	800	300	90
6	3.6	20+230	1000	700	300	90
7	5.0	50+230	1500	700	350	90
8	4.5	50+230	1000	600	300	90
9	5.5	30+230	1500	700	300	90
10	4.0	30+230	2000	750	500	90

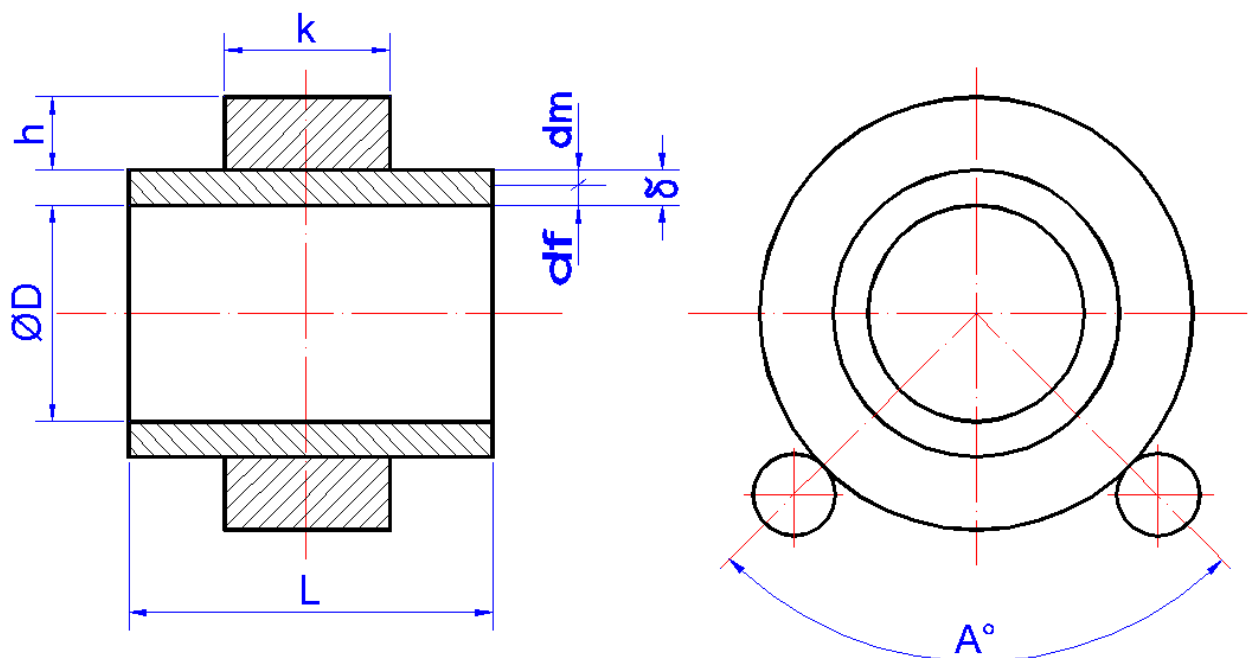


Рис. 2 Завдання до роботи № 2

Завдання № 3.

Тема: Розрахунок ділянки обертової печі, з бандажем, вінцевою шестернею та корпусом.

Мета роботи: Розробка розрахункової схеми конструкції

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 3.

Числові значення беруться із Таблиця 3. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця 3

Таблиця індивідуальних завдань №3

№ бр	D Метр	d+ δ мм	L мм	k мм	h мм	Alfa град
1	7	40+230	1500	900	500	60
2	3.6	40+230	1000	600	300	60
3	4	40+230	1000	700	300	60
4	4.5	60+230	1000	800	400	60
5	5	60+230	1500	800	300	90
6	3.6	50+230	1000	700	300	90
7	5	50+230	1500	700	350	90
8	4.5	50+230	1000	600	300	90
9	5	30+230	3000	700	350	60
10	6	40+230	3000	800	400	60

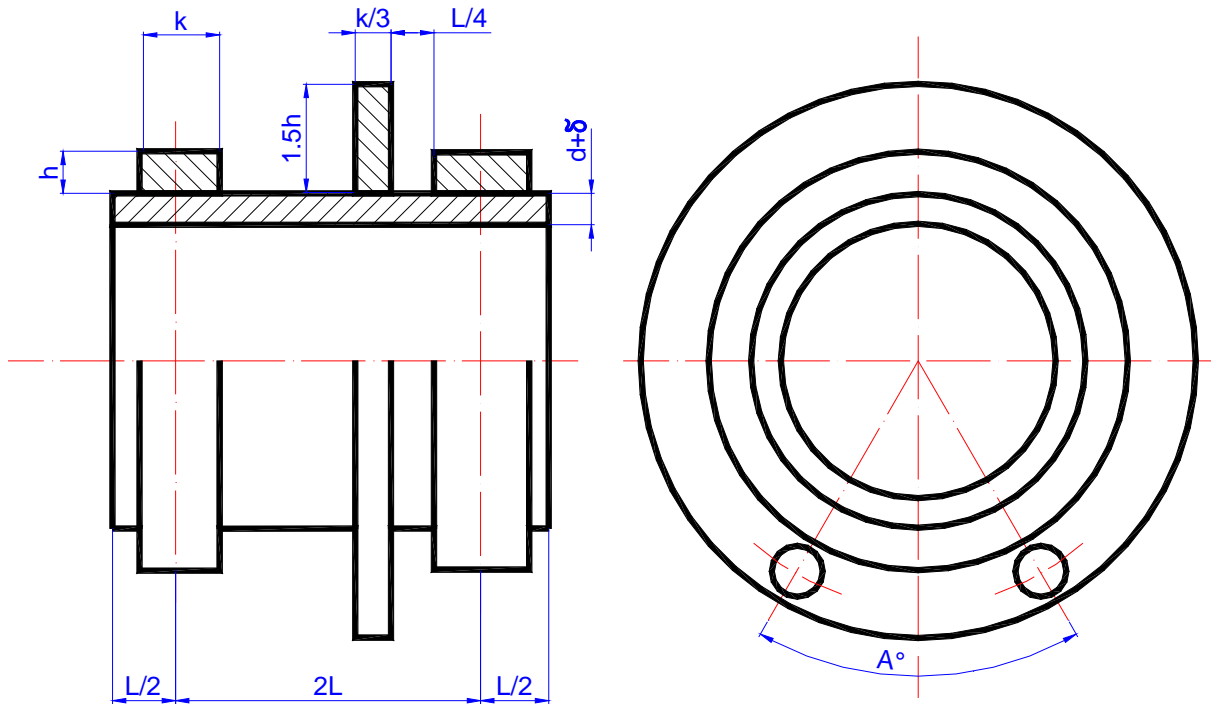


Рис. 3 Завдання до роботи № 3

Завдання № 4.

