

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

## **МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт по курсу**

для спеціальності: 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 лабораторних 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. – 28 с.

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

Навчальне видання

## **МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ**

Методичні вказівки до виконання лабораторних 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

<b>Загальні відомості</b> .....	4
<b>Приклад оформлення протоколу лабораторної роботи</b> .....	5
<b>Лабораторні роботи</b> .....	13
<b>1. Завдання по задачам механіки (оболонкова конструкція)</b> .....	14
Лабораторна робота №1 .....	14
Лабораторна робота № 2.....	16
<b>2. Завдання по задачам механіки (просторова конструкція)</b> .....	18
Лабораторна робота № 3.....	18
Лабораторна робота № 4.....	20
Лабораторна робота № 5.....	22
<b>3. Завдання по задачам механіки та теплопровідності</b> .....	24
Лабораторна робота № 6.....	24
Лабораторна робота № 7.....	27
<b>Література</b> .....	28

## Загальні відомості

Мета лабораторних робіт - надбання студентами практичних навичок при виконанні розрахунків конструкцій.

При підготовці до лабораторної роботи необхідно вивчити рекомендовану літературу.

Лабораторні роботи виконуються згідно завдання. Опис розрахункової схеми конструкції студенти підготовлюють до початку лабораторної роботи. Відлагодження програми виконується в лабораторії. Помилки, допущені в програмі, студент виправляє самостійно, користуючись повідомленням про помилки.

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

Протокол лабораторної роботи повинен вміщувати:

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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

## Приклад оформлення протоколу лабораторної роботи

Лабораторна робота №5  
Бригада 4 (Марченко В.А., Марценко В.Є.)  
ГР. Лс-71

Тема: Розрахунок обертової печі.

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

Початкові дані для розрахунку.

Фізико-механічні властивості.

1. Густина корпусу  $\rho = 7.8 \text{ т/м}^3$ .
2. Густина футеровки  $\rho = 1.3 \text{ т/м}^3$ .
3. Модуль пружності корпусу  $E = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$ .
4. Модуль пружності футеровки  $E = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}$ .
5. Коефіцієнт Пуасона корпусу  $N = 0.3$ .
6. Коефіцієнт Пуасона футеровки  $N = 0.3$ .
7. Товщина футеровки  $\delta = 0.2 \text{ м}$ .

Зміст роботи.

Повний опис розрахункової схеми конструкції.

Опис навантажень.

Аналіз результатів розрахунку.

Рисунок початкової та деформованої схеми.

Рисунок характерного перерізу.

Рисунок напружень.

Таблиця за результатами розрахунку.

Індивідуальне завдання.

Виконання епюр навантажень  $G_{11}$ ,  $G_{22}$ ,  $G_{33}$  згідно з номером в бригаді. (1 - в 2му скінченному елементі, 2 - в 4му скінченному елементі, 3- в 6му скінченному елементі, 4 - в 7му скінченному елементі, 5 - в 9му скінченному елементі).

Знаходження  $K_E$  максимальними напруженнями і виділення початкової схеми.

а) Знаходження приведених напружень в максимально напруженому елементі по енергетичній теорії міцності.

б) Знаходження допустимих напружень.

в) Висновок про працездатність конструкції.

Таблиця індивідуального завдання №1

№бр	L1, L5 (м)	L2 (м)	L3, L4 (м)	Lб (м)	Dб (м)	Dп (м)	Tк (м)	Tф (м)	Вес ш. (т)	Lv (м)	Ls (м)
4	3	15	10	0.5	3.8	3.0	0.03	0.2	30	3.0	0.6



Конструкція моделюється наступними фрагментами:

Футеровка: F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8,F9,F10,F11;

Корпус: K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11;

Бандажі: B1,B2,B3,B4;

Вінцева шестірня: Z.

Вони наносяться поздовжньо.

Фрагмент	Точка P1	Точка P2	Точка P3	Точка P4
K1	(0,280,0)	(275,280,0)	(0,300,0)	(275,300,0)
K2	(275, 280,0)	(325,280,0)	(275, 300,0)	(325,300,0)
K3	(325, 280,0)	(570,280,0)	(325, 300,0)	(570,300,0)
K4	(570, 280,0)	(630,280,0)	(570, 300,0)	(630,300,0)
K5	(630, 280,0)	(1775,280,0)	(630, 300,0)	(1775,300,0)
K6	(1775, 280,0)	(1825,280,0)	(1775, 300,0)	(1825,300,0)
K7	(1825, 280,0)	(2775,280,0)	(1825, 300,0)	(2775,300,0)
K8	(2775,280,0)	(2825,280,0)	(2775,300,0)	(2825,300,0)
K9	(2825,280,0)	(3775,280,0)	(2825,300,0)	(3775,300,0)
K10	(3775,280,0)	(3825,280,0)	(3775,300,0)	(3825,300,0)
K11	(3825,280,0)	(4100,280,0)	(3825,300,0)	(4100,300,0)
F1	(0,300,0)	(275,303,0)	(0,300,0)	(275,303,0)
F2	(275, 300,0)	(325,303,0)	(275, 300,0)	(325,303,0)
F3	(325, 300,0)	(570,303,0)	(325, 300,0)	(570,303,0)
F4	(570, 300,0)	(630,303,0)	(570, 300,0)	(630,303,0)
F5	(630, 300,0)	(1775,303,0)	(630, 300,0)	(1775,303,0)
F6	(1775, 300,0)	(1825,303,0)	(1775, 300,0)	(1825,303,0)
F7	(1825, 300,0)	(2775,303,0)	(1825, 300,0)	(2775,303,0)
F8	(2775,300,0)	(2825,303,0)	(2775,300,0)	(2825,303,0)
F9	(2825,300,0)	(3775,303,0)	(2825,300,0)	(3775,303,0)
F10	(3775,300,0)	(3825,303,0)	(3775,300,0)	(3825,303,0)
F11	(3825,300,0)	(4100,303,0)	(3825,300,0)	(4100,303,0)
B1	(275,303,0)	(325,380,0)	(275,303,0)	(325,380,0)
B2	(1775,303,0)	(1825,380,0)	(1775,303,0)	(1825,380,0)
B3	(2775,303,0)	(2825,380,0)	(2775,303,0)	(2825,380,0)
B4	(3775,303,0)	(3825,380,0)	(3775,303,0)	(3825,380,0)
Z	(517,303,0)	(640,416,0)	(517,303,0)	(640,416,0)

