

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та
транспортних споруд

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
будівництва та експлуатації
будівель, доріг та
транспортних споруд
_____ О.П. Новицький

«___» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція кислотоналивного цеху»

Виконав (ла)	_____	В.М. Воловик
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Група		БУД 2204м
(Науковий)		
керівник	_____	О.С. Савченко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Суми – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Воловик Володимир Миколайович

Тема роботи: Реконструкція кислотоналивного цеху

Затверджено наказом по університету № 175-н від "26"01.2023р.

Строк здачі студентом закінченої роботи: "___" _____ 2023 р.

Вихідні дані до роботи:

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Керівник :		О.С. Савченко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Консультант		О.С. Савченко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Завдання прийняв до виконання:		
Здобувач		В.М. Воловик
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Анотація

Воловик Володимир Миколайович. Реконструкція кислотоналивного цеху
– Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2023.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, загальної характеристику об'єкту, огляд досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновки за результатами МКР.

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Результати досліджень дозволяють визначити еквівалентну жорсткість двосхилої гратчастої балки, що в свою чергу дозволяє значно спростити розрахункову схему і зменшити кількість скінчених елементів.

Аналіз публікацій та досліджень встановив, що ускладнення розрахункової схеми призводить до збільшення вірогідності допущення помилок при створенні розрахункової схеми.

В **основній частині** наведено опис різних типів скінченоелементних моделей, що моделюють гранчасту балку і виконано порівняння результатів розрахунку за деформативною моделлю.

У **висновках** встановлено еквівалентну жорсткість для моделювання двосхилої гратчастої балки стержневим елементом.

Ключові слова: двосхила гратчаста балка, еквівалентна жорсткість, деформативність елементів, розрахункова схема.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

Воловик В.М., Савченко О.С. Обґрунтування еквівалентної жорсткості двосхилої гратчастої балки при моделюванні її стрижневими елементами в складі поперечної рами промислової будівлі // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.) – Суми, 2023.

В **додатках** наведено; тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи. Робота складається з основного тексту на 32 сторінках, у тому числі 1 таблиці, 9 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 5 розділів, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 8 використаних джерел, 2 додатків на 15 сторінках. Графічна частина складається з 12 слайдів мультимедійної презентації.

Abstract

Volodymyr Volovik. Reconstruction of the acid-filling workshop – Master's qualification work on manuscript rights.

Master's qualification work in specialty 192 "Construction and civil engineering". – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2023.

The **work consists** of the content, the general characteristics of the work and its qualification features, of the general characteristics of the object, an overview of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MQW.

The goal, tasks, object and subject of research, methods of scientific research are formulated.

The research results make it possible to determine the equivalent stiffness of a double-sloped lattice beam, which in turn makes it possible to significantly simplify the calculation scheme and reduce the number of finite elements..

The analysis of publications and studies established that the complexity of the calculation scheme leads to an increase in the probability of making mistakes when creating the calculation scheme.

In the **main part**, a description of various types of finite element models simulating a faceted beam is given, and a comparison of the calculation results based on the deformable model is made.

In the conclusions, the equivalent stiffness is established for the modeling of a gable lattice beam with a rod element.

Key words: gable lattice beam, equivalent stiffness, deformability of elements, calculation scheme.

A list of the student's publications and/or speeches at conferences:

Volovik V., Savchenko O. Justification of the equivalent stiffness of a gable lattice beam when modeling it with rod elements as part of the transverse frame of an industrial building // Materials of the All-Ukrainian scientific conference of students and postgraduates dedicated to the International Student Day (November 13-17, 2023) - Sumy, 2023.

In the **appendices** are given; abstracts of the conference, an album of multimedia presentation slides.

Structure of work. The work consists of the main text on 32 pages, including 1 table, 9 figures. The text of the work contains a general description of the work, 5 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 8 used sources, 2 appendices on 15 pages. The graphic part consists of 12 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи	7
Розділ 2. Загальна характеристика об'єкта реконструкції.....	9
2.1. Об'ємно-планувальне рішення будівлі.....	9
2.2. Конструктивне рішення будівлі	10
Розділ 3. Огляд досліджень.....	14
Розділ 4. Визначення еквівалентної жорсткості двосхилої гратчастої балки при моделюванні її стрижневим елементом.....	25
Розділ 5. Висновки.....	31
Список використаних джерел.....	32
Додаток А Публікація в періодичних виданнях	33
Додаток Б Публікація в періодичних виданнях.....	336

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Сучасне проектування неможливо уявити без комп'ютерних програм. Інструментарій програм специфічний, вимагає досконального вивчення всіх «нюансів» роботи. При використанні програм розрахункового призначення слід бути особливо уважним, оскільки сама незначна, на перший погляд, команда, може змінити результати розрахунку в кілька разів. Як наслідок - неправильне конструктивне рішення.