Тема: Розрахунок ділянки обертової печі з врахуванням футерівки.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати діючі машини і механізми промисловості будматеріалів.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Виконати лабораторну роботу №3 з врахуванням футеровочного матеріалу і порівняти результати з лабораторною роботою №3.

Фізико-механічні властивості.

Густина корпусу $\rho_k = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Густина футерівки $\rho_{\text{ф}} = 1.3 \text{ т/м}^3$.
Модуль пружності корпусу $E_{\text{к}} = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.
Модуль пружності футерівки $E_{\text{ф}} = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}$.
Коефіцієнт Пуассона корпусу $\nu_{\text{к}} = 0.3$.
Коефіцієнт Пуассона футерівки $\nu_{\text{ф}} = 0.3$.
Товщина футерівки $\delta = 0.23 \text{ м}$.

Завдання № 5.

Тема: Розрахунок млина на холостому ході.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати діючі машини і механізми промисловості будматеріалів.

Зміст роботи.

Розрахувати $\frac{1}{4}$ і $\frac{1}{2}$ конструкції, порівняти результати .
(Вплив закріплення в другому підшипнику)

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку ($1/2$, можливо $1/4$). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 4.

Числові значення беруться із Таблиця 4. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.
Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.
Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця індивідуальних завдань №6

№ бр	DH м	DbH м	δ м	L1 м	LP м	L2 м	LK м	LBR м
1	2	0.5	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	6
2	2.5	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.15	8
3	2.5	0.8	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	10
4	3	1.2	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	11
5	3.2	1.4	0.25	0.2	0.5	0.8	0.2	12
6	3.5	1.5	0.3	0.2	0.5	0.8	0.2	13
7	4	1.6	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	14
8	4	1.6	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	15
9	3.6	1.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	9
10	5	1.2	0.4	0.2	0.5	0.2	0.2	15

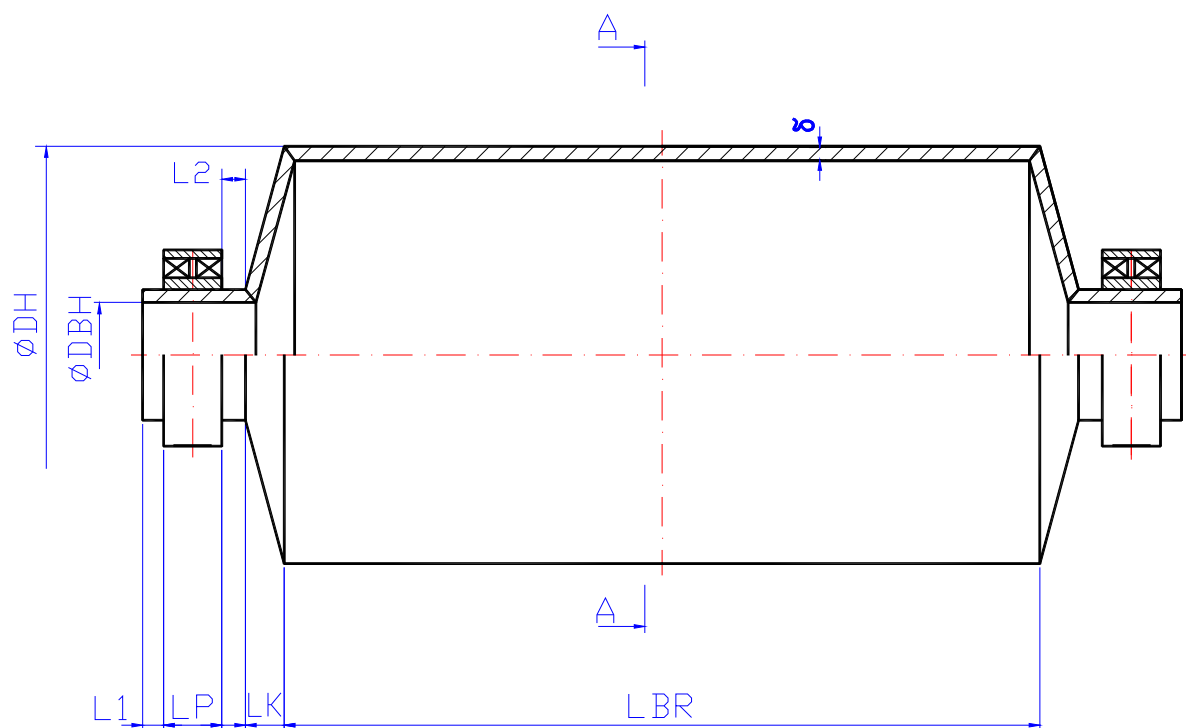


Рис. 4 Завдання до роботи № 7

Завдання № 6.

Тема: Розрахунок млина з робочим завантаженням.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати діючі машини і механізми промисловості будматеріалів.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 4 та Рис. 5.

Числові значення беруться із Таблиця 5. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця індивідуальних завдань №7.

№ бр	DH м	DbH м	δ м	L1 м	LP м	L2 м	LK м	LBR м	A градус
1	2	0.5	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	6	105
2	2.5	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.15	8	95
3	2.5	0.8	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	10	100
4	3	1.2	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	11	110
5	3.2	1.4	0.25	0.2	0.5	0.8	0.2	12	120
6	3.5	1.5	0.3	0.2	0.5	0.8	0.2	13	130
7	4	1.6	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	14	140
8	4	1.6	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	15	120
9	3.6	1.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	9	140
10	5	1.2	0.4	0.2	0.5	0.2	0.2	15	150

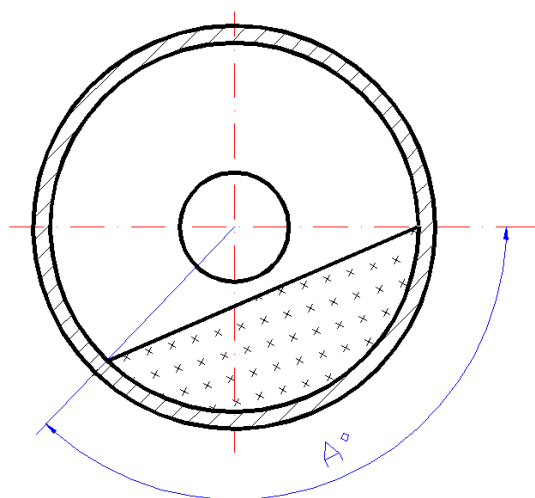


Рис. 5 Завдання до роботи № 8

Завдання № 7.