Всі фрагменти розбиваємо на скінчені елементи по слідуючій залежності

Фрагменти	Mx1	Mx2	Mx3
F1,K1	2	12	5
B1,F2,K2	2	12	6
F3,K3	2	12	6
Z1,F4,K4	2	12	3
F5,K5	2	12	2
B2,F6,K6	2	12	6
F7,K7	2	12	5

## 2. Опис закріплень.

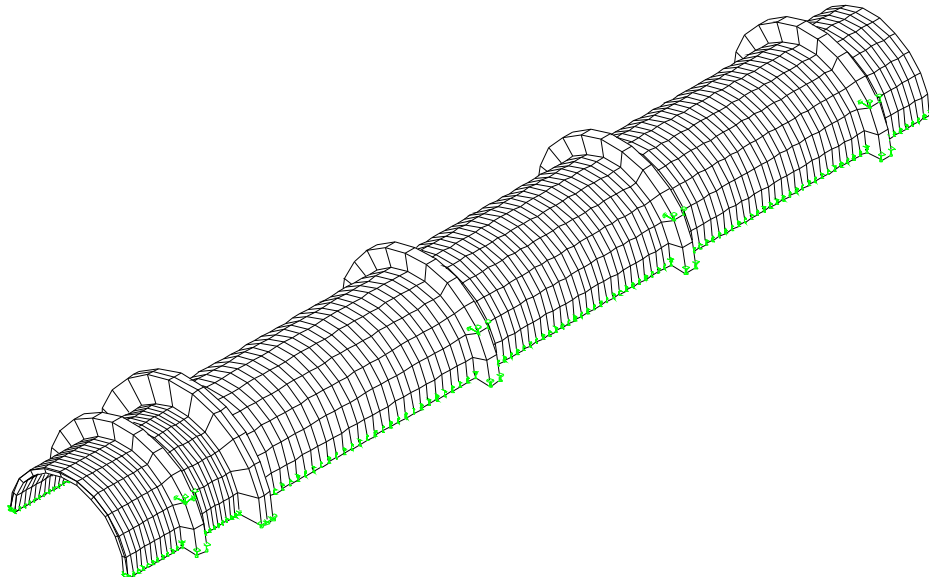
Закріплення виконується для фрагментів згідно схеми конструкції деталі приведеної на Рис. 2.

Вузли закріплення слідуєчі:

фрагмент	тип	In	Jn	Kn	Ik	Jk	Kk
K1-K11	4	1	1	1	2	1	6
	4	1	13	1	2	13	6
B1	4	1	1	1	2	1	6
	4	1	13	1	2	13	6
	3	2	11	1	2	11	6
B2-B4	4	1	1	1	2	1	6
	4	1	13	1	2	13	6
	3	2	11	1	2	11	6
F1-F11	4	1	1	1	2	1	6
	4	1	13	1	2	13	6

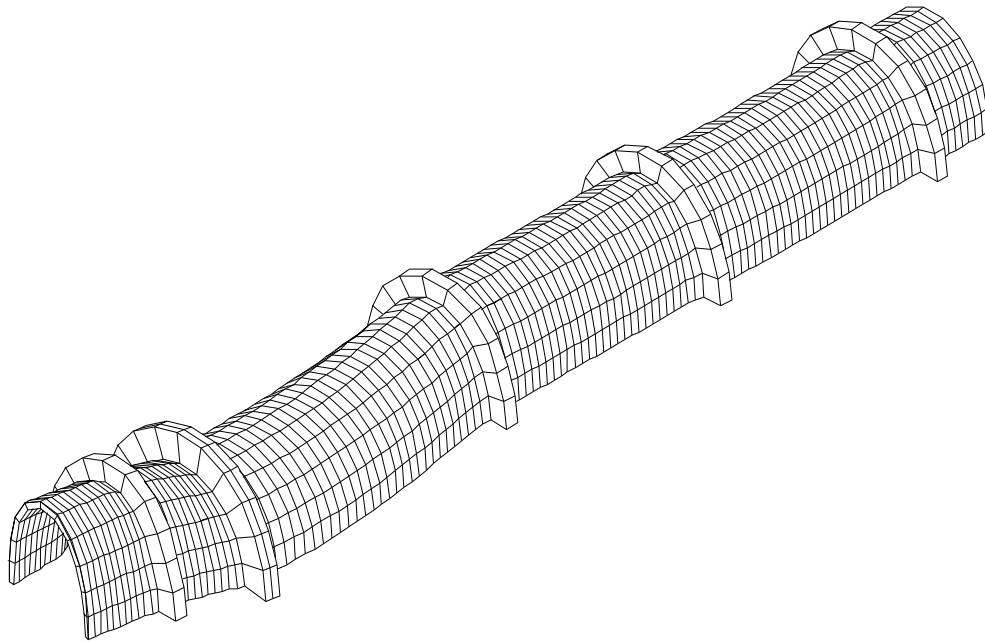
## 3. Аналіз результатів розрахунку.

### 3.1. Початкова та деформована схеми.



Розрахункова схема.

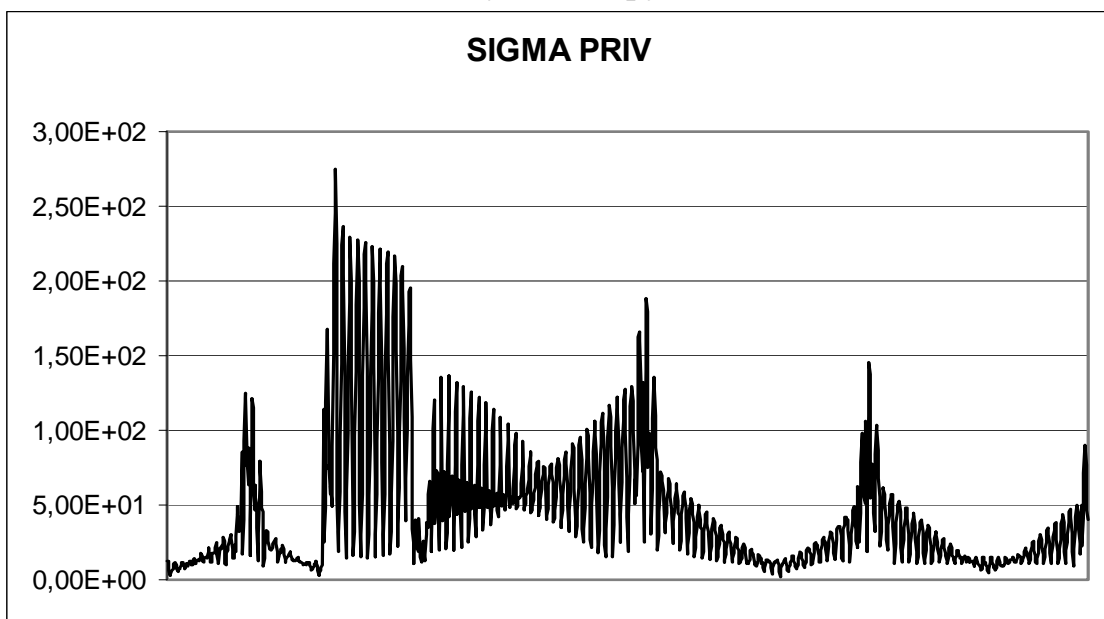




Деформована схема(K=100).

