

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Кафедра промислового, цивільного будівництва  
та інженерних споруд

**03-01-102**

**Методичні вказівки**  
до виконання індивідуальних завдань з курсу  
«Нелінійне комп'ютерне моделювання»  
для здобувачів вищої освіти другого  
(магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою  
«Промислове і цивільне будівництво» спеціальності  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
всіх форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості ННБА  
Протокол № 1 від 10.10.2019 р.

Рівне – 2019

Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з курсу «Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Промислове і цивільне будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» [Електронне видання] / Григорчук А. Б. – Рівне: НУВГП, 2019. – 10 с.

Укладач: Григорчук А. Б., кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Відповідальний за випуск: Бабич Є. М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Керівник групи забезпечення спеціальності                      Бабич Є. М.

© Григорчук А. Б., 2019  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2019

## Зміст

Вступ	4
1. Задача 1 Нелінійний розрахунок 2-х пролітної балки з врахуванням повзучості бетону	5
2. Задача 2 Розрахунок мачти в геометрично нелінійній постановці	7
3. Задача 3 Розрахунок шпунта підсиленого анкерами разом з ґрунтовим масивом котловану	8
Література	10

## Вступ

**Мета** навчальної дисципліни «Нелінійне комп'ютерне моделювання в будівництві»: оволодіння методами моделювання та оцінки поведінки будівель, споруд та конструкцій на протязі життєвого циклу, а також з врахуванням роботи матеріалів з дійсними реологічними властивостями, та із врахуванням змінності систем будівель та поетапності їх зведення.

**Завдання** навчальної дисципліни:

- вивчення методів створення просторових систем;
- вивчення методів визначення та формування нелінійності систем;
- вивчення методів врахування реологічних властивостей матеріалів;
- формування систем з врахуванням можливої їх змінності та поетапності зведення;
- вивчення можливостей програмних комплексів для проведення нелінійних розрахунків та нелінійного моделювання.

**Предметом** оволодіння дисципліною є наступні об'єкти:

- нелінійність поведінки конструкцій та будівель;
- реологічні властивості матеріалів;
- життєві цикли будівель та конструкцій;
- методи нелінійного моделювання;
- принципи ідентифікації нелінійного признаку системи;
- методи інтерпретації результатів розрахунків.

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен мати наступні компетенції:

**знати:**

- основні принципи виконання об'ємного моделювання,
- основні характеристики нелінійних кінцевих елементів,
- принципи створення нелінійних навантажень,
- принципи використання фізичної нелінійності,
- принципи створення схем в геометрично-нелінійній постановці
- методи розрахунків з врахуванням поетапності зведення;

**уміти:**

- виконувати моделювання роботи залізобетонних конструкцій в умовах фізично-нелінійної постановки з використанням дійсних реологічних характеристик матеріалів,
- виконувати розрахунки систем при геометрично-нелінійній роботі,

- виконувати розрахунки систем з врахуванням етапності зведення та монтажу;

**володіти:**

- методами нелінійного моделювання,
- методами проведення числових експериментальних досліджень;
- методами проведення розрахунків з використанням розрахункових програмних комплексів.

**Задача 1 Нелінійний розрахунок 2-х пролітної балки з врахуванням повзучості бетону**

**мета задачі:**

- скласти розрахункову схему балки
- вивчити процедуру задання характеристик фізичної нелінійності матеріалів з врахуванням повзучості та арматурних включень
- сформувати таблицю нелінійних завантажень

**вихідні дані:**

схема балки та її закріплення показано на рис. 1.1

перерізи балки – на рис. 1.2

матеріал балки – бетон C20/25, арматура A400C

стан схеми аналізується після 365 та 730 діб

Навантаження:

Завантаження 1 – власна вага (рис. 1.3)

Завантаження 2 – рівномірне розподілене  $q_2=0.3$  т/м (рис. 1.4)

Завантаження 3 – рівномірне розподілене в першому прольоті  $q_3=0.87$  т/м (рис. 1.5)

Завантаження 4 – рівномірне розподілене в другому прольоті  $q_4=0.87$  т/м (рис. 1.6)