Тема: Розрахунок млина з вінцевою шестернею на холостому ході.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати діючі машини і механізми промисловості будматеріалів.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 6.

Числові значення беруться із Таблиця 6. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця індивідуальних завдань №8

№ бр	DH м	Dbh м	LB м	<i>d</i> м	L1 м	LP м	L2 м	LK м	LBR м	L3 м	DS м
1	2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	6	0.2	3
2	2.5	0.6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.15	8	0.2	3.2
3	2.5	0.8	0.3	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	10	0.3	3.4
4	3	1.2	0.3	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	11	0.3	3.8
5	3.2	1.4	0.3	0.25	0.2	0.5	0.8	0.2	12	0.3	4
6	3.5	1.6	0.3	0.3	0.2	0.5	0.8	0.2	13	0.3	4.5
7	4	1.6	0.3	0.3	0.2	0.5	0.8	0.3	14	0.4	5.0
8	4	1.6	0.3	0.35	0.2	0.5	0.8	0.3	15	0.4	5.0
9	5	2.0	0.4	0.35	0.2	0.6	0.8	0.4	16	1.0	4.0
10	5	2.0	0.4	0.35	0.2	0.6	0.8	0.4	16	1.0	4.0

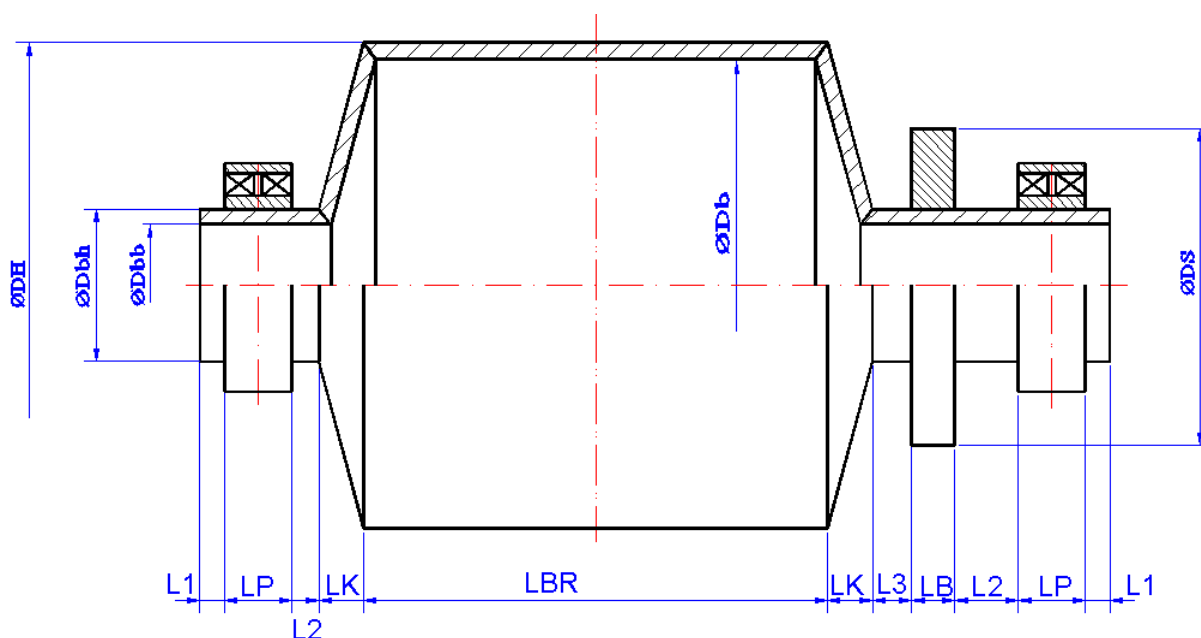


Рис. 6 Завдання до роботи № 9

2. Завдання по задачам механіки (просторова конструкція) Завдання № 8.

Тема: Розрахунок лопатки глинозмішувача шнекового преса.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати діючі машини і механізми промисловості будматеріалів.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 7.

Числові значення беруться із Таблиця 7 відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця 7

Таблиця індивідуальних завдань №10

№ бр	R, мм	A, мм	B, мм	C, мм	P, мм	E, мм	F, мм	K, мм	AL, Град.	P, Н
1	65	130	220	20	80	5	40	25	0	1730
2	70	135	215	18	80	5	40	25	15	1670
3	75	140	210	16	80	5	40	25	30	1500
4	65	130	200	22	80	5	40	25	45	1220
5	75	125	230	14	80	5	40	25	0	1730
6	70	120	225	20	80	5	40	25	15	1670
7	70	130	200	18	80	5	40	25	30	1500
8	75	135	210	16	80	5	40	25	45	1220
9	80	145	235	22	80	5	40	25	0	1730
10	75	140	200	14	80	5	40	25	15	1670
11	80	135	215	18	80	5	40	25	30	1500

12	85	140	220	20	80	5	40	25	45	1220
----	----	-----	-----	----	----	---	----	----	----	------

Загальне навантаження що діє на лопатку складає P .