3.2. Таблиця за результатами розрахунку.

3.3. Рисунок напружень.



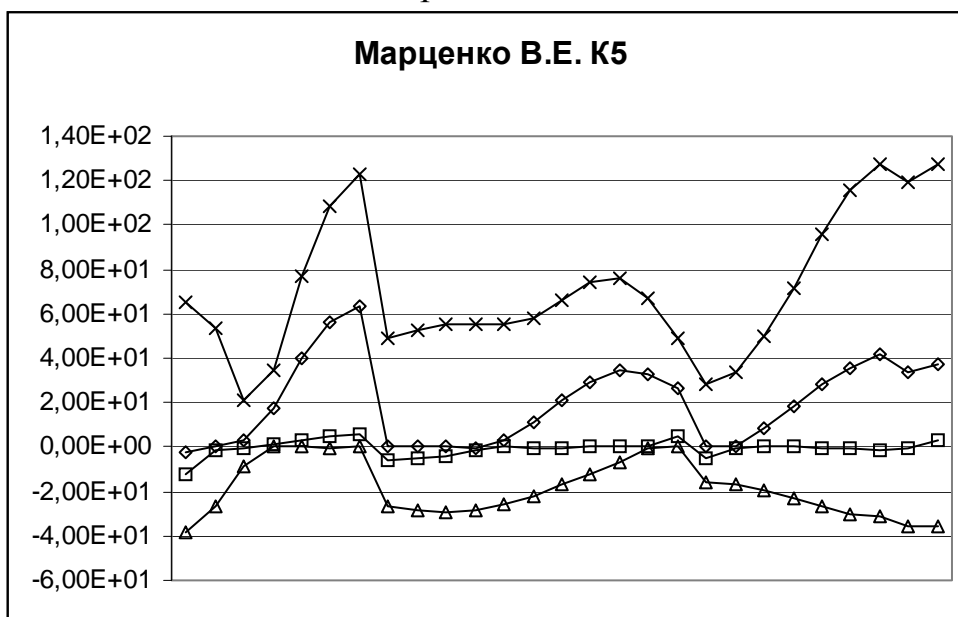
3.4. Індивідуальні завдання:

Марченко В.А.

10	6,01E+01	2,16E+01	3,14E+00	1,01E+02
22	7,08E+01	8,45E+00	-8,22E-01	1,35E+02

34	-3,50E-02	-5,44E+00	-2,32E+01	4,21E+01
46	2,42E-01	-4,85E+00	-2,76E+01	5,16E+01
58	-9,40E-02	-4,12E+00	-3,21E+01	6,06E+01
70	-1,24E-01	-3,09E+00	-3,30E+01	6,33E+01
82	4,80E-02	-1,11E+00	-2,89E+01	5,70E+01
94	3,21E+00	-9,69E-03	-2,05E+01	4,48E+01
106	1,22E+01	-1,29E-01	-1,18E+01	4,16E+01
118	2,53E+01	-5,83E-02	-5,54E+00	5,72E+01
130	3,74E+01	-2,40E-02	-9,90E-01	7,60E+01
142	4,43E+01	2,75E+00	-1,38E-01	8,65E+01
154	4,55E+01	5,26E+00	4,24E-01	8,60E+01
166	1,04E-02	-5,62E+00	-2,36E+01	4,28E+01
178	3,85E-01	-4,11E+00	-2,28E+01	4,28E+01
190	1,04E-01	-6,30E-02	-2,31E+01	4,64E+01
202	7,09E+00	-1,50E-01	-2,42E+01	5,69E+01
214	1,62E+01	-2,75E-01	-2,57E+01	7,33E+01
226	2,51E+01	-4,87E-01	-2,67E+01	9,01E+01
238	3,16E+01	-4,09E-01	-2,63E+01	1,01E+02
250	3,35E+01	1,29E-01	-2,38E+01	1,00E+02
262	2,97E+01	5,30E-01	-1,98E+01	8,64E+01
274	1,96E+01	2,87E-01	-1,55E+01	6,12E+01
286	7,29E+00	-3,05E-01	-1,29E+01	3,54E+01
298	5,99E+00	-6,59E-01	-4,91E+00	1,91E+01
310	3,18E+01	6,23E+00	2,17E+00	5,59E+01

Марценко В.Є.



5	-2,04E+00	-1,27E+01	-3,85E+01	6,53E+01
17	3,85E-01	-1,07E+00	-2,71E+01	5,38E+01
29	3,02E+00	-1,36E-01	-8,47E+00	2,06E+01
41	1,76E+01	1,14E+00	-6,15E-02	3,44E+01
53	3,98E+01	3,18E+00	-5,55E-03	7,70E+01
65	5,61E+01	4,67E+00	-1,88E-01	1,08E+02
77	6,38E+01	5,57E+00	3,35E-01	1,23E+02
89	-4,84E-02	-5,63E+00	-2,66E+01	4,86E+01
101	2,64E-01	-5,22E+00	-2,81E+01	5,23E+01
113	-7,80E-02	-4,13E+00	-2,93E+01	5,50E+01
125	-1,42E-01	-1,66E+00	-2,85E+01	5,55E+01
137	3,24E+00	-2,61E-02	-2,57E+01	5,52E+01
149	1,10E+01	-1,05E-01	-2,17E+01	5,79E+01
161	2,07E+01	-1,90E-01	-1,71E+01	6,58E+01
173	2,94E+01	-5,74E-02	-1,20E+01	7,42E+01
185	3,42E+01	5,52E-03	-6,62E+00	7,62E+01
197	3,30E+01	-3,71E-02	-9,77E-01	6,72E+01
209	2,67E+01	4,42E+00	4,71E-01	4,92E+01
221	4,03E-02	-5,25E+00	-1,60E+01	2,84E+01
233	4,50E-01	-3,51E-01	-1,69E+01	3,40E+01
245	8,08E+00	1,80E-01	-1,97E+01	4,98E+01
257	1,83E+01	3,73E-02	-2,29E+01	7,19E+01
269	2,84E+01	-2,06E-01	-2,65E+01	9,55E+01
281	3,59E+01	-8,93E-01	-3,04E+01	1,15E+02
293	4,15E+01	-1,63E+00	-3,16E+01	1,28E+02
305	3,33E+01	-4,16E-01	-3,55E+01	1,20E+02
317	3,77E+01	3,20E+00	-3,57E+01	1,28E+02

### 3.5. Знаходження СЕ з максимальними навантаженнями і виділення його в початковій схемі.

а) знаходження приведених напружень в максимально навантаженому елементі:

Приведене напруження визначається по енергетичній теорії міцності:

Максимальне напруження в 8-му СЕ фрагменту К5: 2,75 МПа.