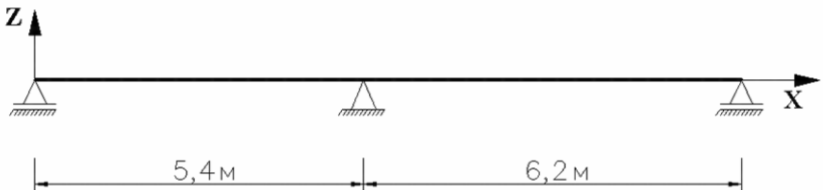


Рис. 1.1 схема балки

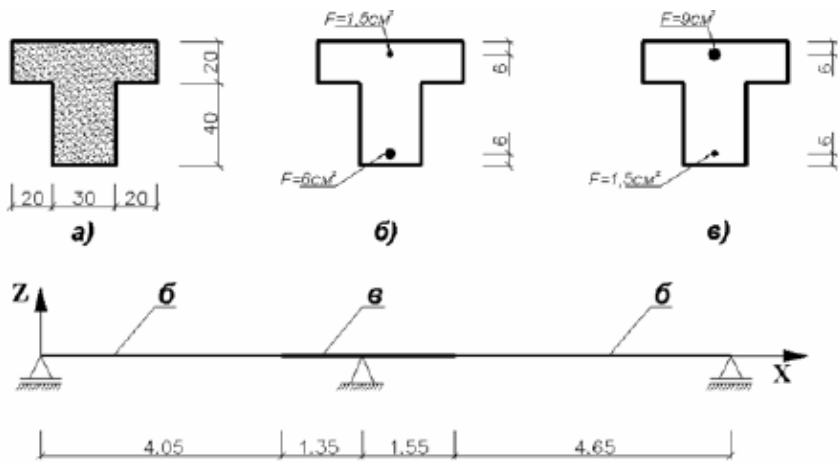


Рис. 1.2 Перерізи елементів балки а) розміри перерізу, б) пролітний переріз, в) опорний переріз.

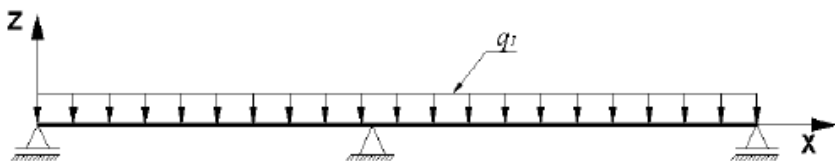


Рис. 1.3 схема завантаження 1 балки

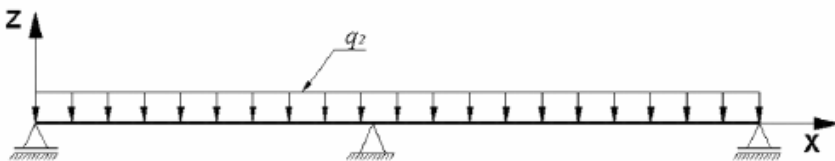


Рис. 1.4 схема завантаження 1 балки

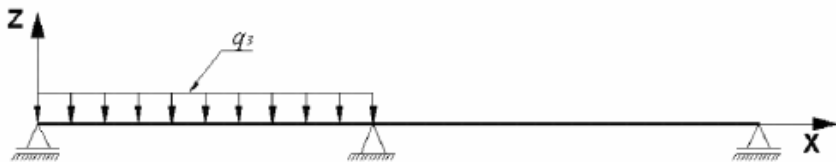


Рис. 1.5 схема завантаження 1 балки

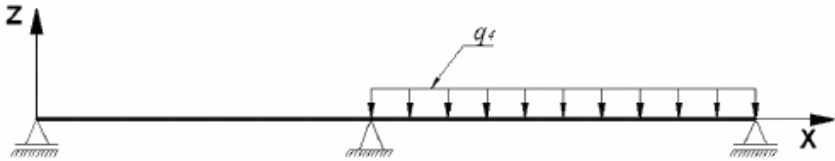


Рис. 1.6 схема завантаження 1 балки

## Задача 2 Розрахунок мачти в геометрично нелінійній постановці

### Мета задачі:

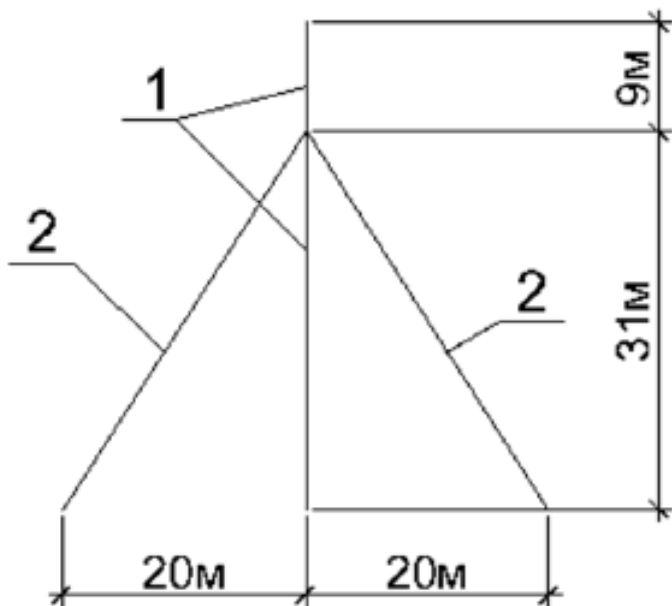
- скласти розрахункову схему мачти на відтяжках
- показати моделювання геометричної нелінійності

### Вихідні дані:

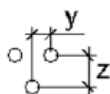
- схема мачти та її закріплення показано на рис. 2.1
- тип – металева мачта висотою 40 м
- перерізи елементів мачти:  
 стійка – три труби 133x5,  
 розтяжки – канат, профіль – 20

### Навантаження:

- завантаження 1 – власна вага, зосереджена сила  $P=0,15\text{т}$ , що прикладена на 2-а верхніх вузли
- завантаження 2 – вітрове навантаження, II вітровий район, тип місцевості – А.