Не перший десяток років спостерігається явно виражена тенденція все більшого ускладнення використовуваних розрахункових схем і збільшення їх розмірності. Розраховувачі тяжіють до все більшої деталізації та обліку великого числа подробиць.

Супердеталізація вимагають завдання численних визначальних параметрів веде лише до уявної ефективності і підвищенню точності в рішенні завдання, тоді як насправді точність може навіть знизитися, і суттєво, в зв'язку з неминучим нарощуванням помилок завдання вихідних даних і збільшенням похибок обчислень.

Дійсно, спрощення розрахункової схеми, без спотворення реальної роботи конструкції, призводить до зменшення помилок при завданні розрахункової схеми, тому роботи, присвячені дослідженню цієї тематики є актуальні в умовах розвитку розрахункових програм.

Мета роботи – визначити жорсткість для моделювання гратчастої балки в розрахунковій схемі стрижневим скінченим елементом.

Задачі дослідження.

Досягнути відповідності результатів розрахунків за методом скінчених елементів при моделюванні гратчастої залізобетонної балки різними скінченими елементами.

Об'єкт дослідження – залізобетонні гратчасті балки.

Предмет дослідження – деформований стан збірних залізобетонних гратчастих балок.

Методи дослідження – метод скінчених елементів (програмний комплекс «Лира-САПР»).

Наукову новизну складає:

Порівняльний аналіз деформованого стану для різних варіантів розрахункової схеми, що моделює залізобетонну гратчасту балку.

Практична значимість магістерської роботи полягає в тому, що отримані результати дослідження дозволяють зменшити трудомісткість робіт при виконанні розрахунків збірних залізобетонних гратчастих балок.

Апробація роботи.

Основні результати роботи доповідалися на студентській конференції Сумського національного аграрного університету.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

2.1. Об'ємно-планувальне рішення будівлі.

Будівля що проектується в плані має форму двох прямокутників, розміри в осях 29,88×18,0 м., та 36,40×24,0 м.

Схема планування будівлі секційна двох пролітна. Будівля 2-х поверхова: поверхи виглядають в вигляди робочих площадок. Площадки складаються з головних та другорядних балок, і робочого настилу по них. Також будівля оснащуються мостовими та підвісними кранами. Будівля опалювана з природною та штучною вентиляцією.

Робочі креслення розроблені на дві секції.

Загальна висота будівлі 15,3.

1. Будівля відноситься до першої групи виробничих процесів;
2. Ступень вогнестійкості – 2;
3. Ступень довголіття – 2.

Таблиця 2.1. Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат.* приміщення
1	Склад товарної сірчаної кислоти	3088.8	д
2	Склад 98-99% сірчаної кислоти	1468.6	д
3	Насосна	321	д
4	Вузол наливу сірчаної кислоти	195	д
5	Приміщення КІП	33.8	г
6	Кімната майстра	34	
7	Кімната відпочинку	32	
8	Сан. вузол	5	
9	Резервне приміщення	61.5	
10	ТП	45.8	г

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат.* приміщення
11	Венткамера	35	д
12	Резервне приміщення	70	
13	Фонтанчик і душ самодопомоги	32	

2.2. Конструктивне рішення будівлі

Фундаменти, цоколь.

Фундаменти монолітні залізобетонні по серії 1.412

Глибина закладення фундаменту 1,65 м.під колони, та 1,5 м під устаткування.

Для виготовлення фундаментів використаний бетон марки С12/15, та арматура класу А400. Металеві колони з'єднуються з фундаментами за рахунок анкерних болтів. Балки укладаються на бетонні стовпчики. Під фундаментні балки влаштовують підсіпку із шлаку а поверху фундаментних балок – гідроізоляцію із цементного розчину складу 1:2 товщиною 30 мм.

По периметру будівлі влаштовуються вимощення шириною 1,5м із асфальтобетону з ухилом 3%.

Склад вимощення:

1. Асфальтобетон – 30мм;
2. Підготовка з щебеню – 150мм;
3. Ущільнений ґрунт.

Вертикальна гідроізоляція здійснюється обмазкою гарячим бітумом за 2 рази зовнішніх поверхонь фундаментних блоків.

Каркас.

Каркас будівлі: колони, кроквяні, підкроквяні конструкції. Підкранові конструкції. Колони металеві постійного переріз також при монтажу каркасу використанні зб колони по серії 1.424.1-5, 1.020.1-4.

В якості горизонтальних конструкцій каркасу використані ригелі таврового перерізу по серії 1.020-1, двоскатні з/б балки полегшеної конструкції двотаврового перерізу по серії 1.462.1-3/89 та з/б безрозкосні ферми по серії 1.463.1-16.

Стіни та перегородки.

Стіни виготовлені з цегли М 150 на розчині М 50. Товщиною 380мм. Внутрішні стіни та перегородки виготовлені з цегли, товщиною 250, 120. Марка цегли для внутрішніх стін прийнята М 100 марка розчину М 25.