Ск.елемент	G11	G22	G33	G priv
8	6,28E+01	-3,78E+00	-9,48E+01	2,75E+02

$$\begin{aligned}\sigma_{пр} &= 1,42 \cdot \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{11} - \sigma_{33})^2} = \\ &= 1,42 \cdot \sqrt{(62,8 - (-3,78))^2 + ((-3,78) - (-94,8))^2 + (62,8 - (-94,8))^2} = 275 \text{ кПа}\end{aligned}$$

б) знаходження допустимих навантажень:

$$[\sigma] = \sigma_{-1} / n = 0.435 \cdot \sigma_{ВР} / n = 0.435 \cdot 420 / 4 = 45,6 \text{ МПа.}$$

де n-запас міцності, що враховує циклічність нагрздки і т.д.

в) **висновок про працездатність конструкції:**

Так як отримані *max.* напруження не перевищують допустимі напруження, то таку конструкцію можна вважати працездатною і пропонувати для роботи в промислових умовах.

## Лабораторні роботи

### Загальні відомості.

Мета лабораторних робіт - надбання студентами практичних навичок при виконанні розрахунків конструкцій.

При підготовці до лабораторної роботи необхідно вивчити рекомендовану літературу.

Лабораторні роботи виконуються згідно завдання. Опис розрахункової схеми конструкції студенти підготовлюють до початку лабораторної роботи. Відлагодження програми виконується в лабораторії. Помилки, допущені в програмі, студент виправляє самостійно, користуючись повідомленням про помилки.

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

Протокол лабораторної роботи повинен вміщувати:

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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

# 1. Завдання по задачам механіки (оболонкова конструкція) Лабораторна робота №1

Тема: Розрахунок обертової печі

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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції та рекомендації по вдосконаленню.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

Дані для розрахунку.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 1.

Числові значення беруться із Таблиця 1. Відповідно номеру бригади.

Фізико-механічні властивості.

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

Густина футерівки  $\rho_f = 1.3 \text{ т/м}^3$ .

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

Модуль пружності футерівки  $E_f = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}$ .

Коефіцієнт Пуассона корпусу  $\nu_k = 0.3$ .

Коефіцієнт Пуассона футерівки  $\nu_f = 0.3$ .

Таблиця індивідуальних завдань №5

№ бр	L1,L5 м	L2 м	L3,L4 м	Lb м	Db м	Dn м	Tk м	Tf м	Вес ш. г	Lv м	Ls м
1	6	23	20	0.9	5.0	4.0	0.03	0.2	46	5.0	0.8
2	5	20	15	0.6	4.4	3.4	0.03	0.2	40	5.0	0.7
3	4	23	18	0.8	5.0	4.0	0.03	0.2	44	5.0	0.6
4	3	15	10	0.5	3.8	3.0	0.03	0.2	30	3.0	0.6
5	2	10	5	0.7	3.2	2.6	0.02	0.2	20	2.5	0.4
6	2	12	6	0.7	3.4	2.8	0.02	0.2	24	3.0	0.4
7	4	18	8	1.2	5.8	4.6	0.03	0.2	38	4.0	0.8
8	3	20	14	1.0	5.0	4.0	0.03	0.2	40	4.6	0.8
9	3.6	20	10	0.6	4.5	3.6	0.03	0.2	36	3.5	0.7
10	4.5	25	20	0.8	5.0	4.5	0.03	0.2	45	5.5	0.7

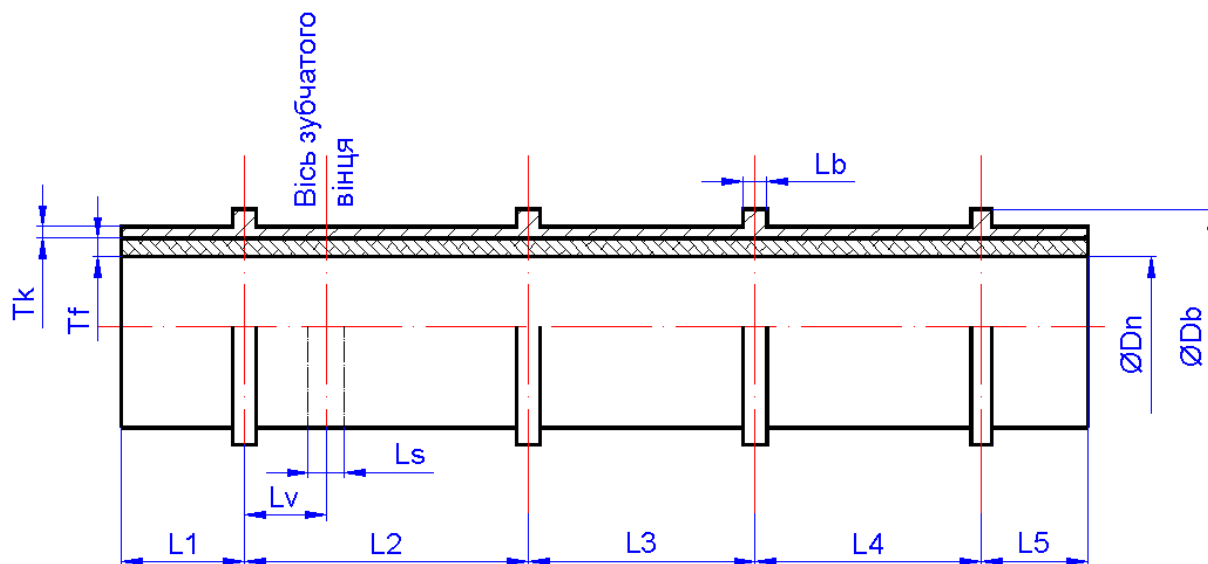


Рис. 1 Завдання до лабораторної роботи № 4

## Лабораторна робота № 2

Тема: Розрахунок форматного барабану листоформуючої машини.

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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції та рекомендації по вдосконаленню.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

Дані для розрахунку.