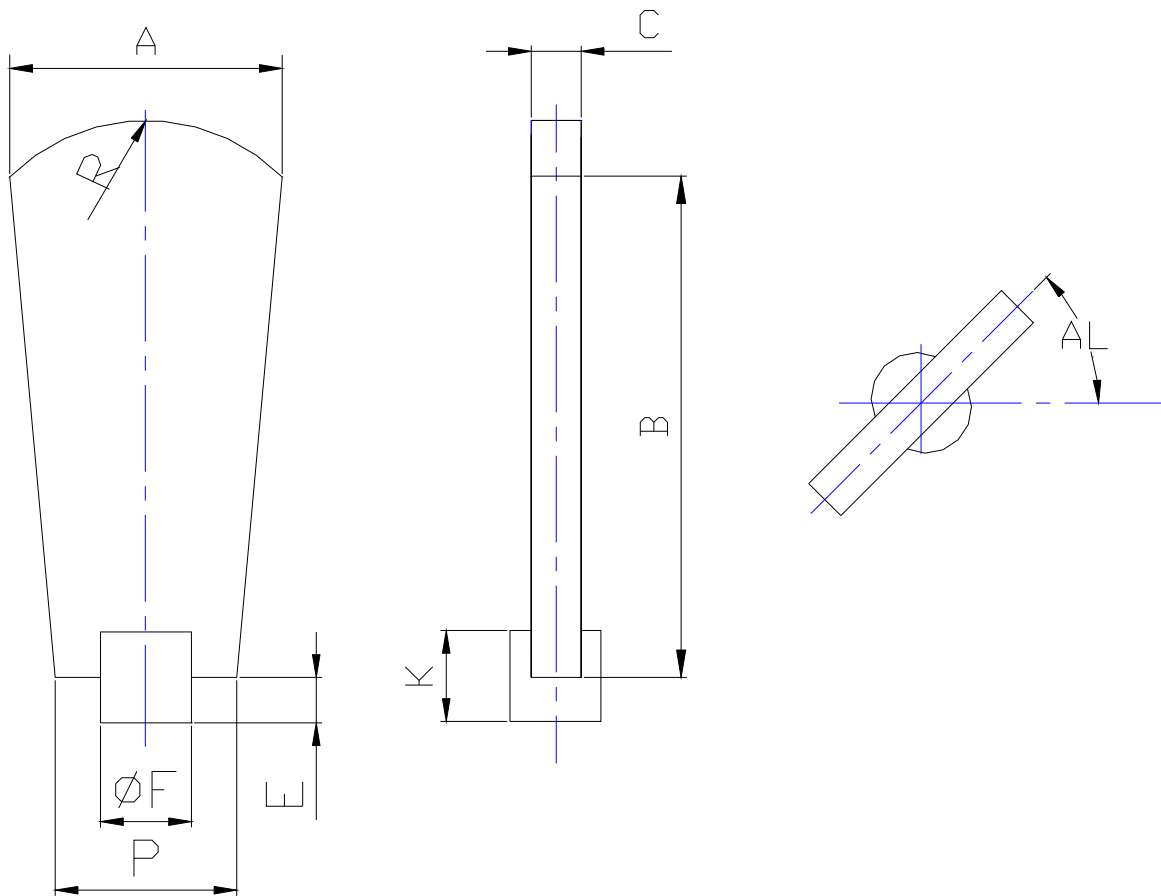


Рис. 7 Завдання до роботи №

Завдання № 9.

Тема: Розрахунок корпусу шнекового преса.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати діючі машини і механізми промисловості будматеріалів.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.

3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 9.

Числові значення беруться із Таблиця 8. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$.

Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.

Таблиця 8

Таблиця індивідуальних завдань

№ бр	D1, мм	l1, мм	L, мм	Lvv, мм	Hvv, мм	δ, мм
1	600	900	1150	280	95	10
2	620	920	1100	280	95	10
3	640	900	1180	280	95	10
4	680	940	1150	280	95	10
5	700	900	1200	280	95	10
6	710	980	1250	280	95	10
7	600	980	1200	280	95	10
8	620	960	1180	280	95	10
9	640	940	1250	280	95	10
10	680	980	1200	280	95	10
11	700	960	1150	280	95	10
12	710	1000	1100	280	95	10

Внутрішній тиск визначається по Рис. 8 [5]. Жорстке закріплення по D1

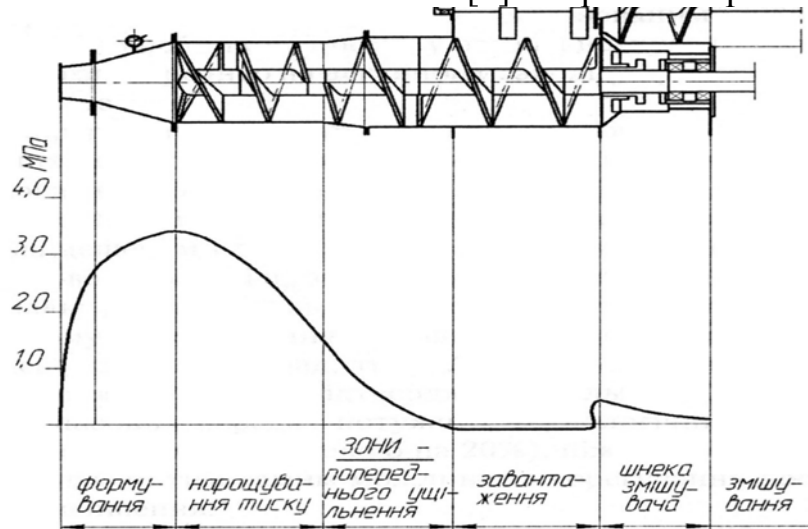


Рис. 8 Внутрішній тиск в корпусі шнекового пресу

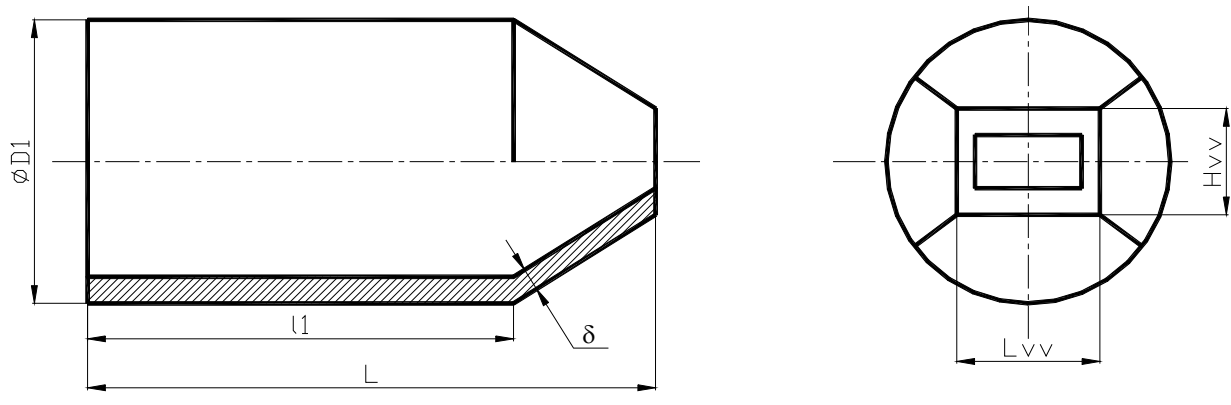


Рис. 9 Завдання до роботи №13

3. Завдання по задачам теплопровідності Завдання № 10.

Тема: Розрахунок фасонного вогнетриву спрощеної форми.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати фасонні вогнетриви в футеровці обертових печей для зменшення втрат тепла через корпус.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.2. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис температур на границях та умов зовнішнього теплообміну.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 10.

Числові значення беруться з Таблиця 9. Відповідно номеру бригади. Механічні та тепло-фізичні властивості.