Покриття, покрівля.

Покриття із збірних ребристих з/б плит розміром 3×6. Кріплення плит покриття до несучих елементів покриття здійснюється не менше ніж в 3-х точках шляхом зварювання з/б плит покриття з кроквяними конструкціями.

Покрівля утеплена яка складається з:

1. З/б плита;
2. Паро ізоляція прокладна;
3. Стяжка – 20мм;
4. Вирівнюючий шар;
5. 2-шари руберойду на бітумній мастиці;

Водовідвід внутрішній, організований зі стоком води через воронки. В місцях влаштування водоприймальних воронок водонепроникність забезпечується наклеєнням 2-х додаткових шарів руберойду. В місцях примикання рулонного килиму до парапету теж килим піднімають на висоту 300 мм і накривають фартуком із покрівельної сталі.

Вікна, двері.

Вікна стрічкові із дерев'яних віконних панелей марки 18-30.2, ПВД 12-30-2 шириною 3м висотою. 1,2 з відкриваючими стулками в середину приміщення. Елементи панелей з'єднуються на шинах. Укріплення панелей до колон каркасу здійснюється коро тишами із кутників, а між собою з'єднуються

цвяхами. Зазори між панелями законопачуються з обох боків просмоленим клоччям і закривають нащільником.

Зовнішні та внутрішні двері дерев'яні але в необхідних приміщеннях металеві. По серії ПР-05-35, ВП26-30, ГОСТ 6629-88, ДГ 21-20, ГОСТ 6629-88. Дверні прорізи обрамляються коробками дерев'яними обов'язково із кутників $\angle 75 \times 3$, а колона – із сталевих листів товщиною 2мм. Полотна дверей обшивка з фанери.

Ворота запроектовані розпашні по серії 1.435.2-20 марки РСВ 3,6×3,6. Воротний проріз обрамляється збірною з/б рамою; полотна воріт навішуються на петлі. Нижні петлі мають сферні самоустановлюючі підшипники, які працюють на сприйняття вертикальних навантажень. Для попередження продування по контуру рами варять нащільники з полосової сталі, а щілини закривають фартухами з резини.

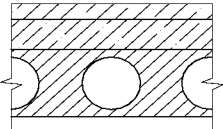
Підлоги.

В санузлах плінтус улаштовують із керамічної плитки на цементно-піщаному розчині М-100.

Підлоги санвузлів на 20мм нижче від підлоги інших приміщень.

Таблиця 2.2 – Експлікація підлог

Найменування приміщення	Схема підлоги	Тип підлог	Елементи підлоги і її товщина	Площа підлог и. м ²
1	2	3	4	5
Санвузли		1	Керамічна плитка – 13 Цементна стяжка М100 – 30 Шар руберойду - 5 З/б плита покриття- 220	56

Робочі площі		2	Бетон кл. С16/20 – 50 Бетонна підготовка кл. С16/20 - 100 Щебінь	18391

Опорядження зовнішнє і внутрішнє.

Зовнішнє.

Зовнішня поверхня будівлі пофарбована вододисперсним розчином стійким до атмосферних впливів.

Цоколь облицьований фасадною плиткою темних тонів.

Зовнішні поверхні вікон і дверей, а також металеві поверхні пофарбовані олійною фарбою за 2 рази.

Внутрішнє

Виконати поліпшене масляне пофарбування наступних поверхонь: вікон, дверей, підвіконних дощок, радіаторів, труб, сходиноквих огорож, дерев'яних поручнів.

РОЗДІЛ 3. ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Зараз, коли сучасні комп'ютери, операційні системи і спеціалізовані програмні комплекси надає користувачам практично необмежені можливості розрахунку і проектування конструкцій, спостерігаються тенденції не тільки традиційно визначати напружено-деформований стан відповідне фіксованою розрахунковій схемі, а й здійснювати комп'ютерне моделювання процесів, пов'язаних з різними стадіями життєвого циклу споруди.

Вся історія будівельної механіки в докомп'ютерний період рясніла прийомами, орієнтованими на чисельну реалізацію тієї чи іншої розрахункової схеми. Методи моментних і кутових фокусних відносин, метод Кросу, метод перерозподілу початкових кутових деформацій, метод пружного центру і інші прийоми – ось невеликий перелік з величезного ряду існуючих в той час прийомів і методів розрахунку конструкцій, які, по суті, зводилися до прагнення уникнути великої кількості обчислень. І коли фахівець складав розрахункову схему, він, перш за все, думав про можливість вирішення завдання в такій постановці.

Положення в корені змінилося з появою комп'ютерів, а потім і методу скінчених елементів. Перші практично зняли проблему обсягу обчислень, метод же скінчених елементів, по суті, з одного боку, примирив і взаємно збагатив методи теорії пружності і методи будівельної механіки стрижневих систем, з іншого боку, замінив дискретизацію диференціальних рівнянь (метод скінчених різниць) або функціоналу потенційної енергії (варіаційно-різницеві методи) безпосередньо дискретизацій розрахункової схеми.

