

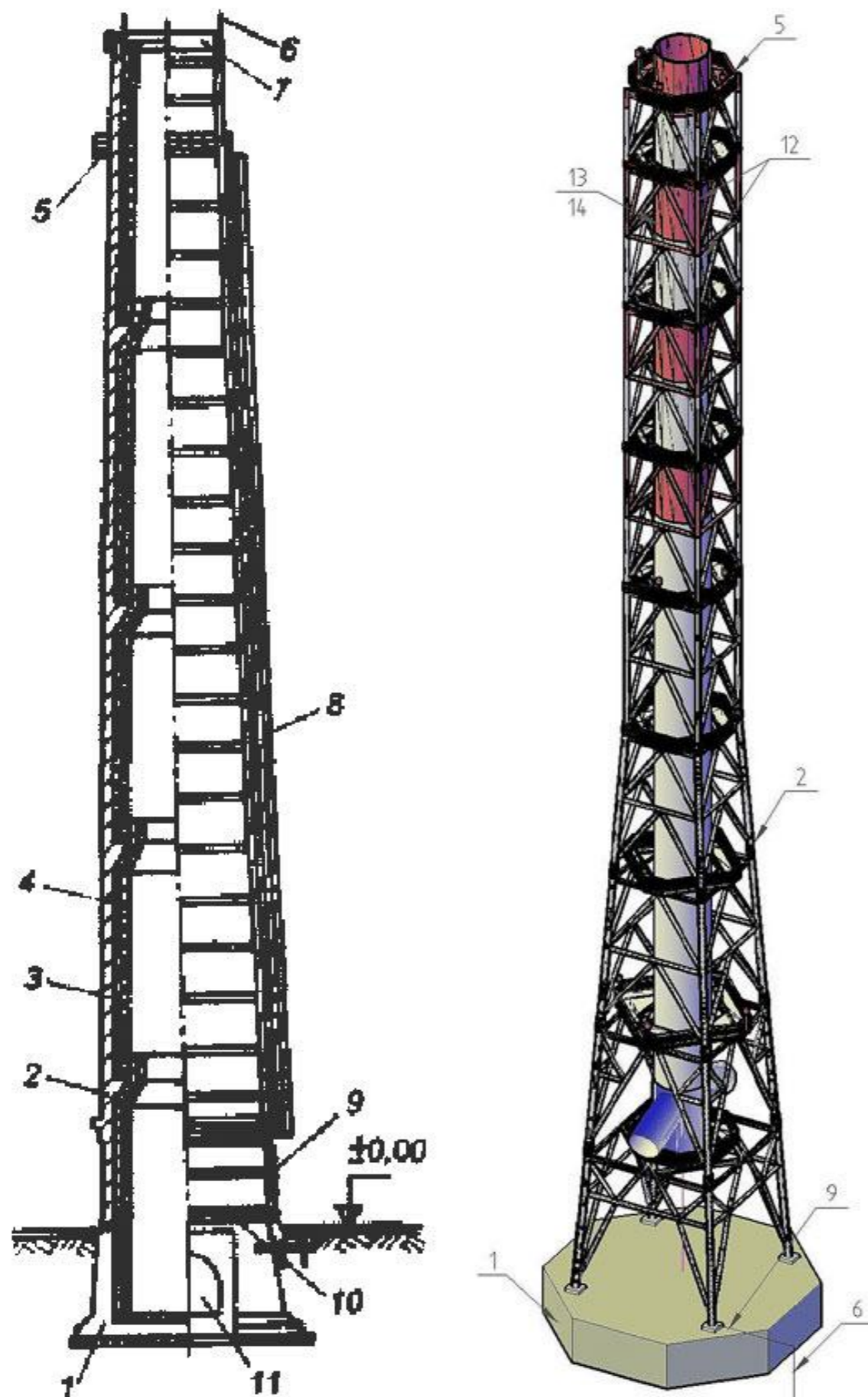
# Тема: «Раціональні висотні димові труби зі склопластиковим осердям»

- **Мета дослідження** полягає у теоретичному дослідженні раціональних будівельних конструкцій висотних димових труб зі склопластиковим осердям, оптимізації їх конструктивних параметрів на основі удосконалення існуючих моделей напружено-деформованого стану.

## Задачі:

- Проаналізувати сучасну нормативну документацію з проектування димових труб.
- Виконати ґрунтовне узагальнення сучасного світового інженерного досвіду з проектування висотних труб.
- Виявити основні недоліки у конструкціях труб.
- Розробити скінченно-елементну модель напружено-деформованого стану димової труби висотою вище 90 м.
- Визначити аналітичні залежності для знаходження критичних кутів нахилу димових труб довільної висоти на круглих платформах довільного діаметру, які можуть призвести до втрати стійкості.
- Дослідити питання загальної стійкості рівноваги споруди.
- **Об'єктом досліджень** є висотні димові труби зі склопластиковим осердям.
- **Предметом досліджень** є напружено-деформований стан димових труб зі склопластиковим осердям.
- **Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що в даній роботі: винайдено рівняння, які дозволяють визначити та оцінити критичні кути нахилу довільної висотної димової труби на круглій платформі довільного діаметру після реконструкції, що призводять до втрати стійкості рівноваги; визначені раціональні геометричні співвідношення між висотою димових труб зі склопластиковим осердям та діаметром їх фундаментних плит; досліджено поведінку димових труб в момент втрати рівноваги та виведені аналітичні співвідношення, які дозволяють оцінити запас стійкості ствола труб

# Димова труба та її конструктивні елементи



- 1 — фундамент; 2 — ствол чи інша несуча конструкція;  
 3 — ізоляція; 4 — футерування;  
 5 — світлофорні площадки;  
 6 — блискавкозахист;  
 7 — оголовок; 8 — сходи з огородженням; 9 — кабель блискавкозахисту;  
 10 — стяжні кільця (для цегляних димових труб); 11 — ввід газоходу;  
 12 — маркірувальне забарвлення;  
 13 — газоотвідний ствол;  
 14 — теплова ізоляція.

# Конструкції сучасних димових труб



а)



б)



в)



г)



д)

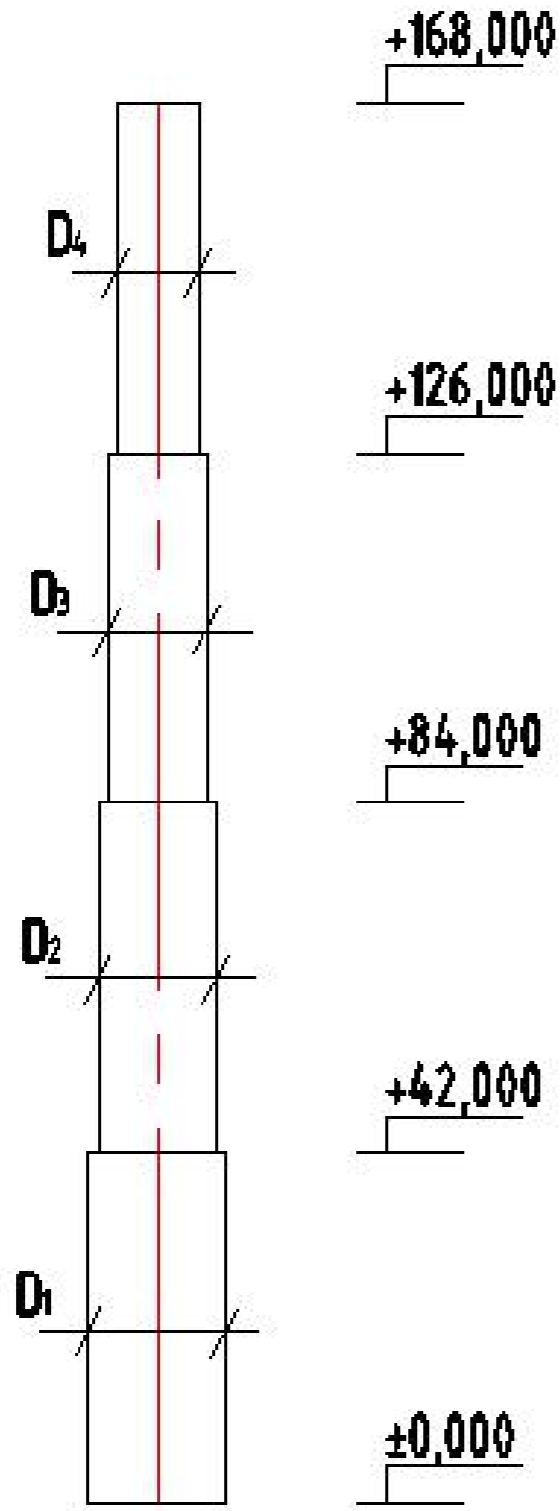


е)