1. 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 індивідуальних завдань №4.

№ бр	L0, мм	L2, мм	L3, мм	$\delta_B$ , мм	$\delta_C$ , мм	D1, мм	D2, мм	D3, мм
1	1850	250	1575	25	35	180	270	1550
2	1840	248	1566	24	34	178	268	1540
3	1790	242	1524	24	33	174	260	1500
4	1800	243	1532	24	34	176	262	1508
5	1810	244	1540	24	34	176	264	1516
6	1780	240	1515	24	34	170	260	1490
7	1820	246	1550	24	34	178	266	1524
8	1770	240	1506	23	33	172	258	1482
9	1760	238	1498	23	33	170	256	1474
10	1750	236	1490	23	33	170	254	1464

Закріплення по D1.  $q_1=70$  кН/м;  $q_2=45$  кН/м;  $q_3=25$  кН/м;  
 $q=P/L0$ ;  $P_1=q_1*L0=70*1.85=129.5$ Н

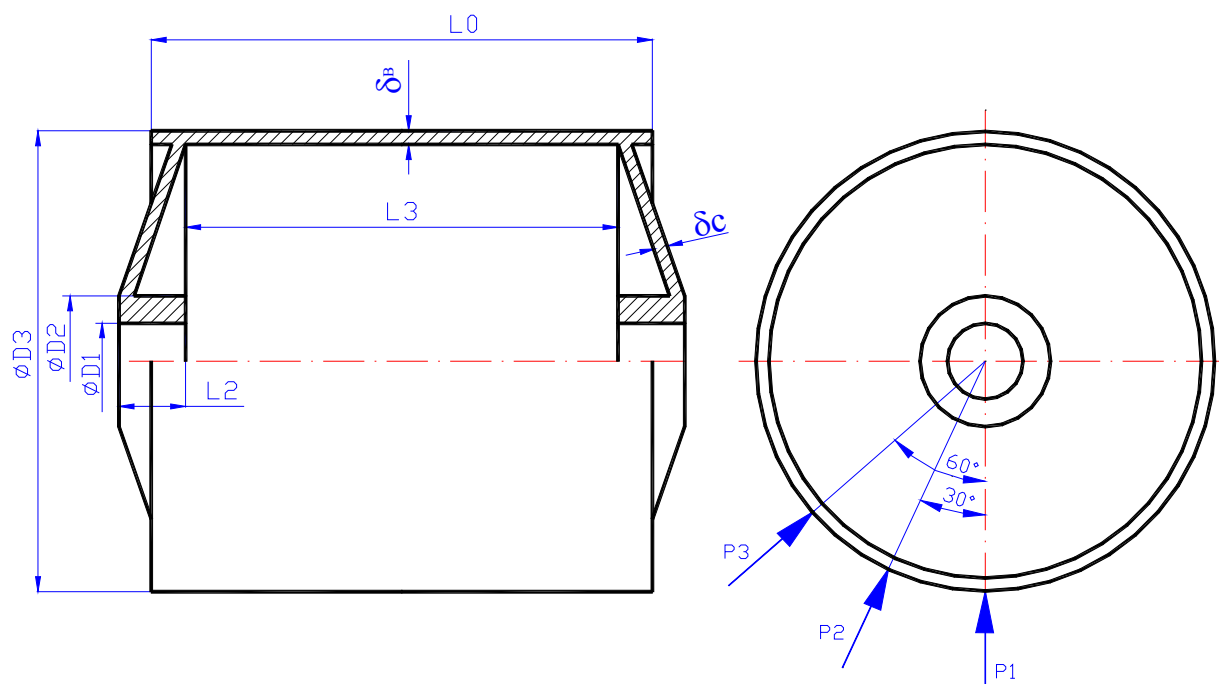


Рис. 2 Завдання до лабораторної роботи № 6

## 2. Завдання по задачам механіки (просторова конструкція) Лабораторна робота № 3

Тема: Розрахунок млина з отвором для загрузки шарів.

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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції та рекомендації по вдосконаленню.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

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 індивідуальних завдань №9

№ бр	DH м	DBH м	$\delta 1$ м	L1 м	LP м	L2 м	LK м	LBR м	h м	L3 м	$\delta 2$ м	LKR м	LV м
1	2	0.5	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	6	0.15	2.4	0.15	0.8	0.6
2	2.5	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.15	8	0.15	2.95	0.15	1	0.8
3	2.5	0.8	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	10	0.2	3.6	0.2	1	0.8
4	3	1.2	0.25	0.2	0.5	0.2	0.2	11	0.2	3.85	0.25	1.2	1
5	3.2	1.4	0.25	0.2	0.5	0.8	0.2	12	0.2	4.7	0.25	1.3	1.1
6	3.5	1.6	0.3	0.2	0.5	0.8	0.2	13	0.25	4.95	0.2	1.2	1
7	4	1.6	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	14	0.25	5.2	0.2	1.3	1.1
8	4	1.6	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	15	0.3	5.45	0.25	1.3	1.1
9	3.6	1.4	0.3	0.2	0.45	0.4	0.2	9	0.15	3.5	0.2	0.9	0.7
10	5	1.2	0.4	0.2	0.5	0.8	0.2	15	0.2	5.45	0.25	1.2	1
11	4	1.4	0.3	0.2	0.5	0.6	0.2	14	0.2	5	0.2	1.1	0.9
12	4.5	1.6	0.25	0.2	0.5	0.6	0.2	12	0.15	4.5	0.15	1	0.8