Таким чином, можна говорити, що в кінці 50-х початку 60-х років в будівельній механіці сталася тиха революція, пов'язана з відмовою від численних вузько орієнтованих прийомів будівельної механіки. Сталося перенесення центру ваги в фундаментальні дослідження методів механіки твердого тіла і математичної фізики, а в інженерній практиці – на прийоми і методи побудови комп'ютерних моделей. Це було досить швидко усвідомлено фахівцями, які працювали в області застосування комп'ютерів при

розрахунках конструкцій. Так, розробники сімейства програмних комплексів ЛИРА, вже в 60-х (програмні комплекси РПСС, ЕКСПРЕСС, МИРАЖ) в інструктивних матеріалах велику увагу приділяли рекомендаціям по складанню розрахункових схем. Останнім часом з'являється велика кількість робіт, присвячених синтезу та аналізу розрахункових схем, але саме розрахункових схем, застосування яких, по суті, вирішує одну задачу - знаходження компонентів напружено-деформованого стану фіксованою розрахункової схеми під задане навантаження. Разом з тим, безперервно збільшується потужність сучасних технічних платформ (швидкодія, пам'ять), сучасні можливості операційних середовищ і сучасні методи будівельної механіки (метод скінчених елементів, облік фізичної і геометричної нелінійності) дозволяють врахувати конструктивні особливості споруди та реологічні властивості матеріалу безпосередньо в дискретній розрахунковій схемі, що відкриває необмежені можливості в комп'ютерному моделюванні.

Комп'ютерні моделі дозволяють ставити і вирішувати значно ширші завдання (в порівнянні з можливостями розрахункових схем), пов'язані з моделюванням процесів:

- моделювання процесу навантаження;
- моделювання процесу зведення;
- моделювання процесів «пристосовності».

На їх основі можливе моделювання всього «життєвого циклу» споруди.

У ряді випадків (їх кількість інтенсивно розширюється) комп'ютерні моделі витісняють випробування натурних зразків або підказують експериментатору де, як і що треба виявити в результаті натурального експерименту. Наприклад, є роботи з моделювання закладення арматурного стержня в бетонному масиві (раніше це була виключно прерогатива натурних випробувань). Дуже поширене комп'ютерне моделювання вузлів мостових конструкцій. Список таких прикладів, звичайно, може бути продовжений.

На початку 60-х років утворилося кілька шкіл, кожна з яких обрала свій шлях вирішення проблеми розрахунку конструкцій: московська школа

Р.А. Резнікова (Л.С. Якобсон, А.М. Горлов, В.С. Лавітман), київська школа Д.В. Вайнберг, (А.Л. Синявський, А.С. Сахаров, В.Н. Кіслоокій, Е.С. Дехтерюк), київська школа П.М. Сосиса (Л.Г. Дмитрієв, Г.Б. Гільман, І.Д. Глікін, А.С. Городецький).

Школа Р.А. Резнікова першою почала створювати програми, які автоматизували складання і рішення рівнянь, а також обчислення зусиль і переміщень [2, 3]. Розроблені в цьому колективі програми СИДР і МАРСС були основними інструментами в практиці розрахунку конструкцій на початку 60-х років. Тут була віддана данина традиціям, і був реалізований метод сил як основний метод докомп'ютерної епохи, так як цей метод охоплював можливості різних хитрувань з метою скорочення кількості обчислень (численні варіанти розрахункових схем, метод пружного центру та ін.). Незабаром з'ясувалося, що метод сил є неперспективним зважаючи на труднощі алгоритмізації побудови розрахункових схем, і в подальшому від нього довелося відмовитися. Це був перший приклад, коли нова технологія розрахунку конструкцій, пов'язана із застосуванням ЕОМ, істотно вплинула на вибір підходів і методів будівельної механіки.

Київська школа Д.В. Вайнберга розробляла варіаційно-різницеві методи розв'язування задач пластин і оболонок [4]. Розроблена в цьому колективі програма «МІЦНІСТЬ» широко використовувалася в дослідженнях будівельних і машинобудівних конструкцій.

Розробки Київської школи П.М. Сосиса [5, 6, 7, 8, 9] спиралися на такі основні уявлення:

- метод переміщень, як найбільш зручний для алгоритмізації;
- дискретизація безпосередньо пластинчастих систем на основі стрижневих апроксимацій;
- кроковий метод для вирішення нелінійних задач.

По суті, ці концепції лежать в основі всіх сучасних програмних комплексів, з тією лише різницею, що дискретизація пластинчастих і масивних тіл проводиться на основі більш плідних ідей методу скінченних елементів.