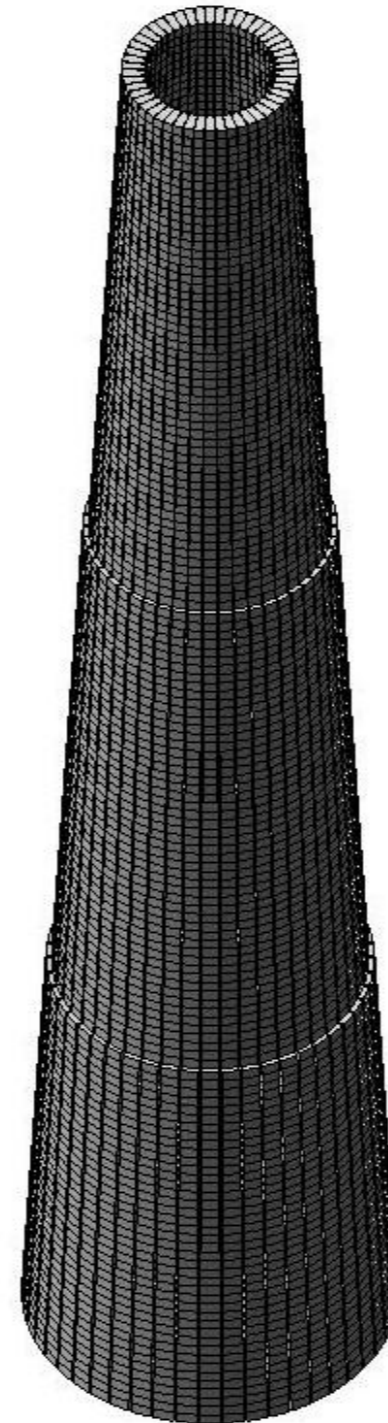
а – цегляні; б, в – зі збірним чи монолітним залізобетонним стволем;  
г – металеві; д – з полімерних матеріалів; е – комбіновані

# Моделювання конструкції труби

Розрахункова схема  
димової труби



Комп'ютерна  
просторова  
модель



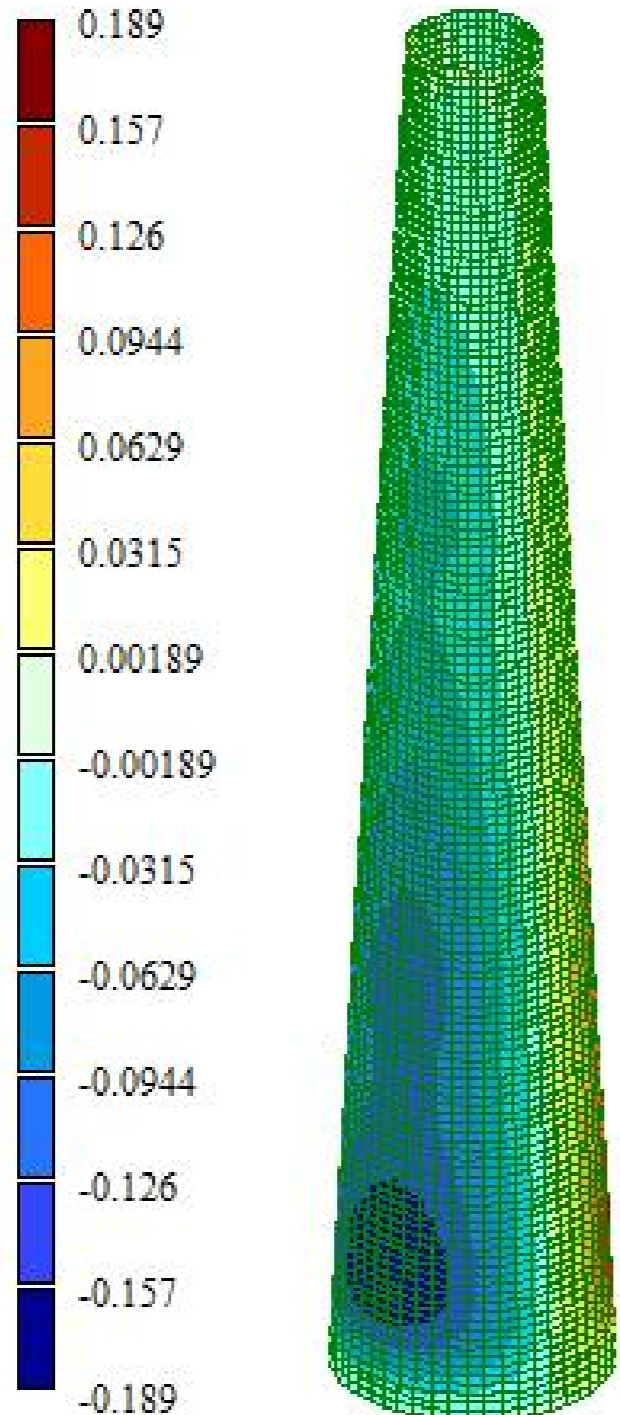
Скінченно-  
елементна  
модель



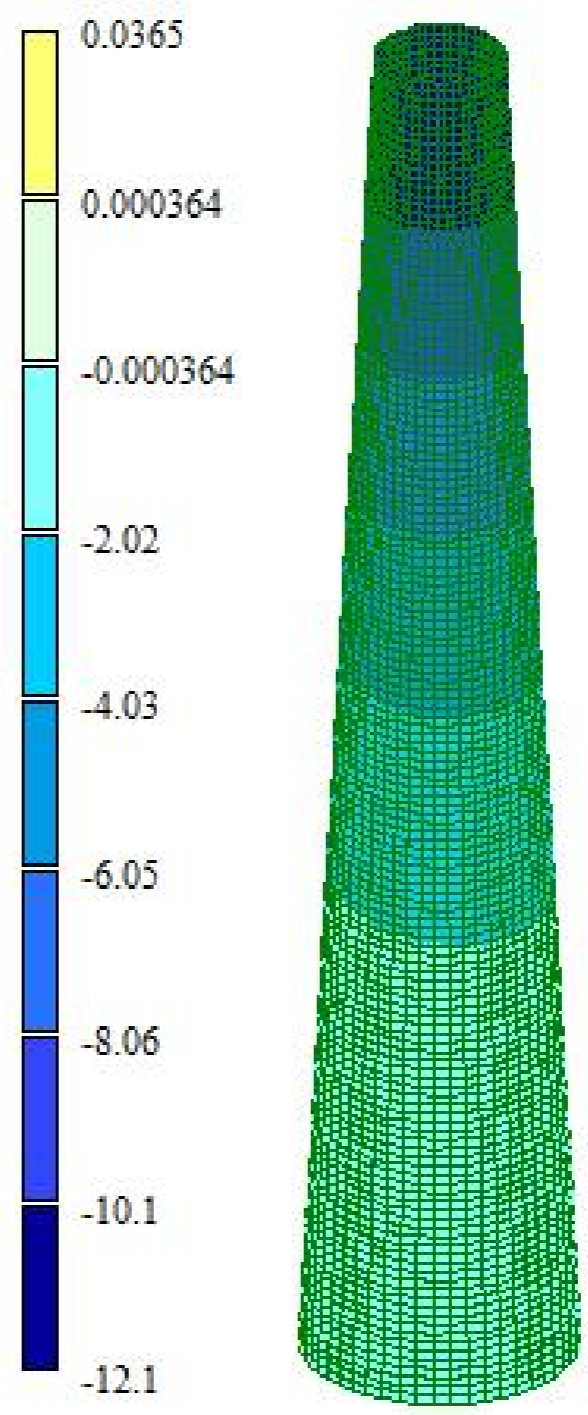
$D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  – діаметри  
участків димової труби

# Ізополя та ізолінії горизонтальних переміщень димової труби від сполучення експлуатаційних навантажень (постійні + вітрове), мм