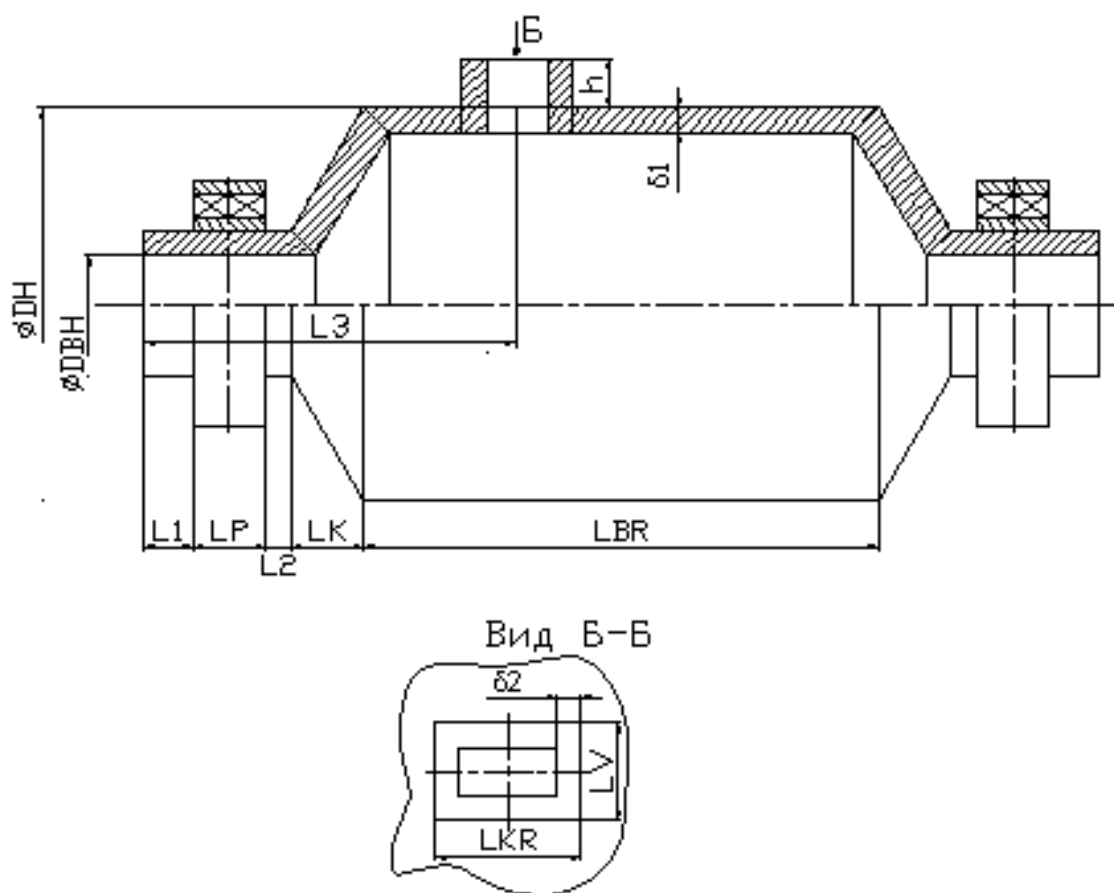


Рис. 3 Завдання до лабораторної роботи № 10

## Лабораторна робота № 4

Тема: Розрахунок вінцевої шестерні.

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.
  - 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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції та рекомендації по вдосконаленню.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

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 №11

№ бр	$D_1$ м	$\delta_1$ м	$D_2$ м	$\delta_2$ м	$\alpha$ град	S м	L м	l м
1	1.5	0.25	3	0.2	45	0,75	0,1	0,02
2	2	0.28	4	0.3	45	1	0,1	0,025
3	2.5	0.31	5	0.4	45	1,25	0,1	0,03
4	3	0.34	6	0.5	45	1,5	0,1	0,035
5	3.5	0.37	7	0.6	45	1,75	0,1	0,04
6	4	0.39	8	0.7	45	2	0,1	0,045
7	4.5	0.42	9	0.8	45	2,25	0,1	0,05
8	5	0.45	10	0.9	60	2,5	0,1	0,055
9	5	0.45	10	0.9	45	2,5	0,1	0,055
10	5	0.45	10	0.9	30	2,5	0,1	0,055
11	5	0.45	10	0.9	15	2,5	0,1	0,055
12	7	0.57	14	1.3	45	3,5	0,1	0,075

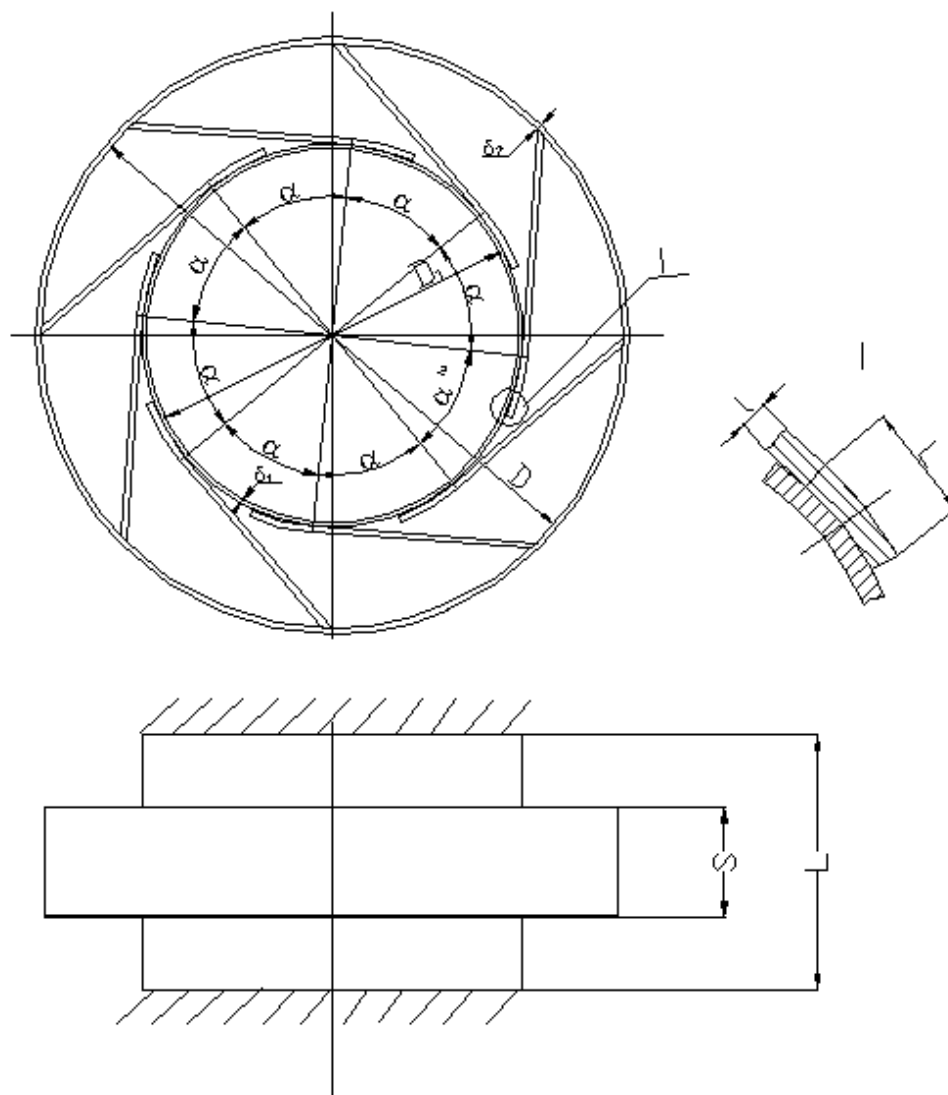


Рис. 4 Завдання до лабораторної роботи № 12

## Лабораторна робота № 5

Тема: Розрахунок кришки реактора.