Міркуючи про можливі напрямки вдосконалення програмних комплексів, перш за все, необхідно мати на увазі, що тут легко помилитися, хоча прогнозована область досить вузька і прозора. Так в роботі [10], присвяченій саме прогнозом розвитку програмних комплексів вказано ряд прогнозних функцій, деякі з яких були реалізовані практично негайно, деякі, наприклад, автоматичний вибір методу рішення, до сих пір не виконано, і його здійснення в найближчому майбутньому не проглядається. Ряд прикладів занадто оптимістичних і швидко реалізованих прогнозів, звичайно, може бути продовжений.

Безумовно, можна говорити про те, що основні зусилля розробників в найближчому майбутньому будуть спрямовані на інтелектуалізацію програмних комплексів. Характерним прикладом в цьому відношенні є програмний комплекс «МОНОМАХ» [11], орієнтований на вирішення завдань розрахунку і проектування конструкцій висотних будівель. Він володіє багатьма ознаками інтелектуальних систем: мова, якою ви спілкуєтесь з комп'ютером досить природня, користувач оперує з такими поняттями як колона, ригель, плита перекриття, отвір в плиті або в стіні і т.п. Принципи завдання навантажень гранично спрощені і також природні – навантаження по всій області, за довільним полігоном і т.п. Для вітрових і сейсмічних впливів досить задати тільки напрямок впливу і район будівництва. Комплекс має експертну систему, яка в процесі розрахунку повідомляє користувачеві про некоректні прийоми рішень – недостатній переріз елемента, переармування і т.п.

І, звичайно ж, програмні комплекси будуть нарощувати можливості комп'ютерного моделювання процесів зведення, процесів навантаження на всіх стадіях експлуатації, тобто життєвого циклу конструкцій. Революційні перетворення комп'ютерних технологій в сучасному проектуванні будівельних об'єктів помітні. Всі креслення практично виконуються тільки на комп'ютерах, відбувається процес інтеграції програмних комплексів, які автоматизують різні розділи проекту. Мабуть, в недалекому майбутньому слід

очікувати появи технологій проектування, заснованих на послідовному створенні в комп'ютері «віртуального об'єкта», що у всіх подробицях відображає свого натурального близнюка. Надалі «віртуальний об'єкт» буде документуватися, архівуватися, лежати в основі організації будівництва, відображати всі зміни свого натурального близнюка в процесі експлуатації.

Метод скінчених елементів МСЕ [12, 13, 14, 15, 16, 17 і мн. ін.] розглядається нижче в формі переміщень, тобто для випадків, коли шуканою роздільною функцією служить переміщення. Це викликано тим, що вибір розрахункової схеми для МСЕ в переміщеннях легко піддається алгоритмізації, а практичне використання МСЕ немислимо без застосування сучасних комп'ютерів.

Рівняння рівноваги для задач лінійної теорії пружності записуються у вигляді:

$$Au = -B^T(DBu) + f = 0$$

де B – матричний лінійний диференціальний оператор, за допомогою якого вектор деформацій $\varepsilon(u)$ виражається через вектор переміщень u , $\varepsilon(u) = Bu$;

D – матриця пружності, що визначає лінійний зв'язок між векторами напружень σ і деформацій ε , $\sigma = D\varepsilon$ (закон Гука);

B^T – транспонована матриця.

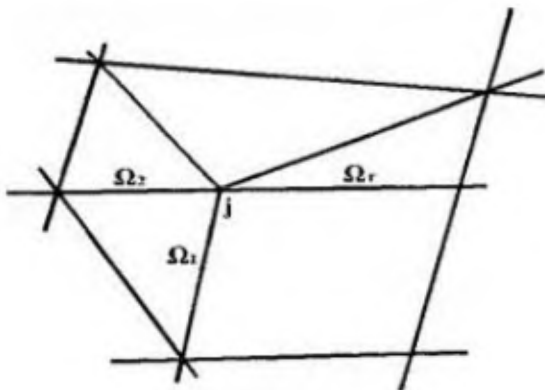


Рис. 3.1 - Зівка скінчених елементів.

Основна концепція МСЕ полягає в безпосередній дискретизації системи, яка розчленовується розрахунковою сіткою на скінчені елементи. На отриманій дискретній моделі вводиться система кусочно-безперервних функцій $\{\varphi_l(x)\}$, визначених на скінченному числі підобластей – зірках скінчених елементів (Рис.), тобто:

$$\varphi_l(x) = \begin{cases} \varphi_{lj}(x) & x \in \Omega_j \\ 0 & x \notin \Omega_j \end{cases}$$

Шукана функція переміщень по області системи $u(x)$, $x \in \Omega$ наближено приймається у вигляді:

$$u_l(x) = \sum_{l=1}^L q_l \varphi_l(x)$$

де L - загальна кількість вузлових невідомих, яка в загальному випадку не дорівнює числу вузлів, так як в кожному вузлі може бути різне число невідомих.

Вузлові невідомі q_l в МСЕ, як правило, забезпечуються фізичним змістом і представляють собою шукані значення переміщень і їх похідних у вузлах розрахункової сітки.