У напрямку осі Х

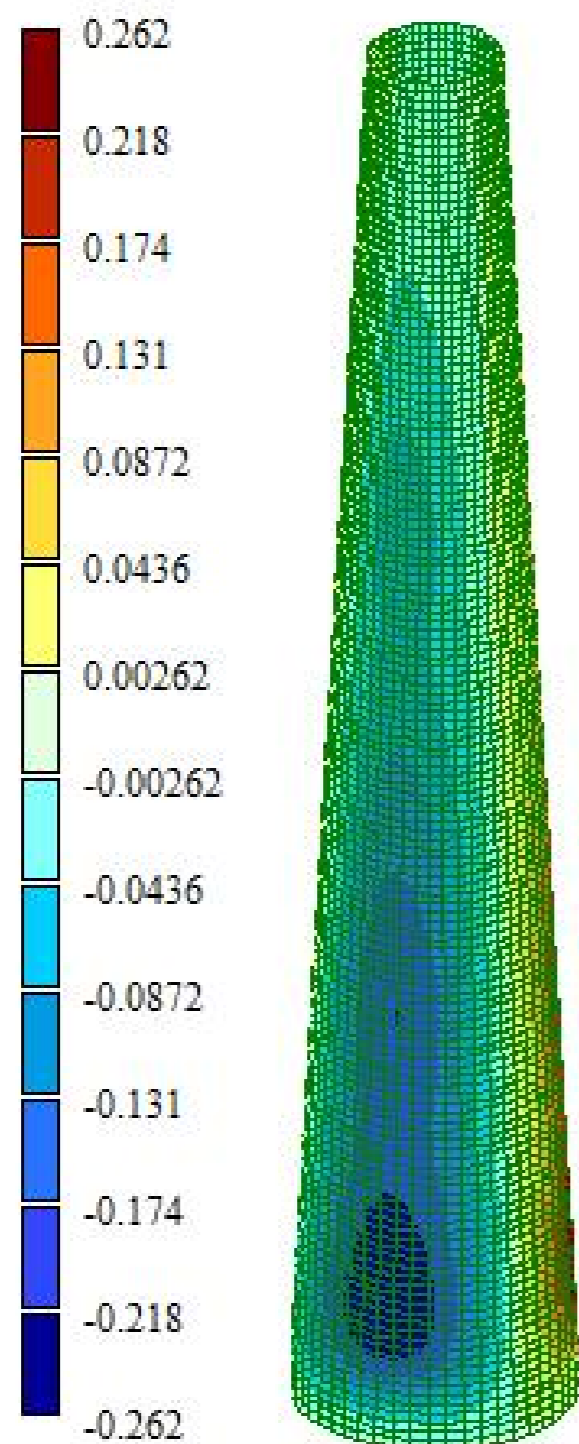


У напрямку осі Y

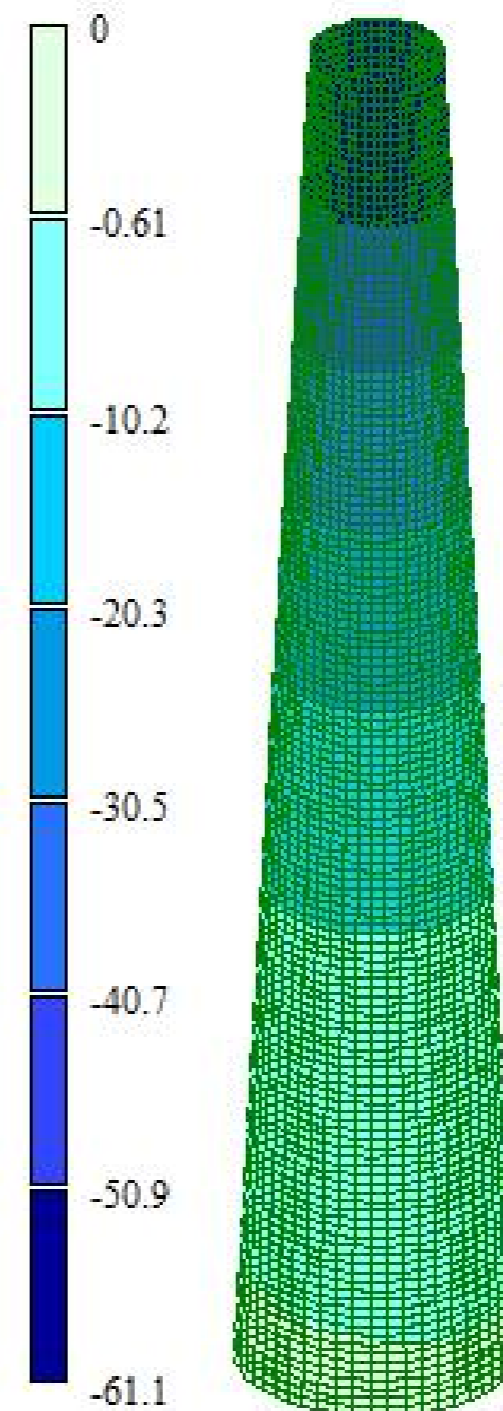


# Ізополя та ізолінії горизонтальних переміщень димової труби від сполучення експлуатаційних навантажень (постійні + вітрове + динамічна складова вітру), мм