1. Корпус печі

Сталь вуглеводна (м) $\lambda = 45.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, c = 0.46 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \rho = 7830 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, T = 20.0^\circ \text{C}.$

2. Футерівка

Шамот ШБ-5(м) $\lambda = 0.845 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, c = 1.09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \rho = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, T = 20.0^\circ \text{C}.$

3. Теплоізолюючий матеріал

Базальтове волокно(м) $\lambda = 0.082 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, c = 0.816 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \rho = 360 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, T = 20.0^\circ \text{C}.$

Граничні умови

1. Внутрішня поверхня футерівки має температуру $1300^\circ \text{C}.$
2. Зовнішній теплообмін між корпусом та зовнішнім середовищем визначається по залежності $\alpha = 3.5 + 0.062 \cdot T$
3. Температура зовнішнього середовища $T = 20.0^\circ \text{C}.$

Таблиця 9

Таблиця індивідуальних завдань

№ бр	Н мм	L мм	Дп м
1	65	20	2.0
2	60	30	2.0
3	50	50	2.0

4	40	70	2.0
5	65	20	4.5
6	60	30	4.5
7	50	50	4.5
8	40	70	4.5
9	65	20	7.0
10	60	30	7.0
11	50	50	7.0
12	40	70	7.0

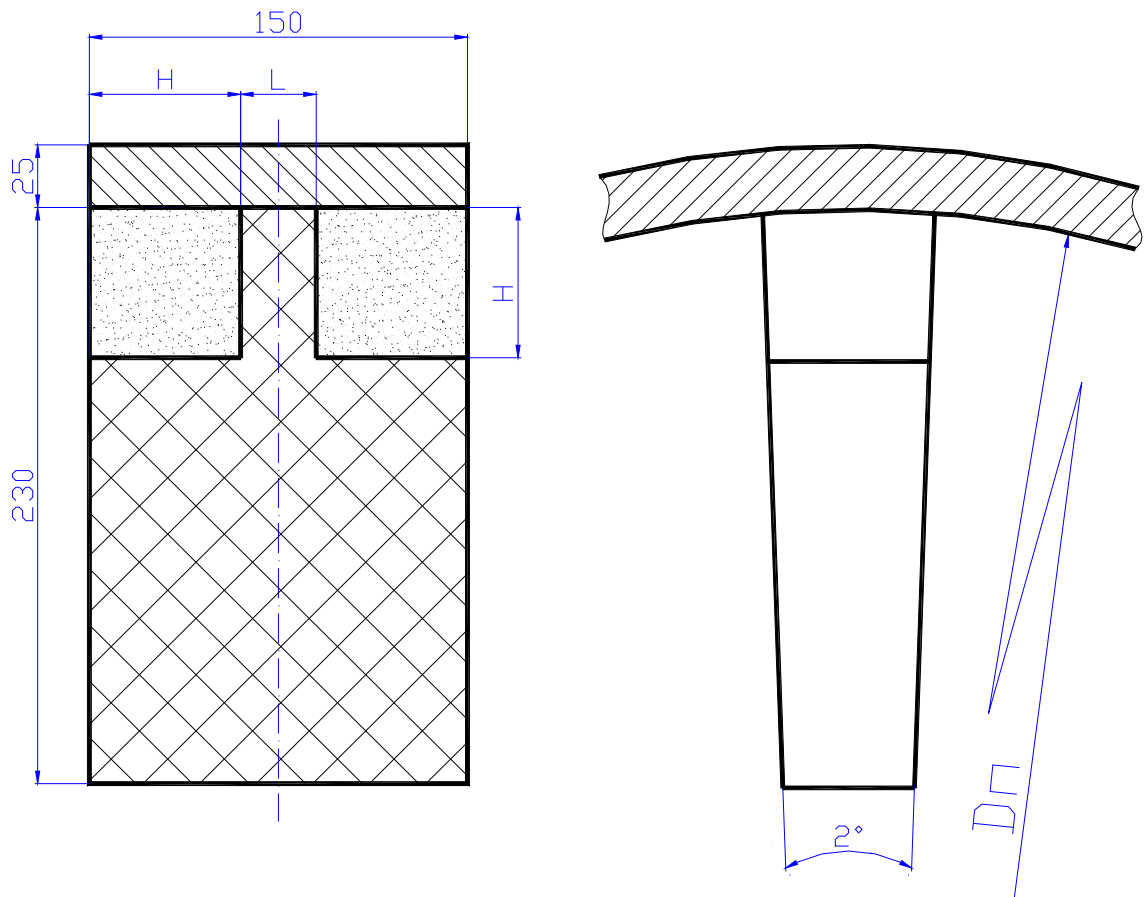


Рис. 10 Завдання до роботи №15

Завдання № 11.

Тема: Розрахунок фасонного вогнетриву зі скосом.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати фасонні вогнетриви в футеровці обертових печей для зменшення втрат тепла через корпус.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.

- 2.1. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
- 2.2. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис температур на границях та умов зовнішнього теплообміну.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 11.

Числові значення беруться з Таблиця 10. Відповідно номеру бригади. Механічні та тепло-фізичні властивості.

1. Корпус печі

Сталь вуглеводна (м) $\lambda = 45.5 \frac{Вт}{м \cdot К}, c = 0.46 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \rho = 7830 \frac{кг}{м^3}, T = 20.0^0 С.$

2. Футерівка

Шамот ШБ-5(м) $\lambda = 0.845 \frac{Вт}{м \cdot К}, c = 1.09 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \rho = 2000 \frac{кг}{м^3}, T = 20.0^0 С.$

3. Теплоізолюючий матеріал

Базальтове волокно(м) $\lambda = 0.082 \frac{Вт}{м \cdot К}, c = 0.816 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \rho = 360 \frac{кг}{м^3}, T = 20.0^0 С.$

Граничні умови

1. Внутрішня поверхня футерівки має температуру $1300^0 С.$
2. Зовнішній теплообмін між корпусом та зовнішнім середовищем визначається по залежності $\alpha = 3.5 + 0.062 \cdot T$
3. Температура зовнішнього середовища $T = 20.0^0 С.$

Таблиця 10

Таблиця індивідуальних завдань

№ бр	Н мм	L мм	Дп м
1	65	20	2.0
2	60	30	2.0
3	50	50	2.0
4	40	70	2.0
5	65	20	4.5
6	60	30	4.5
7	50	50	4.5
8	40	70	4.5
9	65	20	7.0
10	60	30	7.0
11	50	50	7.0
12	40	70	7.0