Розчленування системи на скінчені елементи дає можливість використовувати розгляд окремих скінчених елементів не тільки для побудови розв'язувальної системи, тобто для практичного вирішення завдання, але й для теоретичних досліджень базисних функцій, абстрагуючись при цьому від геометрії області, що розглядається, граничних умов, навантаження. Це обумовлює введення поняття «тип скінченого елемента», який характеризується набором вузлових невідомих, видом базисних функцій, геометрією області Ω_r , класом вирішуваних завдань (видом оператора A), для яких він призначений. Базисні функції на r скінченому елементі можуть бути введені в явному або неявному вигляді.

Побудова скінчено-елементної моделі, також, як і будь-який розрахункової схеми, починається з ідеалізації конструкції. Цей етап настільки звичний і природний для інженера, що, як правило, він виконується

підсвідомо, хоча корисно іноді осмислити дії, що виконуються. Ось основні складові цього етапу:

Ідеалізація геометрії – призначення основних розмірів, які можуть дещо відрізнятись від натурних з метою надання можливої регулярності для скорочення завдання вихідної інформації і подальшого забезпечення аналізу результатів; в разі прийняття стрижневої або пластинчастої схеми – заміна стержнів на «дротяну» систему, а пластин на площинну систему, яка не має поперечних розмірів (тут також можливі відхилення, допустимість яких визначає інженер, прийняті осі стрижнів і пластин можуть не співпадати з їх нейтральними площинами), різні конструктивні включення (наприклад, консолі) можуть бути проігноровані і багато іншого.

Ідеалізація навантаження – існує думка, що права частина в нерівності несуча здатність $>$ навантаження вивчена значно менше, ніж ліва частина. Така думка, по крайній мірі, дуже спрощена. По-перше, ліва частина залежить від значно більшої кількості чинників (властивості матеріалу, геометрія, конструктивні рішення і багато іншого). По-друге, навантаження бувають різні – такі, що добре або слабо піддаються вивченню. Наприклад, що може бути краще вивченим, ніж навантаження від власної ваги, в той же час можна взагалі в рамках детерміністичного підходу адекватно представити навантаження від вітрового або сейсмічного впливу, які носять яскраво виражений імовірнісний характер. Такі різні ступені вивченості навантажень знаходять відображення в будівельних нормах в різних значеннях коефіцієнтів надійності: Для добре вивчених навантажень він невеликий (для власної ваги – 1,05...1,2), для слабовивчених – він має більше значення (наприклад, для вітрового навантаження – 1,4).

У всякому разі, розуміючи, що ступінь ідеалізації навантаження різна, інженер повинен по-різному будувати свої роздуми: якщо в навантаженні превалює власна вага, він може обмежитися традиційними підходами, якщо превалює слабо вивчене навантаження він повинен прагнути отримувати

якомога більше інформації з різних розрахункових схем (кілька розрахункових схем, які моделюють ті чи інші властивості конструкції, розрахунок за деформованою розрахунковою схемою, облік фізичної і геометричної нелінійності, якщо динамічна складова впливу істотна – використання сучасних методів прямого інтегрування і т.д.), щоб його роздуми про надійність конструкції були якомога більш інформативними.

Моделювання властивостей матеріалу.

В даний час найбільш поширена ідеалізація властивостей матеріалу, пов'язана з введенням гіпотези про лінійну пружності. Вище вже багаторазово вказувалося, що введення такої грубої гіпотези позбавляє можливості моделювання різних дуже важливих факторів (перерозподіл зусиль і напружень, моделювання процесу напружень, моделювання процесу навантаження, пристосовності конструкцій і багато іншого). Тому, якщо інженер прагне глибше проникнути в природу роботи конструкції, він може прийняти гіпотезу про нелінійність залежності між напруженнями і деформаціями. В даний час добре розроблений і математично обґрунтований апарат, заснований на гіпотезі нелінійної пружності (гілка навантаження і розвантаження збігається) і гіпотеза активного навантаження (при збільшенні навантаження збільшуються деформації).

Інженер, що застосовує цей апарат повинен розуміти, що це теж ідеалізація властивостей матеріалу (до уваги береться можливість розбіжності розвантажувальних і навантажувальних гілок, не враховується можливість зменшення деформацій і переміщень в окремих областях конструкції при збільшенні навантаження і багато іншого). Разом з тим, на відміну від дуже за сучасними мірками грубої гіпотези про лінійну пружності, цей апарат може дати масу корисної інформації для роздумів над забезпеченням міцності і надійності конструкції.

Ідеалізація окремих конструктивних рішень.

Ідеалізація конструктивних рішень у багатьох випадках пов'язана з ідеалізацією геометрії. Однак, в ряді випадків вона має самостійне значення.

У природі не існує ні «чистих» шарнірів, ні «абсолютно жорсткого» з'єднання елементів. Тому, інженер повинен прийняти рішення про те, як ідеалізувати окремі конструктивні вузли, щоб максимально адекватно змоделювати їх дійсну роботу.