У напрямку осі X

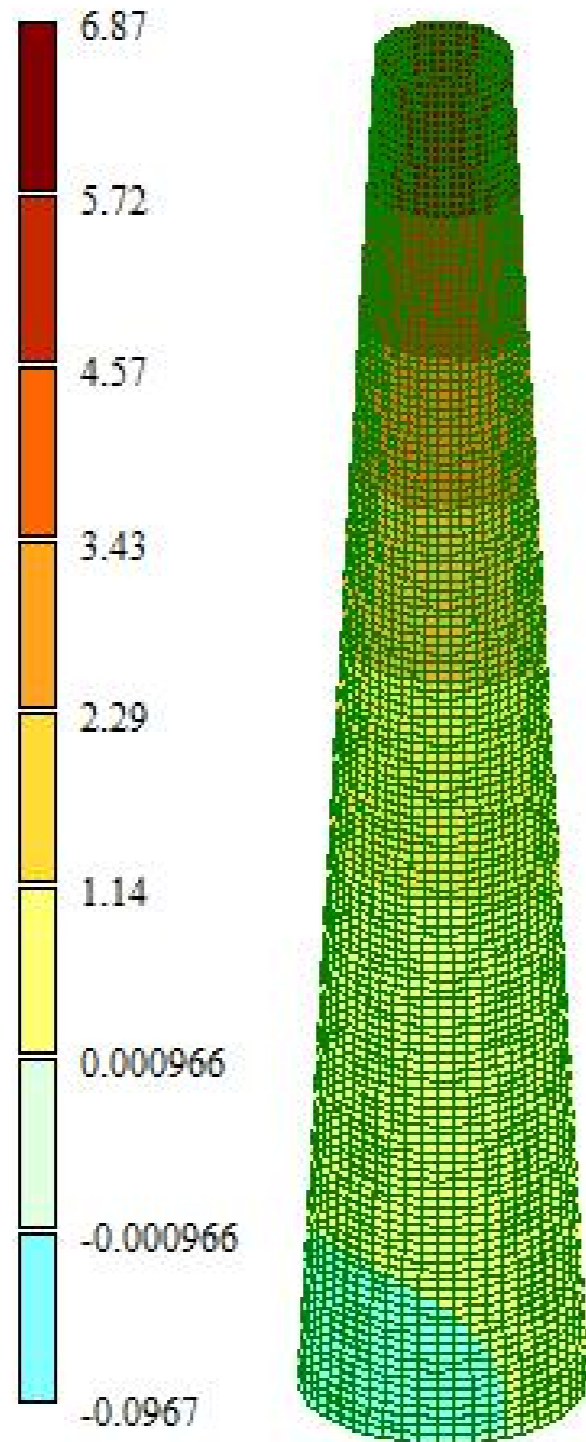


У напрямку осі Y

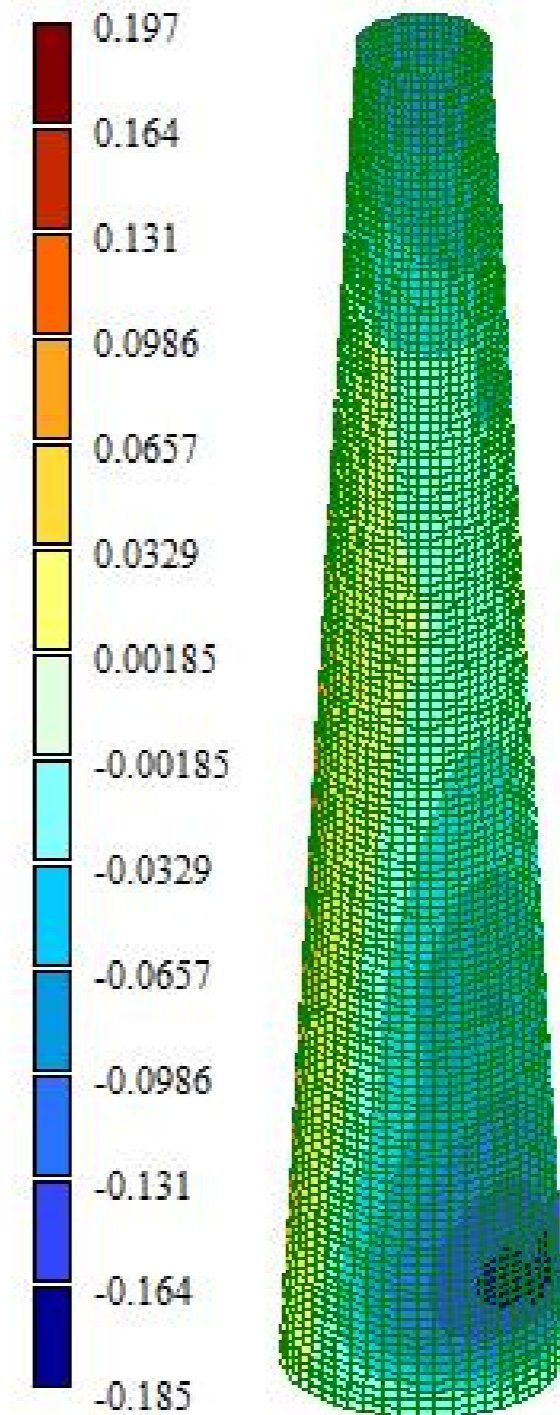


# Ізополю та ізолінії горизонтальних переміщень димової труби від сполучення аварійних навантажень, мм

У напрямку осі X

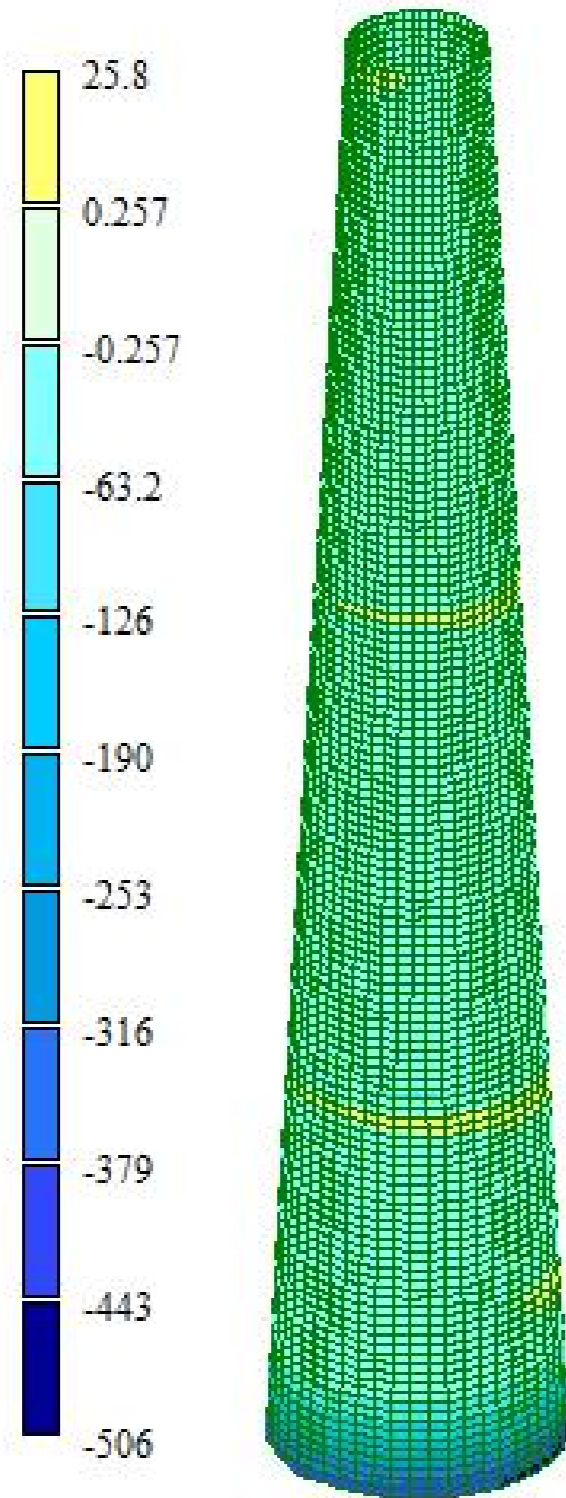


У напрямку осі Y

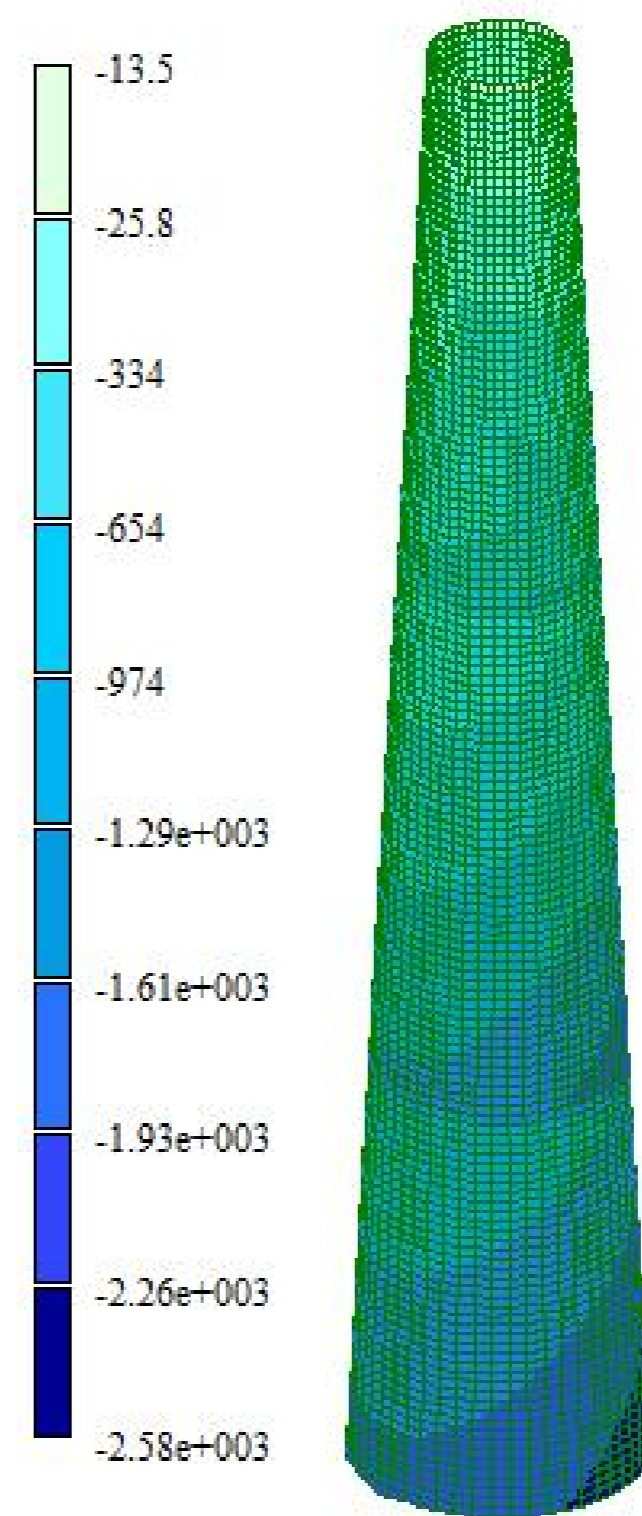