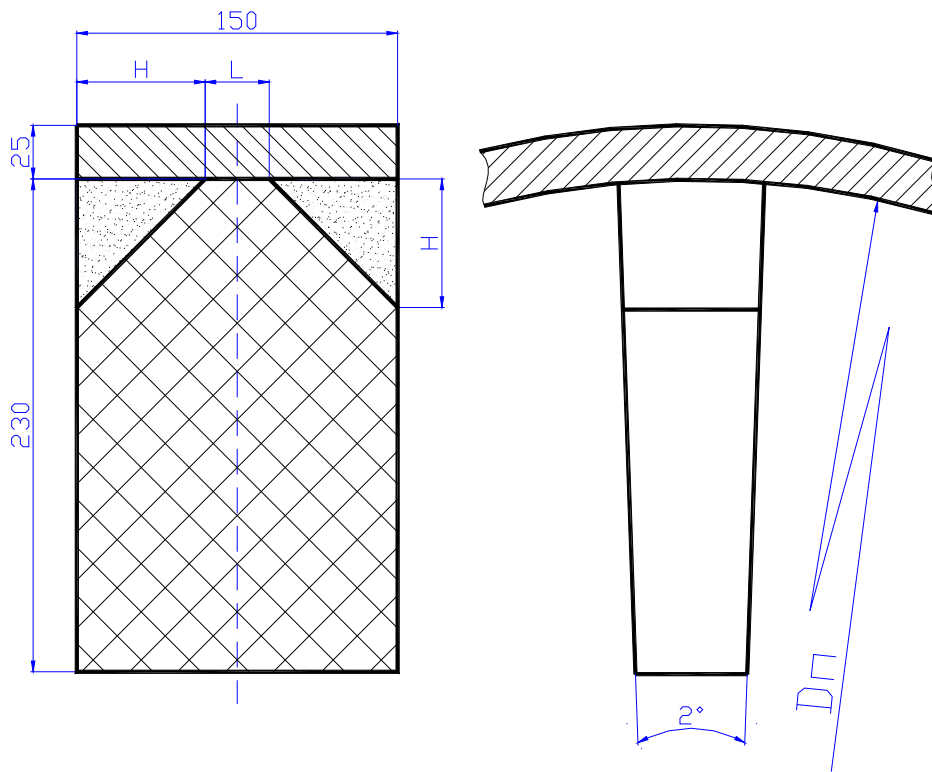


Рис. 11 Завдання до роботи № 16

Завдання № 12.

Тема: Розрахунок фасонного вогнетриву з циліндричною формою теплоізоляції.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати фасонні вогнетриви в футеровці обертових печей для зменшення втрат тепла через корпус.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.2. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис температур на границях та умов зовнішнього теплообміну.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 12.

Числові значення беруться з Таблиця 11. Відповідно номеру бригади. Механічні та тепло-фізичні властивості.

1. Корпус печі

Сталь вуглеводна (м) $\lambda = 45.5 \frac{Вт}{м \cdot К}, c = 0.46 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \rho = 7830 \frac{кг}{м^3}, T = 20.0^0 С.$

2. Футерівка

Шамот ШБ-5(м) $\lambda = 0.845 \frac{Вт}{м \cdot К}, c = 1.09 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \rho = 2000 \frac{кг}{м^3}, T = 20.0^0 С.$

3. Теплоізолюючий матеріал

Базальтове волокно(м) $\lambda = 0.082 \frac{Вт}{м \cdot К}, c = 0.816 \frac{кДж}{кг \cdot К}, \rho = 360 \frac{кг}{м^3}, T = 20.0^0 С.$

Граничні умови

1. Внутрішня поверхня футерівки має температуру $1300^0 С.$
2. Зовнішній теплообмін між корпусом та зовнішнім середовищем визначається по залежності $\alpha = 3.5 + 0.062 \cdot T$
3. Температура зовнішнього середовища $T = 20.0^0 С.$

Таблиця 11

Таблиця індивідуальних завдань

№ бр	Rv мм	L мм	Дп м
1	65	20	2.0
2	60	30	2.0
3	50	50	2.0
4	40	70	2.0
5	65	20	4.5
6	60	30	4.5
7	50	50	4.5
8	40	70	4.5
9	65	20	7.0
10	60	30	7.0
11	50	50	7.0
12	40	70	7.0

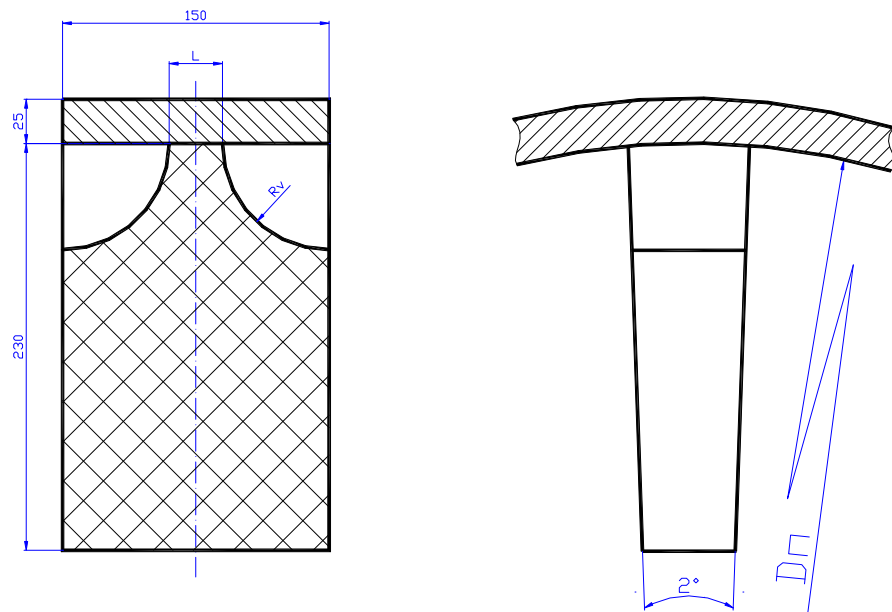


Рис. 12 Завдання до роботи № 17

Завдання №13.

Тема: Розрахунок фасонного вогнетриву з еліптичною формою теплоізоляції.

Мета роботи: Навчитися моделювати і розраховувати фасонні вогнетриви в футеровці обертових печей для зменшення втрат тепла через корпус.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.2. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис температур на границях та умов зовнішнього теплообміну.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 13.

Числові значення беруться з Таблиця 12. Відповідно номеру бригади. Механічні та тепло-фізичні властивості.