Важливим питанням ідеалізації є прийняті рішення про можливість розрахунку за деформованою схемою. Рами, плити, балки невеликих прольотів, як правило, розраховуються за недеформованою схемою. Тенти, мембрани, вантові конструкції треба розраховувати за деформованою схемою. Однак є цілий ряд конструкцій, для яких зміна геометрії може істотно вплинути на напружено-деформований стан і інженер в цьому випадку повинен прийняти відповідне рішення.

Взагалі, питання ідеалізації конструктивних рішень дуже багатозначний, і неможливо охопити це різноманіття. Важливо, щоб інженер завжди розумів, що здійснюючи побудову комп'ютерної моделі він ідеалізує конструкцію і завжди повинен оцінювати адекватність цієї ідеалізації.

Вибір типів скінчених елементів і побудова скінчено-елементної сітки.

При вирішенні практичних завдань часто виникають питання, пов'язані з вибором типу елемента. Адже для вирішення однієї і тієї ж задачі (наприклад, згину плити) існує цілий набір скінчених елементів, що мають різні властивості.

Нажаль, в програмних комплексах можуть зустрічатися скінчені елементи, що не мають збіжності (скінчений елемент плити Пшеменицького, трикутник Зенкевича та ін.), тобто при згущенні сітки нібито є збіжність до якогось рішення, але це рішення може відстояти дуже далеко від точного. Тому при використанні будь-якого програмного комплексу користувач повинен переконатися, що для всіх СЕ цього комплексу проведено дослідження і отримані оцінки порядку збіжності по переміщенням і напруженням. У Таблиця наведені такого типу оцінки для найбільш поширених скінчених елементів.

Таблиця 3.1 - Оцінка порядку збіжності найбільш розповсюджених типів скінчених елементів.

Тип скінченого елемента	Модельована група зусиль	Порядок збіжності		Тип базисних функцій	Ступені вільності
		t_u	t_σ		
Стержень	згинальні моменти	точне	точне	балочні	u, v, w α, β, γ
	нормальні зусилля	точне	точне	лінійні	
Трикутний елемент плити	згинальні	2	1	балочні	w, α, β
Прямокутний елемент плити (Клафа)	згинальні	2	2	балочні	w, α, β
Трикутний елемент балки-стілки	мембранні	2	1	полілінійні	u, v
Прямокутний елемент балки-стілки	мембранні	2	1	полілінійні	u, v
Трикутний елемент оболонки	згинальні	2	1	балочні	w, α, β
	мембранні	2	1	полілінійні	u, v
Прямокутний елемент оболонки	згинальні	2	2	балочні	w, α, β
	мембранні	2	1	полілінійні	u, v
Трикутний елемент плити на пружній основі	згинальні	2	1	балочні	w, α, β
Прямокутний елемент плити на пружній основі	згинальні	2	2	балочні	w, α, β
Стержень на пружній основі	згинальні	4	2	балочні	u, v, w α, β, γ
Стержень з урахуванням зсуву	згинальні	4	2	балочні	u, v, w α, β, γ

Сполучення різних типів кінцевих елементів.

При складанні комп'ютерної моделі комбінованих систем (плита, підперта ребрами, плоскі або просторові рамно-зв'язкові системи, плита, яка спирається на вертикальні стрижні, балка-стілка, яка спирається на плиту або навпаки і багато іншого) можуть виникнути різні труднощі. Шляхи вирішення розроблені окремо для кожного варіанту такої стиковки.

Тобто для правильного і реального завдання розрахункової схеми конструкції або системи необхідно врахувати і передбачити багато факторів, які значно можуть вплинути на результати розрахунків. Зважаючи на це, максимальне спрощення розрахункової схеми мінімізує похибки результатів розрахунку.

РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ДВОСХИЛОЇ ГРАТЧАСТОЇ БАЛКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ЇЇ СТРИЖНЕВИМ ЕЛЕМЕНТОМ

При розрахунку поперечної рами, горизонтальним елементом якої є двосхила балка, за методом скінчених елементів актуальним є питання визначення жорсткості елемента, що моделює роботу такої балки. Складність полягає в тому, що метод скінчених елементів не дозволяє задатися змінною по довжині елементу жорсткістю, що дозволило би з точністю підійти до розрахунку поперечних рам з двосхилою балкою покриття. Точність розрахунку за методом скінчених елементів залежить від кількості елементів, на які розбивається конструкція.