# Ізополя та ізолінії напружень димової труби, $\text{кН/м}^2$

По NX



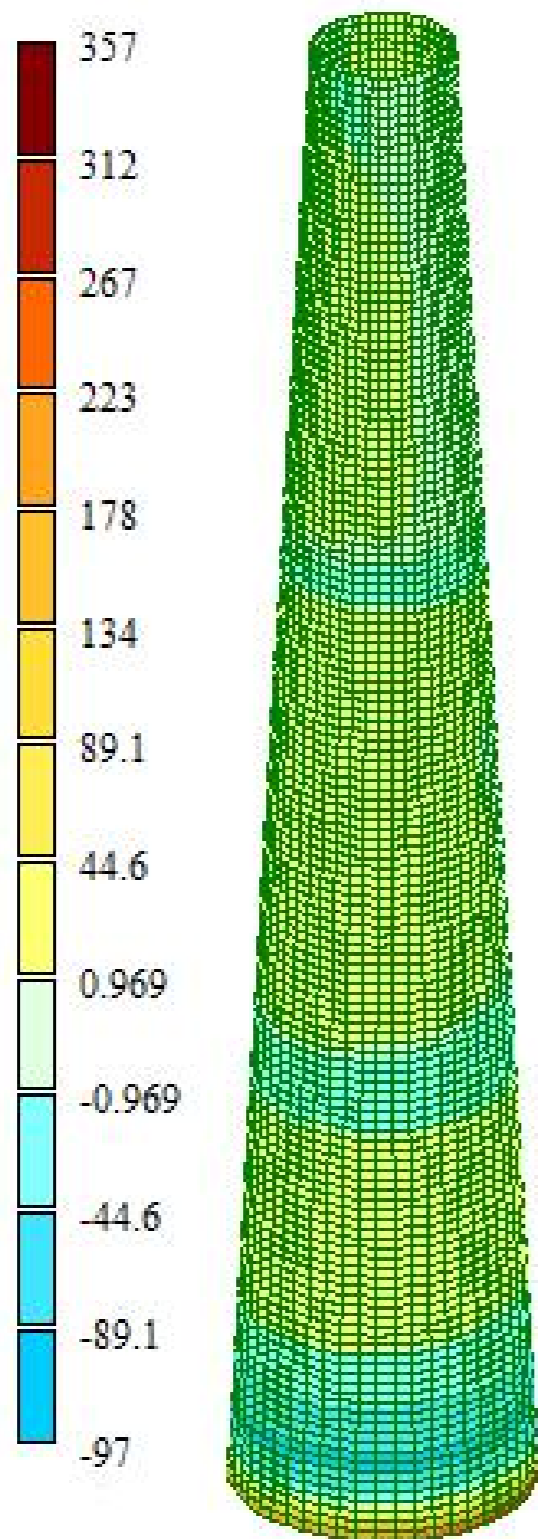
По NY



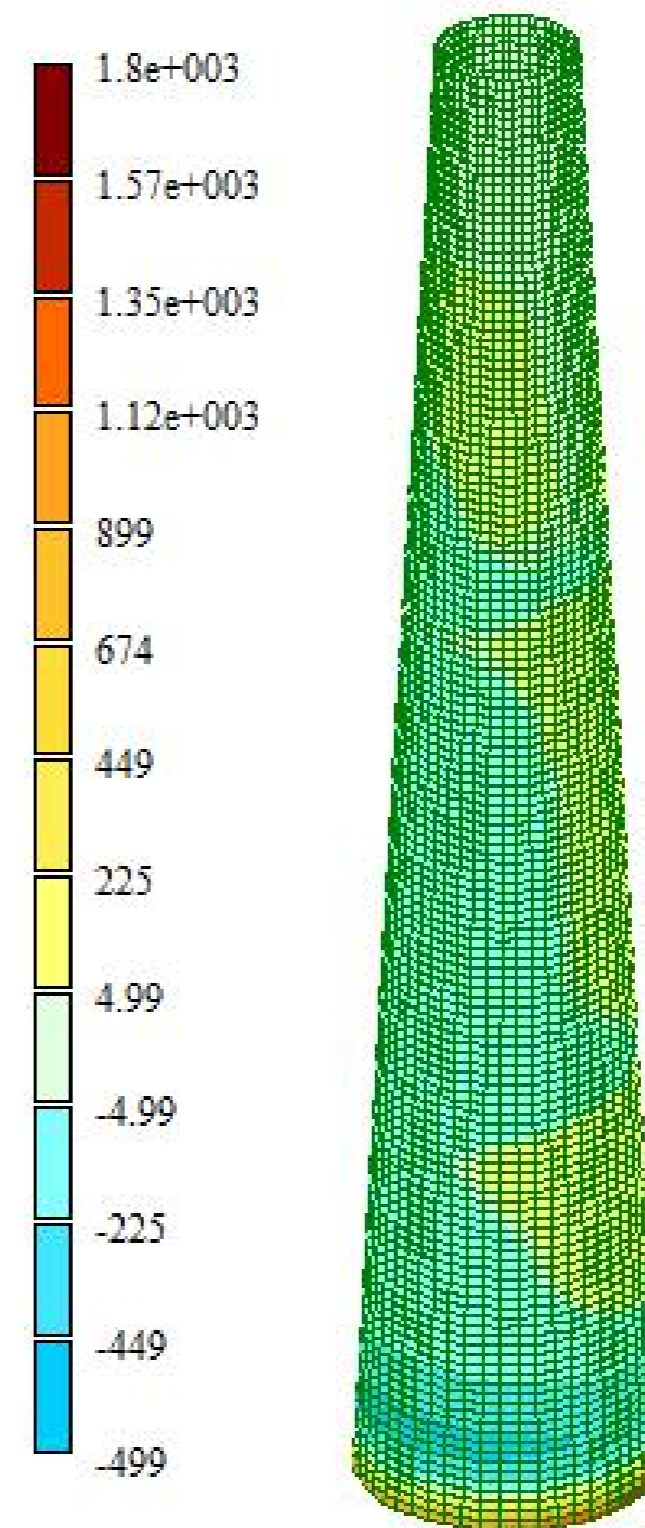


# Ізополя та ізолінії напружень димової труби, $(\text{кН}\cdot\text{м})/\text{м}$

По МХ



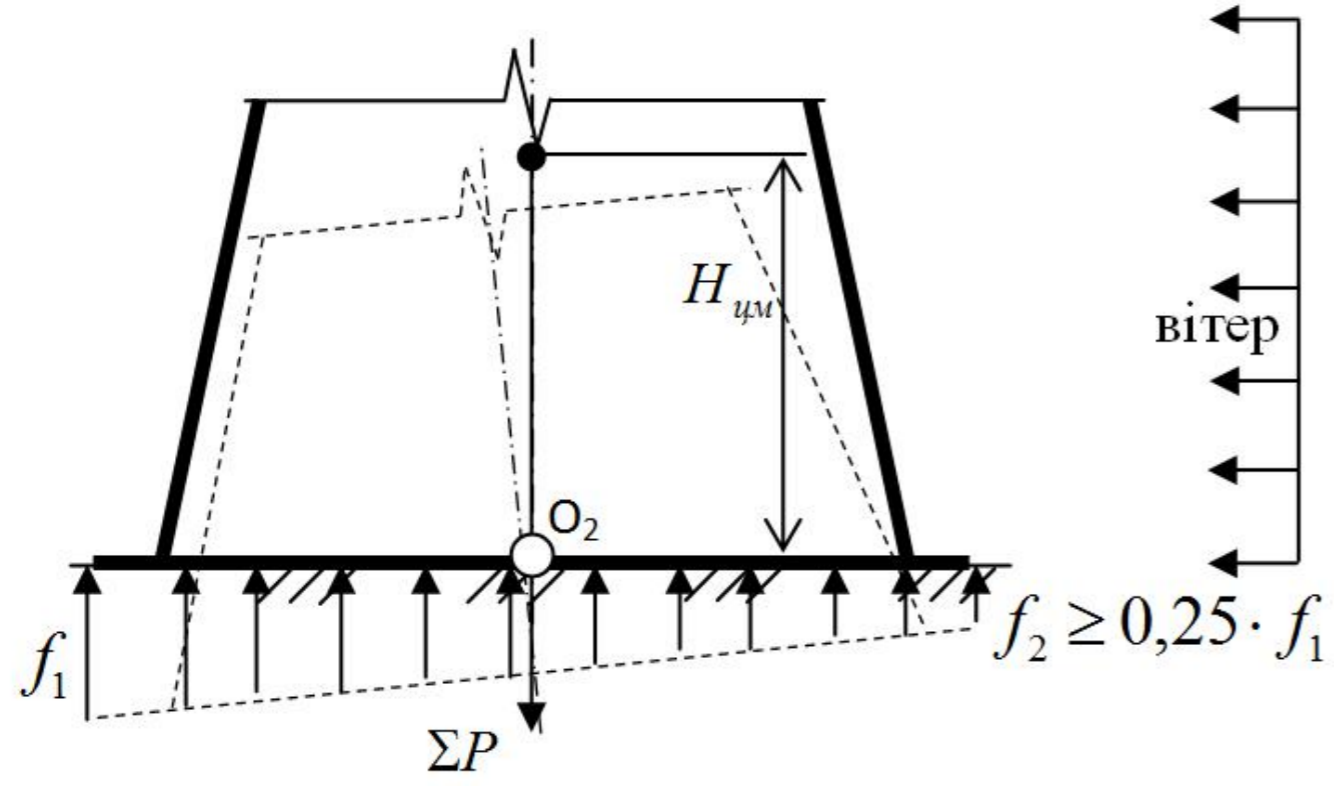
По МУ



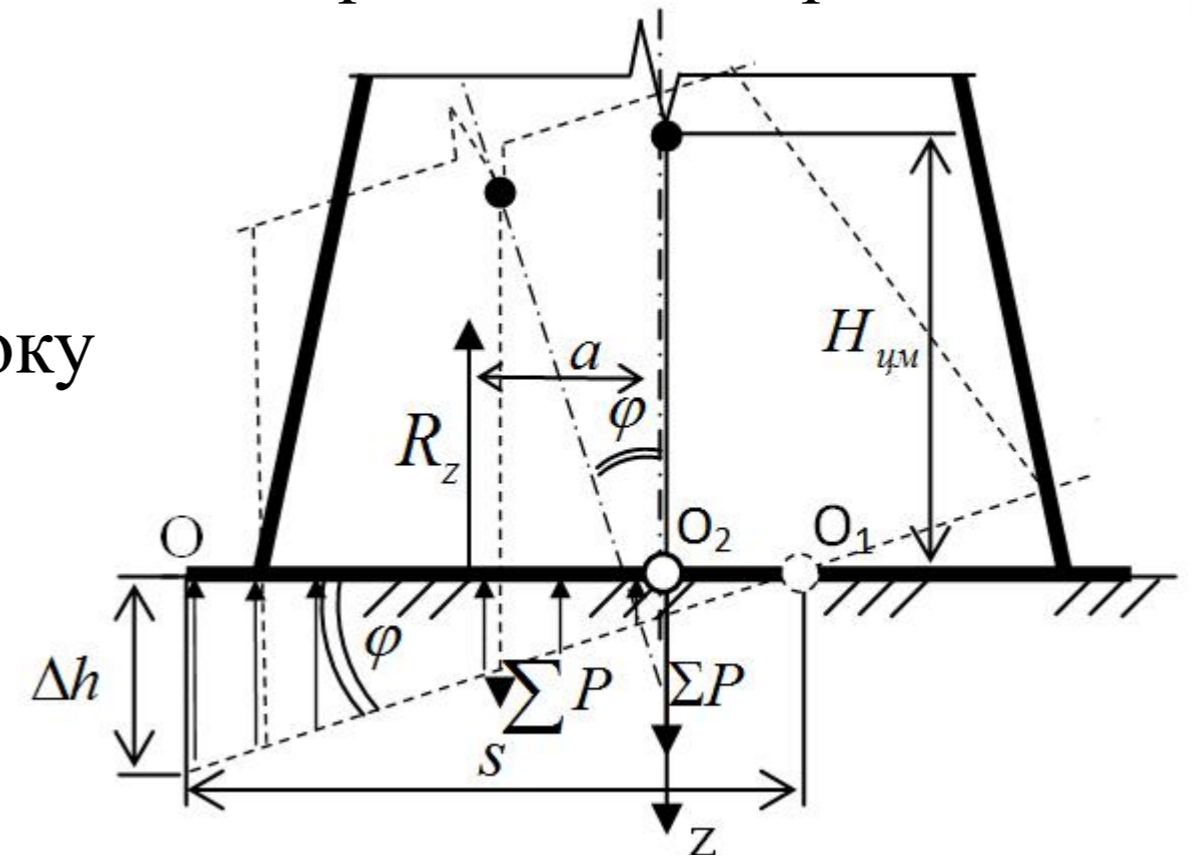
# Модель основи димової труби на пружному ґрунті