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.
4. Аналіз результатів розрахунку.
  - 4.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 4.2. Визначення допустимих напружень.
  - 4.3. Висновок по працездатності конструкції та рекомендації по вдосконаленню.
5. Індивідуальне завдання.
  - 5.1. Виконання графіків напружень в Excel G11,G22,G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 5.2. Таблиця результатів.
  - 5.3. Висновки по індивідуальному завданню.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на 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 №13

№ бр	D1 м	D2 м	D3 м	H2 м	B м	R м	b1 м	b2 м
1	1,80	0,20	0,20	0,65	0,60	0,50	0,020	0,020
2	1,86	0,22	0,16	0,70	0,60	0,55	0,018	0,019
3	1,90	0,30	0,18	0,80	0,65	0,60	0,016	0,017
4	1,75	0,28	0,18	0,55	0,50	0,48	0,014	0,016
5	1,78	0,22	0,16	0,56	0,51	0,46	0,022	0,020
6	1,79	0,18	0,20	0,58	0,52	0,47	0,024	0,022
7	1,85	0,50	0,12	0,65	0,54	0,58	0,025	0,023
8	1,84	0,15	0,14	0,70	0,53	0,57	0,026	0,024
9	1,83	0,16	0,12	0,65	0,52	0,55	0,023	0,021
10	1,77	0,22	0,18	0,56	0,49	0,46	0,021	0,020
11	1,76	0,40	0,16	0,65	0,48	0,44	0,019	0,019
12	1,82	0,14	0,14	0,50	0,53	0,47	0,025	0,022

Внутрішній тиск 10МПа.

Закріплення виконати по діаметру D1.

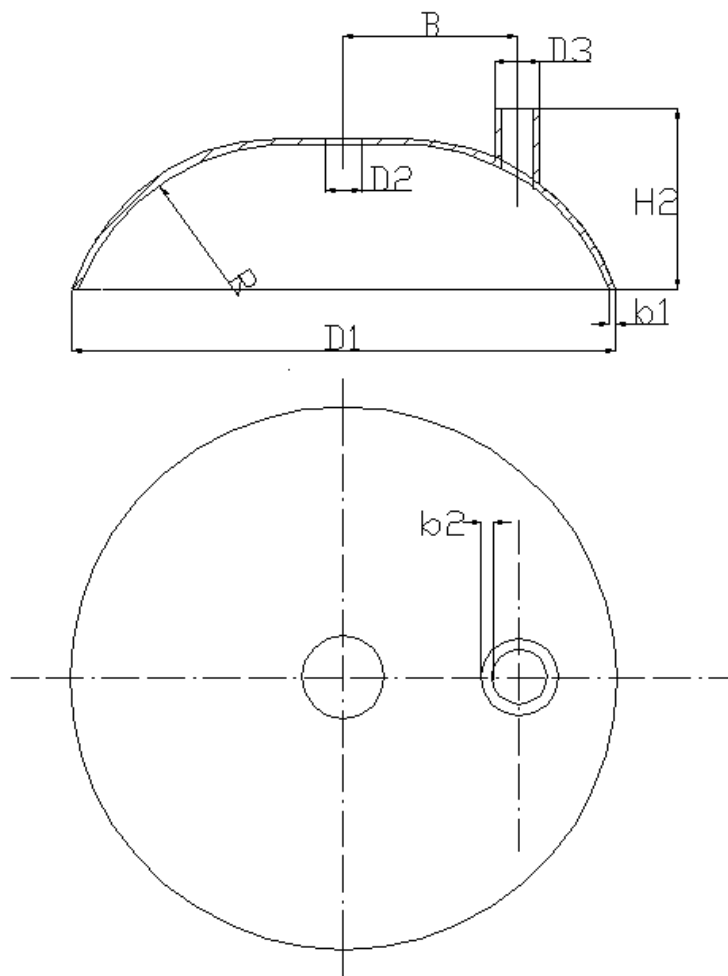


Рис. 5 Завдання до лабораторної роботи № 14

### 3. Завдання по задачам механіки та теплопровідності

#### Лабораторна робота № 6

Тема: Розрахунок обертової печі.

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.
4. Виконати розрахунок з вварним бандажем та з тепловим зазором ( $\Delta r = 5 \text{ мм}$ ). При цьому вінцева шестерня завжди встановлюється з тепловим зазором  $\Delta r = 15 \text{ мм}$ .
5. Аналіз результатів розрахунку.
  - 5.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 5.2. Визначення допустимих напружень.
  - 5.3. Висновок по працездатності конструкції.
  - 5.4. Порівняти результати розрахунку з вварним бандажем та з тепловим зазором.
6. Індивідуальне завдання.
  - 6.1. Виконання графіків напружень в Excel G11, G22, G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3-му скінченому елементі, і т.д.).
  - 6.2. Таблиця результатів.
  - 6.3. Висновки по індивідуальному завданню.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення приведені на Рис. 7.

Числові значення беруться з Таблиця 6. 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 $E_\phi = 2 \cdot 10^6 \text{ Па}$ .	Теплопровідність $\lambda = 0.845 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$



	Коефіцієнт Пуассона $\nu_{\phi} = 0.3$ .	Теплоємність $c = 1.09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
--	--	---

Температура усередині печі, на поверхні футеровки приведена Рис. 6.