1. Корпус печі

Сталь вуглеводна (м) $\lambda = 45.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, c = 0.46 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \rho = 7830 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, T = 20.0^\circ \text{C}.$

2. Футерівка

Шамот ШБ-5(м) $\lambda = 0.845 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, c = 1.09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \rho = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, T = 20.0^\circ \text{C}.$

3. Теплоізолюючий матеріал

Базальтове волокно(м) $\lambda = 0.082 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, c = 0.816 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \rho = 360 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, T = 20.0^\circ \text{C}.$

Граничні умови

4. Внутрішня поверхня футерівки має температуру $1300^\circ \text{C}.$
5. Зовнішній теплообмін між корпусом та зовнішнім середовищем визначається по залежності $\alpha = 3.5 + 0.062 \cdot T$
6. Температура зовнішнього середовища $T = 20.0^\circ \text{C}.$

Таблиця 12

Таблиця індивідуальних завдань

№ бр	Rv мм	L мм	Dп м
1	55	20	2.0
2	50	30	2.0
3	40	50	2.0

4	30	70	2.0
5	55	20	4.5
6	50	30	4.5
7	40	50	4.5
8	30	70	4.5
9	65	20	7.0
10	60	30	7.0
11	50	50	7.0
12	40	70	7.0

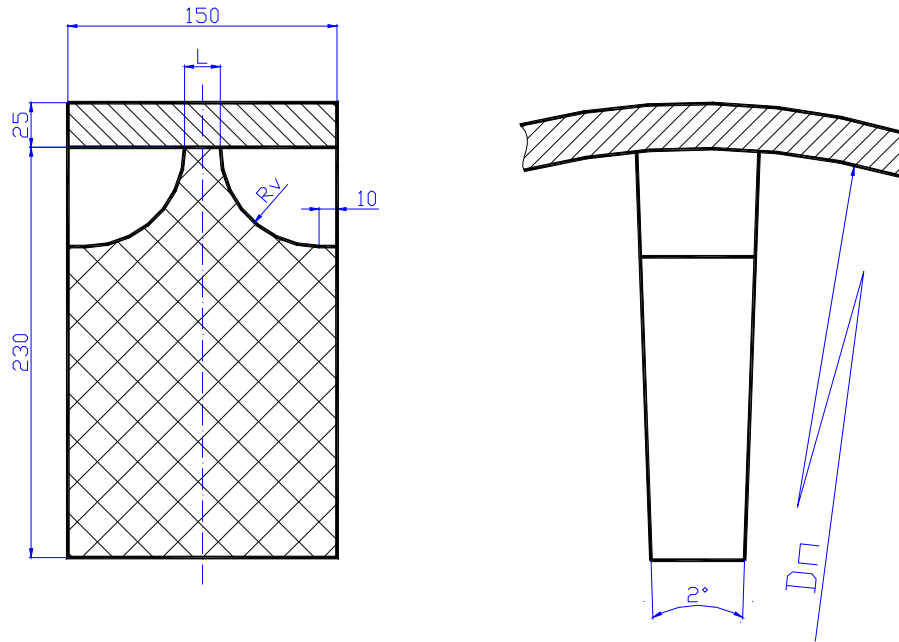


Рис. 13 Завдання до роботи № 18

4. Завдання по задачам механіки та теплопровідності

Завдання № 14.

Тема: Розрахунок корпусу обертового апарату з бандажем.

Мета роботи: Розробити розрахункову схему конструкції обертового апарату з бандажем і виконати розрахунок на міцність.

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 14.

Числові значення беруться з Таблиця 13. відповідно номеру бригади.

	Механічні властивості	Теплові властивості
Корпус	Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$. Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$. Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.	Теплопровідність $\lambda = 45.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ Теплоємність $c = 0.46 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Футерівка	Густина матеріалу $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$. Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$. Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$.	Теплопровідність $\lambda = 0.845 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ Теплоємність $c = 1.09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

Температура усередині печі, на поверхні футеровки 1300°C .

Тепловіддача від корпусу в навколишнє середовище $\alpha = 3.5 + 0.062 \cdot T$

Температура навколишнього середовища 20.0°C .

Таблиця 13

Таблиця індивідуальних завдань

№бр	D метр	d(dm+df) мм	L мм	k мм	h мм	Alfa град	r м
1	7.0	60+230	1500	900	500	60	0.3
2	3.6	40+230	1000	600	300	60	0.2
3	4.0	40+230	1000	700	300	60	0.2
4	4.5	60+230	1000	800	400	60	0.2

5	5.0	60+230	1500	800	300	90	0.25
6	3.6	20+230	1000	700	300	90	0.15
7	5.0	50+230	1500	700	350	90	0.2
8	4.5	50+230	1000	600	300	90	0.2
9	5.5	30+230	1500	700	300	90	0.25
10	4.0	30+230	2000	750	500	90	0.2

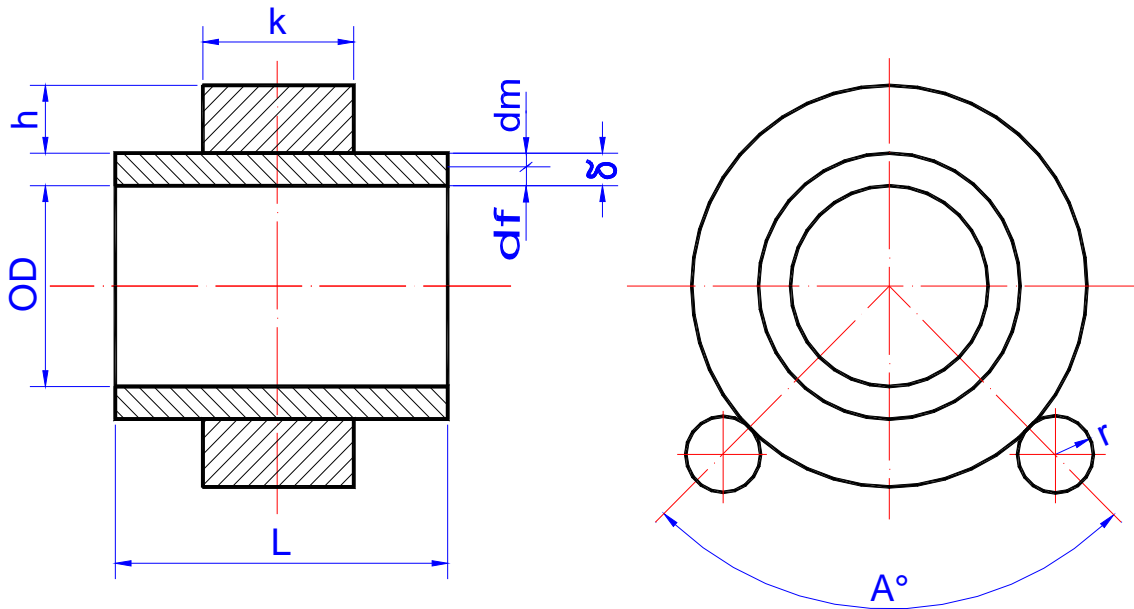


Рис. 14 Завдання до роботи № 19

Завдання № 15.

Тема: Розрахунок ділянки обертової печі з бандажем, вінцевою шестернею та корпусом.

Мета роботи: Розробка розрахункової схеми конструкції і виконання розрахунку на міцність за допомогою програмного комплексу

Зміст роботи.