В момент граничного стану втрати стійкості рівноваги

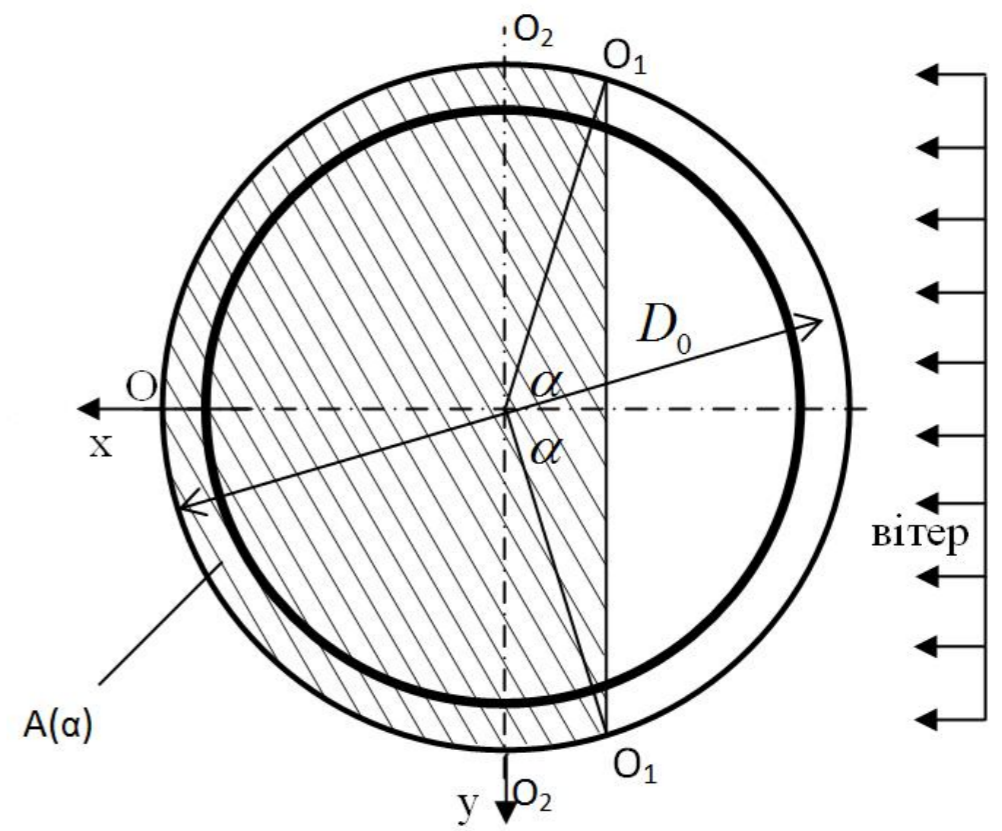
При нормальній роботі



вид збоку



вид згори



# Отримані при розрахунку співвідношення

$$M_p = (C \cdot A(\alpha) \cdot a(\alpha) \cdot (s(\alpha) - D_0 / 2 + a(\alpha)) - \sum P \cdot H_{\text{цм}}) \cdot \varphi$$

$$C \cdot \varphi \cdot A(\alpha) \cdot (s(\alpha) - D_0 / 2 + a(\alpha)) = \sum P$$

$$\sum P \cdot H_{\text{цм}} \cdot \varphi + M_p = c \cdot \varphi \cdot I_{O_2-O_2}$$

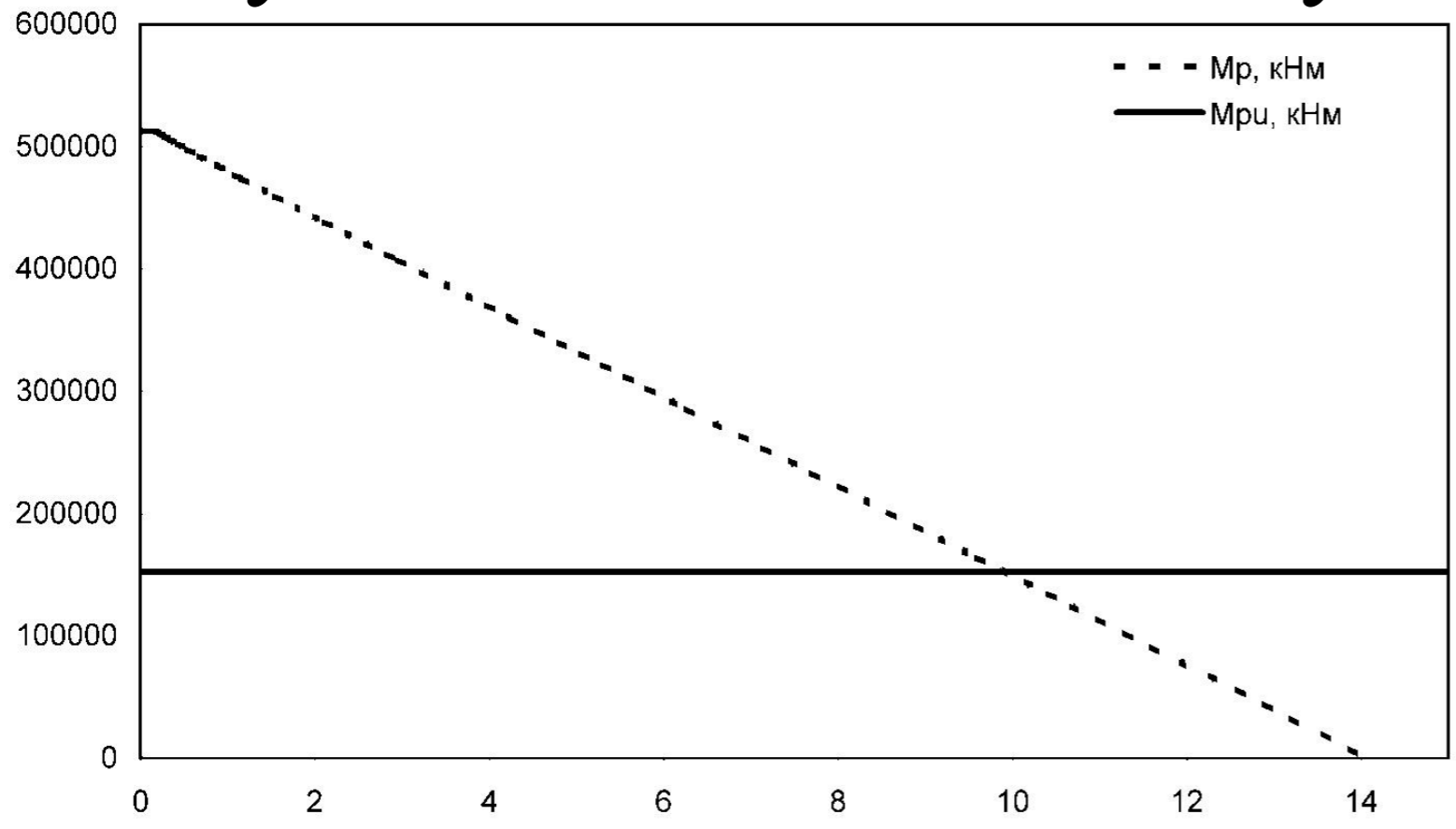
$$M_{pu0} = \sum P \cdot D_0 / 8$$

$$\varphi_{u0} = \frac{\sum P \cdot D_0}{8 \cdot \left( \pi \cdot C \cdot D_0^4 / 64 - \sum P \cdot H_{\text{цм}} \right)}$$