1- три труби 133x5



$y = 100$  см

$z = 173,205$  см

канат  $\varnothing 20$

Рис. 2.1 Схема мачти

### Задача 3 Розрахунок шпунта підсиленого анкерами разом з ґрунтовим масивом котловану

#### Мета та задачі:

- демонстрація технології моделювання багат шарової основи із застосуванням теорії міцності Кулона-Мора;
- Демонстрація технології побудови розрахункової схеми конструкцій огороження котловану в процесі монтажу;
- Демонстрація технології нелінійного розрахунку системи «Нелінійно-деформуєма основа – лінійно-деформуємі конструкції»



огородження» з урахуванням процесу монтажу та розробки котловану;

- Виконання розрахунку з урахуванням модуля деформацій ґрунта по гілці вторинного навантаження (врахування розвантаження моделі ґрунту).

### Вихідні дані:

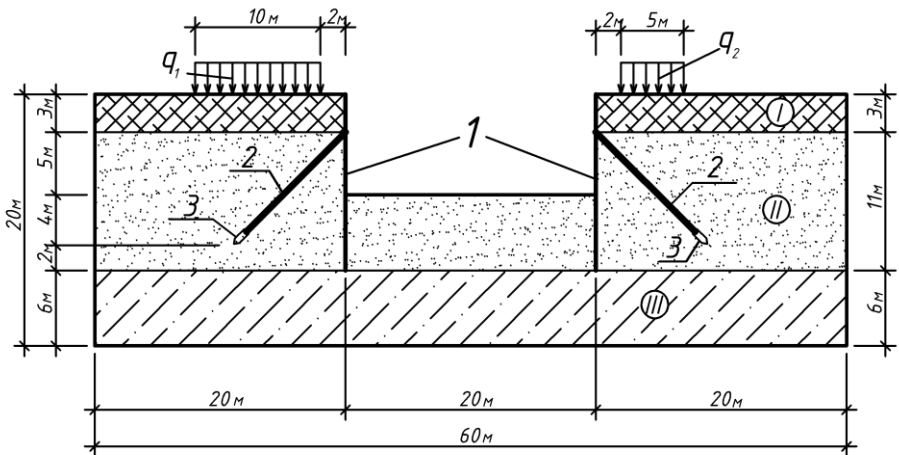
Профіль тришарової основи з розмірами 60х20м, товщина 1 м (рис. 3.1)

Котлован з розмірами 20х8 м

Вертикальні конструкції огороження – 14 м

Опори анкерів довжиною 3 м, анкери довжиною 10 м розташовані під кутом 45°

Розрахунок проводити для сітки профіля основи з розмірами КЕ 1х1 м



1- шпунтова огорожа,

2- анкера,

3- опори анкерів

I – насипний ґрунт, II – пісок, III - суглинок

Рис. 3.1 Схема конструкцій огороження котловану та навантажень набагатшарову основу.

Завантаження 1 – власна вага тришарової основи,  
Завантаження 2 – Постійне, рівномірно-розподілене навантаження  $q_1=1$  т/м, постійне, рівномірно-розподілене навантаження  $q_2=0.5$  т/м, що прикладені на верх основи, власна вага огорожі,  
Завантаження 3 – фіктивне, ескавація котловану,  
Завантаження 4 Попередній натяг анкерів  $P= 5$ т.

## Література

1. Клованич С. Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики. Запорожье: издательство журнала «Світ геотехніки», 2009. 400 с.
2. А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. Компьютерные модели конструкций (Издание второе дополненное). Факт – Киев, 2007.394 с.
3. С. Ф. Клованич, Д. И. Безушко. Метод конечных элементов в нелинейных расчетах пространственных железобетонных конструкций. Одесса: Издательство ОНМУ, 2009. 89 с.
4. Practitioners` guide to finite element modelling of reinforced concrete structures. State-of-art report/ Task Group 4.4 / General Assembly of Fib, bulletin 45.Stuttgart: Sprint-Digital-Druck, 2008. 347 p.
5. Ю. В. Верюжский, В. И. Колчунов, М. С. Барабаш, Ю. В. Гензерский Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций. Киев : Книжное издательство Национального авиационного университета., 2006. 804 с.

Методичні вказівки 03-01-102 розміщено у цифровому репозиторії НУВГП у березні 2020 р.