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

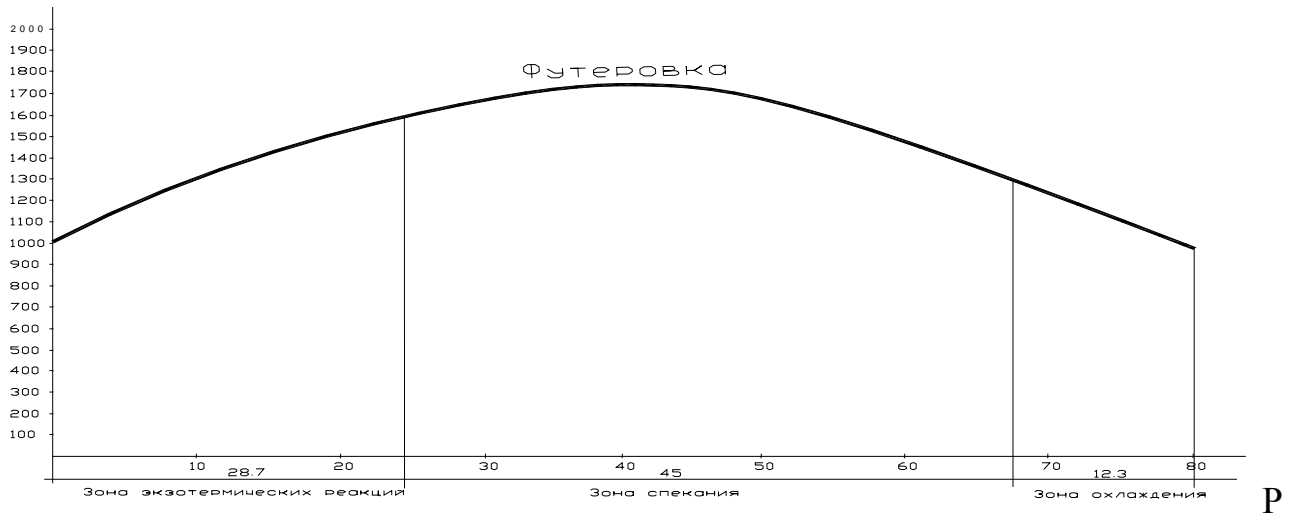
Температура навколишнього середовища  $20.0^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 6

Таблиця індивідуальних завдань №5

№ бр	L1,L5 м	L2 м	L3,L4 м	Lb м	Db м	Dn м	Tk м	Tf м	Вес ш.т	Lv м	Ls м	Alfa гр	r м
1	6	23	20	0.9	5.0	4.0	0.03	0.2	46	5.0	0.8	60	0.2
2	5	20	15	0.6	4.4	3.4	0.03	0.2	40	5.0	0.7	60	0.2
3	4	23	18	0.8	5.0	4.0	0.03	0.2	44	5.0	0.6	60	0.2
4	3	15	10	0.5	3.8	3.0	0.03	0.2	30	3.0	0.6	60	0.1
5	2	10	5	0.7	3.2	2.6	0.02	0.2	20	2.5	0.4	60	0.1
6	2	12	6	0.7	3.4	2.8	0.02	0.2	24	3.0	0.4	60	0.2
7	4	18	8	1.2	5.8	4.6	0.03	0.2	38	4.0	0.8	60	0.2
8	3	20	14	1.0	5.0	4.0	0.03	0.2	40	4.6	0.8	60	0.2
9	3.6	20	10	0.6	4.5	3.6	0.03	0.2	36	3.5	0.7	60	0.2
10	4.5	25	20	0.8	5.0	4.5	0.03	0.2	45	5.5	0.7	60	0.2

**В Ошибка! Источник ссылки не найден.** позначено: Alfa – кут установки опорних роликів, r – їх діаметр. Температура на внутрішній поверхні футеровки печі на Рис. 6 [8].



ис. 6 Внутрішня температурі футерівки печі

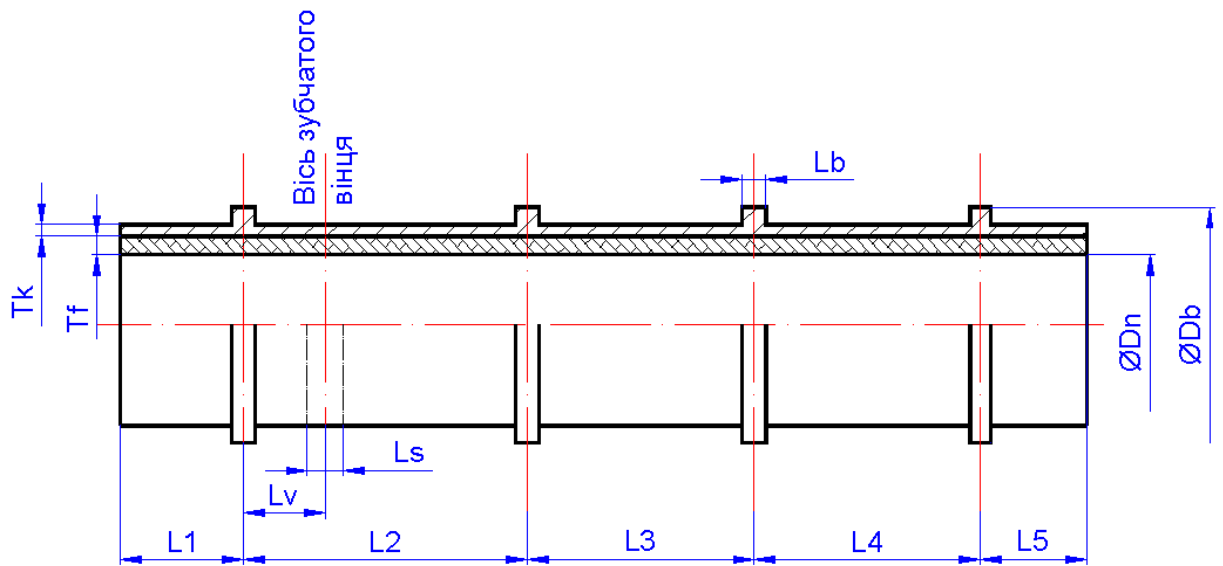


Рис. 7 Завдання до лабораторної роботи № 21

## Лабораторна робота № 7

Тема: Розрахунок промислових обертових печей.

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.
4. Виконати розрахунок з вварним бандажем та з тепловим зазором ( $\Delta r=5\text{мм}$ ). При цьому вінцева шестерня завжди встановлюється з тепловим зазором  $\Delta r=15\text{мм}$ .
5. Аналіз результатів розрахунку.
  - 5.1. Визначення СЕ з максимальними навантаженнями та вузла з максимальним прогином.
  - 5.2. Визначення допустимих напружень.
  - 5.3. Висновок по працездатності конструкції.
  - 5.4. Порівняти результати розрахунку з вварним бандажем та з тепловим зазором.
6. Індивідуальне завдання.
  - 6.1. Виконання графіків напружень в Excel G11, G22, G33, та приведених згідно з номером в бригаді. (1- в 1-му скінченому елементі, 2 – в 3му скінченому елементі, і т.д.).
  - 6.2. Таблиця результатів.
  - 6.3. Висновки по індивідуальному завданню.

Дані для розрахунку.

Геометричні співвідношення беруться з креслень відповідних теплових апаратів.

Бригада №1- піч 5x185м

Бригада №2 - піч 4x150м

Бригада №3 – піч 4.5x170м

Бригада №4 – піч 7x230м

Бригада №5 – піч 4.5x80м

Бригада №6 – піч 5x100м

Бригада №7 – піч 4x60м

Бригада №8 – піч 3.6/3.3/3.6x150м

## 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.