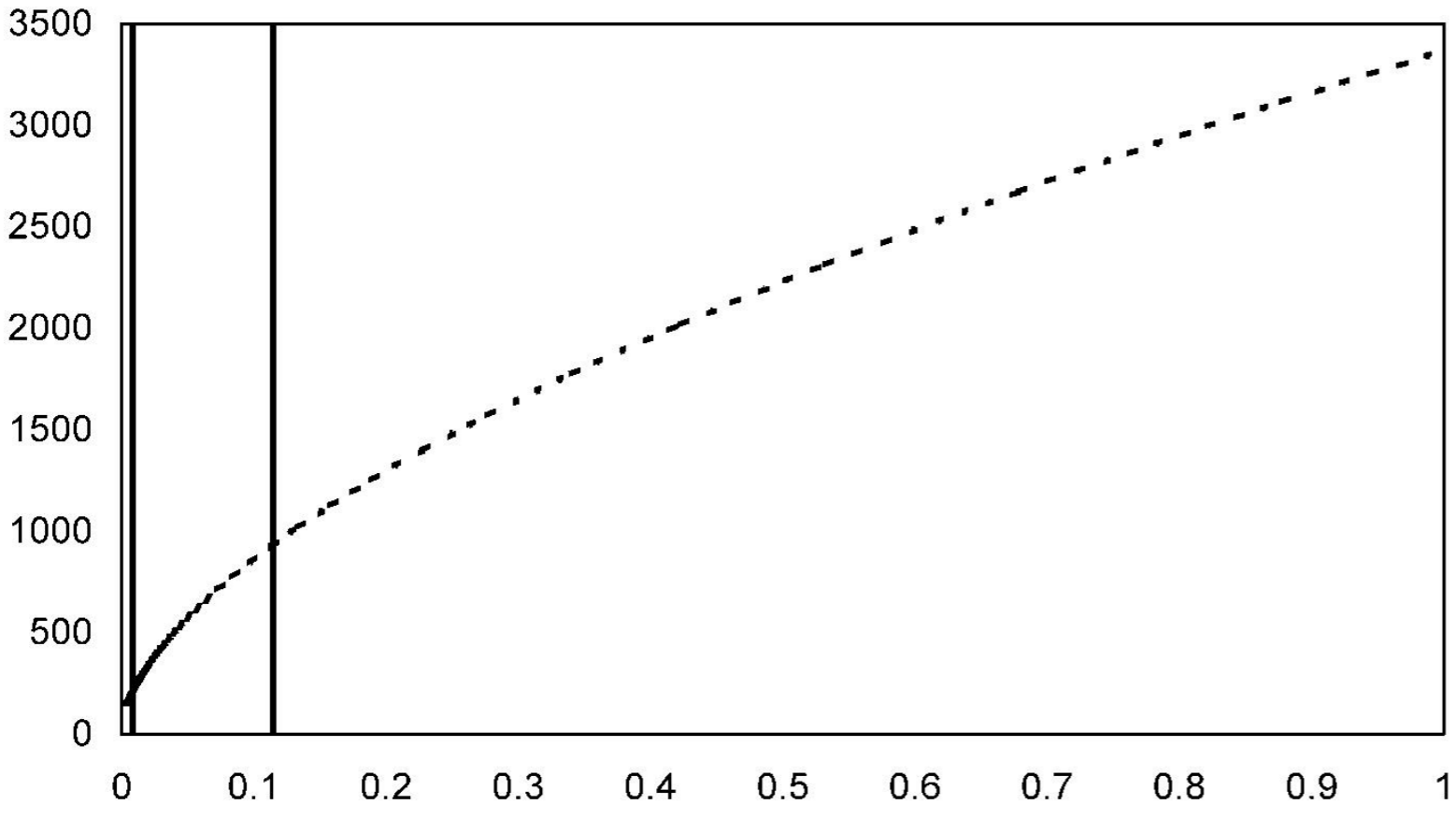
$$M_p = \sum P \cdot \left( a(\alpha) - \frac{H_{\text{цм}} \cdot \sum P}{C \cdot A(\alpha) \cdot (s(\alpha) - D_0 / 2 + a(\alpha))} \right)$$

$$\varphi = \frac{\sum P}{C \cdot A(\alpha) \cdot (s(\alpha) - D_0 / 2 + a(\alpha))}$$

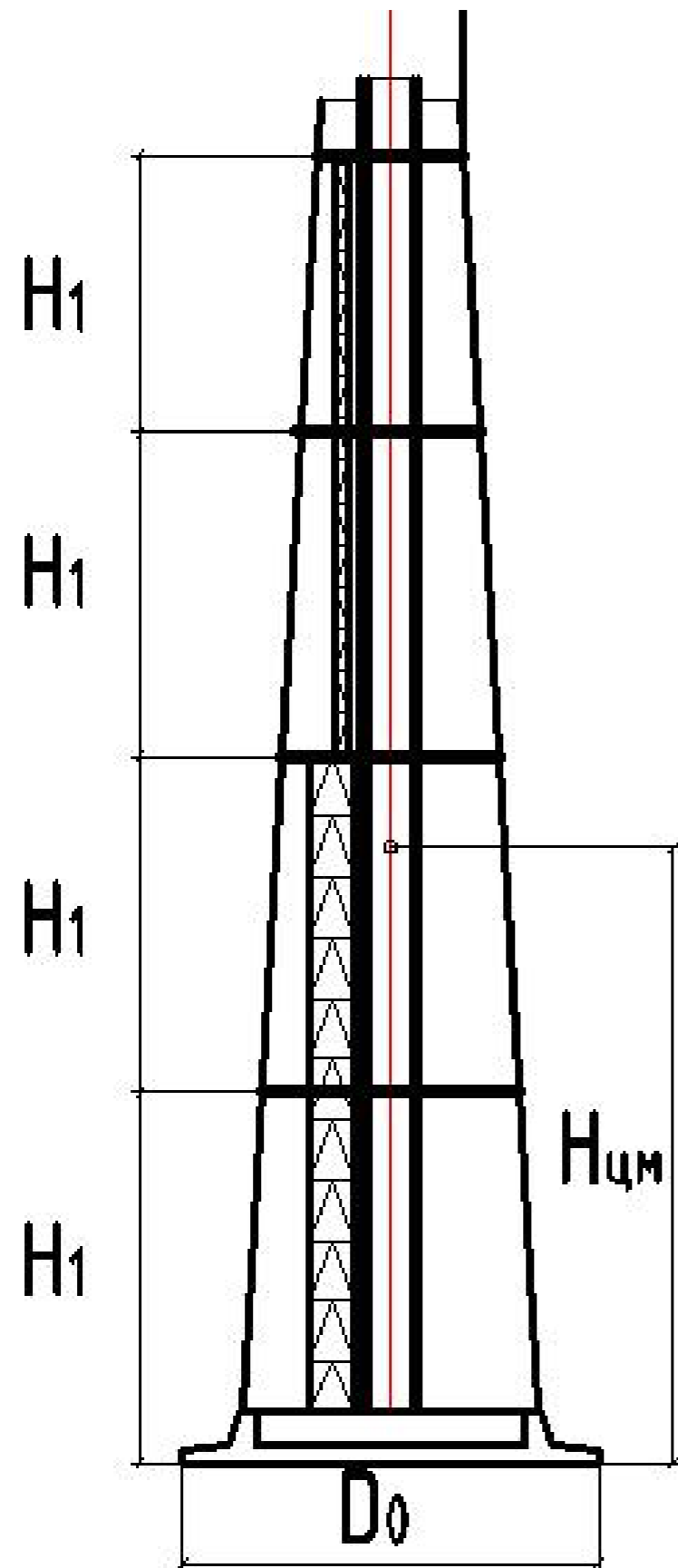
# Графік залежності перекидного моменту та графік розподілу максимального тиску під подошвою фундаментів



Графік залежності перекидного моменту від кута крену фундаментів



Розподіл максимального тиску під подошвою фундаментів в залежності від крену плити .