1. Вихідні дані для розрахунку.
2. Повний опис розрахункової схеми конструкції.
 - 2.1. Повинна бути описана симетричність конструкції і зазначено яка її частина розглядається в розрахунку (1/2, можливо 1/4). Наприклад, обертова піч або млин розглядається як половина конструкції, що виділена вертикальною віссю симетрії.
 - 2.2. Опис конструкції, що моделюється фрагментами. Повинні бути приведені назви фрагментів та координати вершин.
 - 2.3. Забезпечення розбивки конструкції на скінчені елементи.
3. Опис навантажень та закріплень.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 15.

Числові значення беруться з Таблиця 14. відповідно номеру бригади.

	Механічні властивості	Теплові властивості
Корпус	Густина матеріалу $\rho_k = 7.8 \text{ т/м}^3$. Модуль пружності $E_k = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$. Коефіцієнт Пуассона $\nu_k = 0.3$.	Теплопровідність $\lambda = 45.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ Теплоємність $c = 0.46 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Футерівка	Густина матеріалу $\rho_\phi = 1.3 \text{ т/м}^3$. Модуль пружності $E_\phi = 2 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Коефіцієнт Пуассона $\nu_\phi = 0.3$.	Теплопровідність $\lambda = 0.845 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ Теплоємність $c = 1.09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

Температура газового потоку усередині печі задається таблично

X, довжина	0	1/3 довжини	2/3 довжини	в кінці
T, °C	400	800	600	300

Тепловіддача від газового потоку до футерівки складає $\alpha = 18.0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Тепловіддача від корпусу в навколишнє середовище $\alpha = 3.5 + 0.062 \cdot T \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Температура навколишнього середовища 20.0°C .

Таблиця 14

Таблиця індивідуальних завдань №3

№ бр	D Метр	d+ δ мм	L мм	k мм	h мм	Alfa град	r м
1	7	40+230	1500	900	500	60	0.35
2	3.6	40+230	1000	600	300	60	0.2
3	4	40+230	1000	700	300	60	0.2
4	4.5	60+230	1000	800	400	60	0.2
5	5	60+230	1500	800	300	90	0.25
6	3.6	50+230	1000	700	300	90	0.15
7	5	50+230	1500	700	350	90	0.25
8	4.5	50+230	1000	600	300	90	0.2
9	5	30+230	3000	700	350	60	0.25
10	6	40+230	3000	800	400	60	0.3

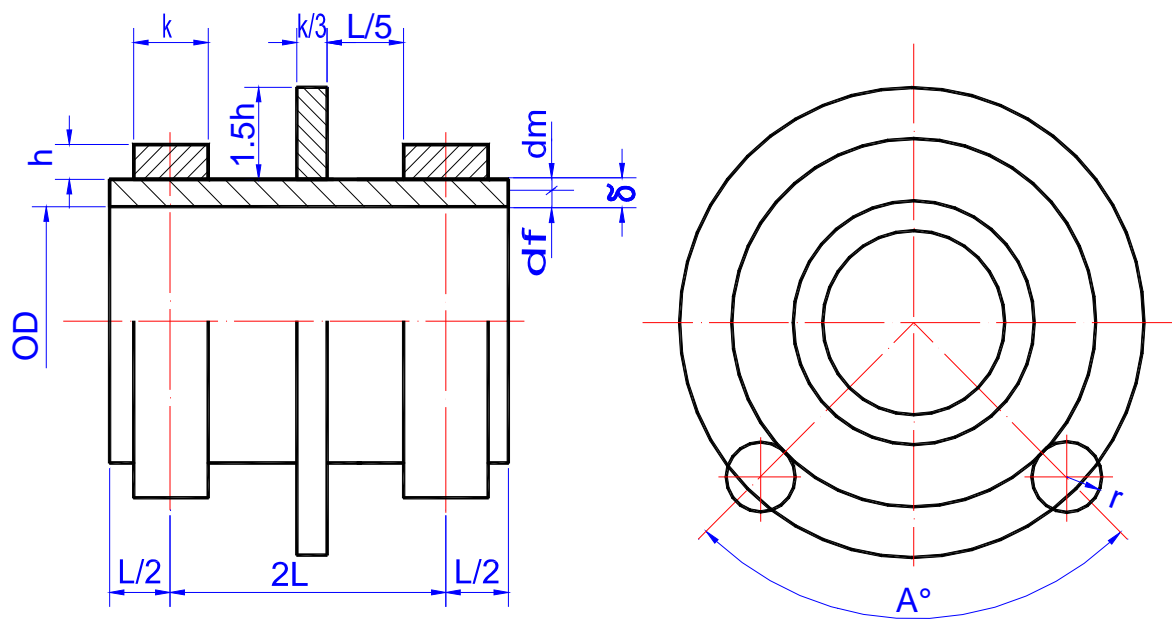


Рис. 15 Завдання до роботи № 15

Література

1. *О. С. Сахаров, В. Ю. Щербина, О. В. Гондлях, В. І. Сівецький.* САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості: Навчальний посібник – К.: ТОВ “Поліграф Консалтинг”, 2006. – 156 с.
2. *Сахаров О. С., Баженов В. А., Цыхановский В. К.* Моментная схема метода конечных элементов в задачах нелинейной механики сплошной среды // Прикладная механика – 2002. - т.38, №6, с. 24-63.
3. *Сівецький В. І., Сокольський О. Л., Сідоров Д. Е., Ткаченко С. М.* Моделювання параметрів течії неньютонівських рідин в формуючих каналах екструзійного обладнання // Материалы 23 ежегодной международной конференции и выставки «Композиционные материалы в промышленности» (2 – 6 июня 2003 г.). – Ялта, 2003. – с. 99 – 101.
4. *Киричевский В. В., Сахаров А. С.* Нелинейные задачи термомеханики конструкций из слабосжимаемых эластомеров. – К.: Будівельник, 1992. –
5. *Савченко О.Г.* Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібноштучних стінових виробів Навчальний посібник – Харків: – 2006. – 416с.
6. *Сахаров О.С., Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Щербина В.Ю.* Розробка скінченноелементної моделі руху неньютонівських рідин з урахуванням стисливості //Наукові вісті НТУУ „КПІ”– 2004. №2, с.56-65.
7. *Щербина В.Ю., Сахаров О.С., Гондлях О.В., Сівецький В.І.* Автоматизація графічно-конструкторських робіт у процесі проектування хімічного устаткування в системі AutoCAD // Політехніка, 2003, 153с.
8. *Ходоров .* Печи цементной промышленности. – М.: Изд.лит. по ст-ву, 1968. – 453с.