1. Забезпечення  $D_0 / H_{цм} = 0,5$

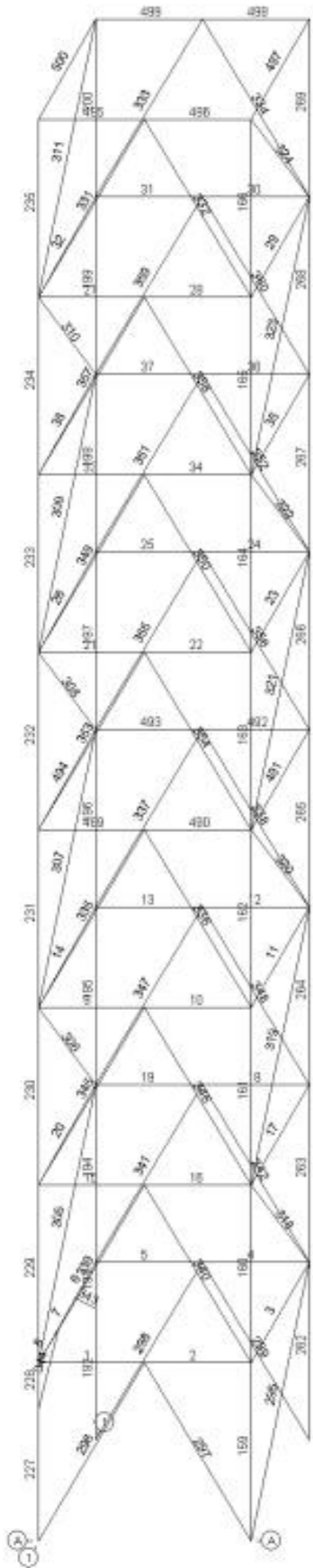
2. Забезпечення  $H / 4 \approx H_1$

3. Влаштування маршевих сходів та драбина

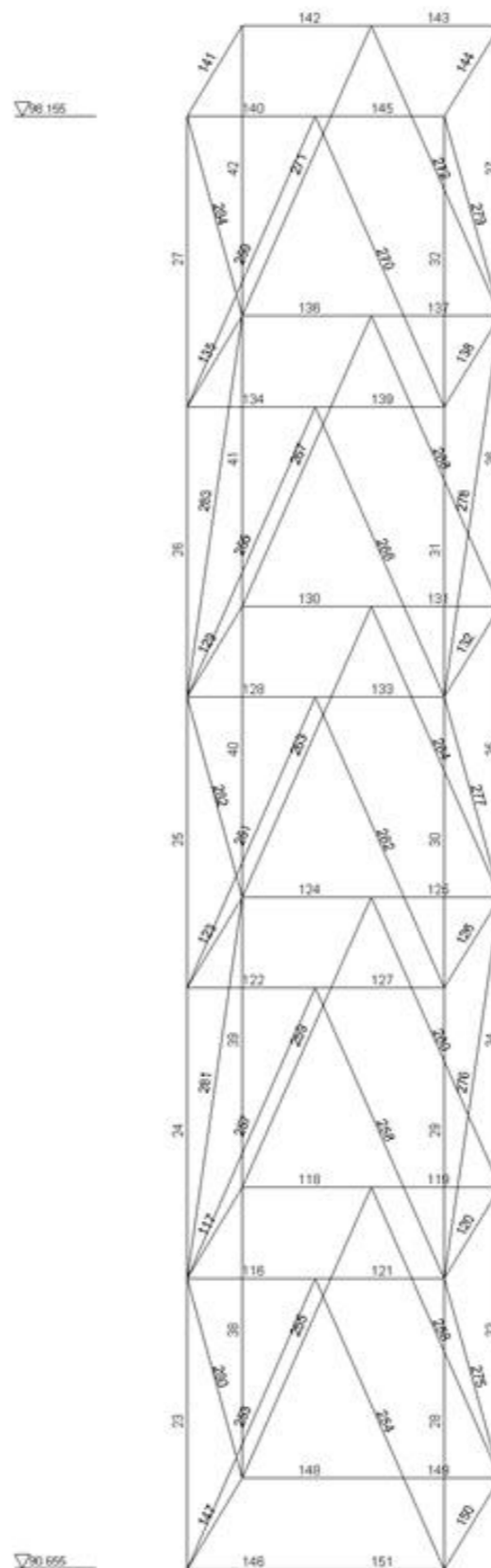
4. Влаштування блискавкозахисту

# Влаштування конструкції сходів

Фрагмент конструктивної схеми маршевих сходів



Фрагмент конструктивної схеми сходів-драбини

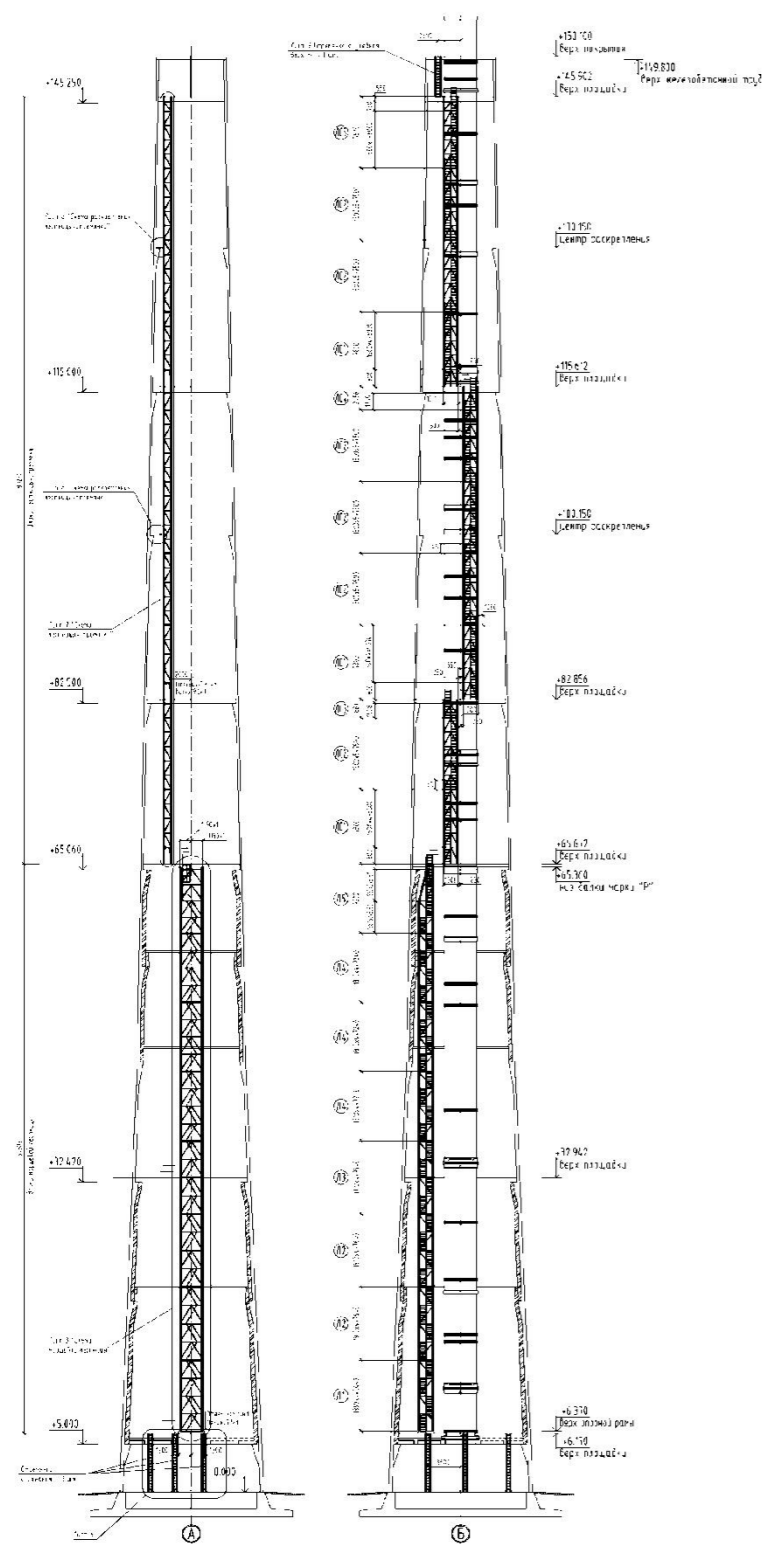


Монтаж металокопструкцій маршевих сходів



# Влаштування склопластикового осердя

Конструктивна схема елементів димової труби, що встановлюються при реконструкції



Монтаж елементів склопластикового осердя



Зовнішній вигляд димової труби зі склопластиковим осердям



## Порівняння варіантів влаштування газоходів

Показники (дані)	Варіанти газоходів	
	Склопластиковий	Із неіржавіючої сталі
Прямі витрати, тис.грн.	34547	67970
Кошторисна трудомісткість, тис.грн.	229	262
Кошторисна заробітна плата, тис.грн.	5164	5907
Загальновиробничі витрати, тис.грн.	3144	3596
Усього за кошторисом, тис.грн.	37691	71565
Показники (обчислені)		
Кошторисна величина ЗВВ, тис.грн.	3144	5907
Собівартість робіт (С), тис.грн.	37691	71565
Обігові кошти, тис.грн.	12564	23855
Основні виробничі фонди, тис.грн.	365	940
Капіталовкладення в виробничі фонди, тис.грн.	12929	24795
Показник приведених витрат, тис.грн.	40144	76173
Економічний ефект, тис.грн.	36029	



1. Виконано аналіз сучасної нормативної документації з проектування димових труб.
2. Узагальнено сучасний світовий інженерний досвід з проектування висотних труб.
3. Виявлено основні недоліки у конструкціях труб.
4. Виконано пошук раціональних меж демонтажу привантажуючої вогнетривкої футерівки, яка, в процесі реконструкції, виключається з роботи.
5. Розроблено скінченно-елементну модель напружено-деформованого стану димової труби висотою вище 90 м.
6. Визначено аналітичні залежності для знаходження критичних кутів нахилу димових труб довільної висоти на круглих платформах довільного діаметру, які можуть призвести до втрати стійкості.
7. Досліджено питання загальної стійкості рівноваги споруди.
8. Також було виконано розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, в якому були проаналізовані умови праці за основними показниками, розроблені заходи щодо покращення умов праці: встановлення заземлювачів, при використанні електрообладнання, застосування індивідуальних засобів захисту від пилу, шуму. Виконано розрахунок блискавкозахисту та стійкості фундаменту в надзвичайних ситуаціях у зв'язку з просіданням замочених ґрунтів та сейсмічними впливами було зроблено висновок щодо неможливості втрати стійкості при прийнятих розмірах фундаменту.
9. В економічній частині було розраховано показники порівняльної економічної ефективності інвестицій. Отримані дані свідчать про те, що склопластиковий газохід є більш економічним варіантом, так як цей варіант має найменший показник приведених витрат – 40144 грн., а тому економічний ефект – 36029 тис.грн. у порівнянні з дорожчим варіантом – із неіржавіючої сталі з показником приведених витрат 76173 тис.грн.