Для дослідження прийємо залізобетонну кроквяну гратчасту балку по серії 1.462.1-3/89 1БДР 12. (Рисунок 4.1 Рисунок)

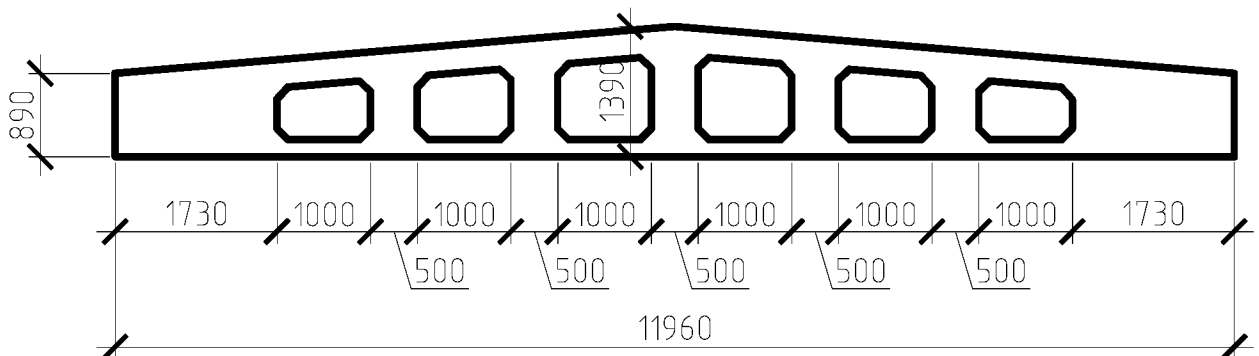


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд залізобетонної кроквяної гратчастої балки 1 БДР 12.

На сучасних етапах при розрахунку будівельних конструкцій широко використовують так звану еквівалентну жорсткість. Еквівалентною жорсткістю вважають таку жорсткість, яка забезпечує рівність деформацій в реальній конструкції і в елементі, що моделює таку конструкцію.

Метою дослідження є визначення еквівалентної жорсткості двосхилої гратчастої балки прогоном 12 м з метою полегшення формування розрахункової схеми для розрахунку поперечної рами промислових будівель.

Для порівняльного аналізу приймемо два типи розрахункових схем для розрахунку балки за методом скінчених елементів:

1 – змодельована стрижневими скінченими елементами (Рис);

2 – змодельована трикутними пластинчастими елементами (Рисунок).

Балку в обох випадках шарнірно закріпимо на опорах і завантажимо рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю 10 кН/м. В обох випадках приймаємо бетон класу С32/40, для якого модуль пружності матеріалу складає 36 ГПа.

Розрахункова схема балки в першому випадку буде мати вигляд, наведений на рисунку 4.2.

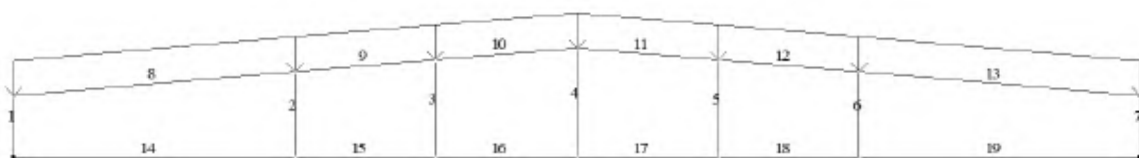


Рисунок 4.2 Розрахункова схема балки при її моделюванні стрижневими скінченими елементами.

При моделюванні балки стрижневими скінченими елементами всі елементи приймаємо загального типу. Жорсткість елементів задаємо у вигляді прямокутного перерізу. Переріз елементів верхнього поясу приймаємо 200×300 мм. Переріз елементів нижнього поясу приймаємо 200×180 мм. Переріз вертикальних середніх елементів приймаємо 200×500 мм. Переріз вертикальних крайніх елементів приймаємо 200×1730 мм.

Розрахункова схема балки в другому випадку буде мати вигляд, наведений на рисунку 4.3.

При моделюванні балки пластинчастими скінченими елементами всі елементи приймаємо трикутними. Товщину всіх елементів приймаємо 200 мм. Коефіцієнт Пуассона приймаємо рівним 0.15.

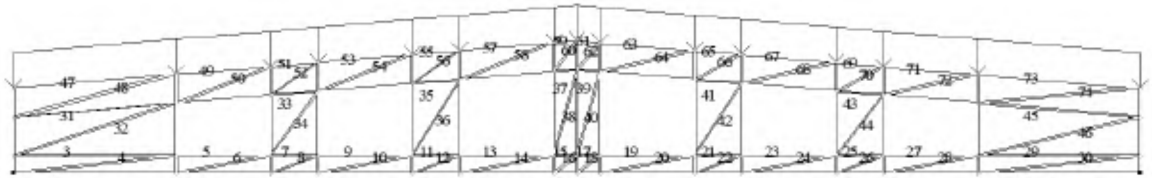


Рисунок 4.3 - Розрахункова схема балки при її моделюванні трикутними пластинчастими скінченими елементами.

В результаті розрахунку отримані деформовані схеми для двох типів розрахункових схем. Величини прогинів по довжині балки наведені на графіку (рисунок 4.4).

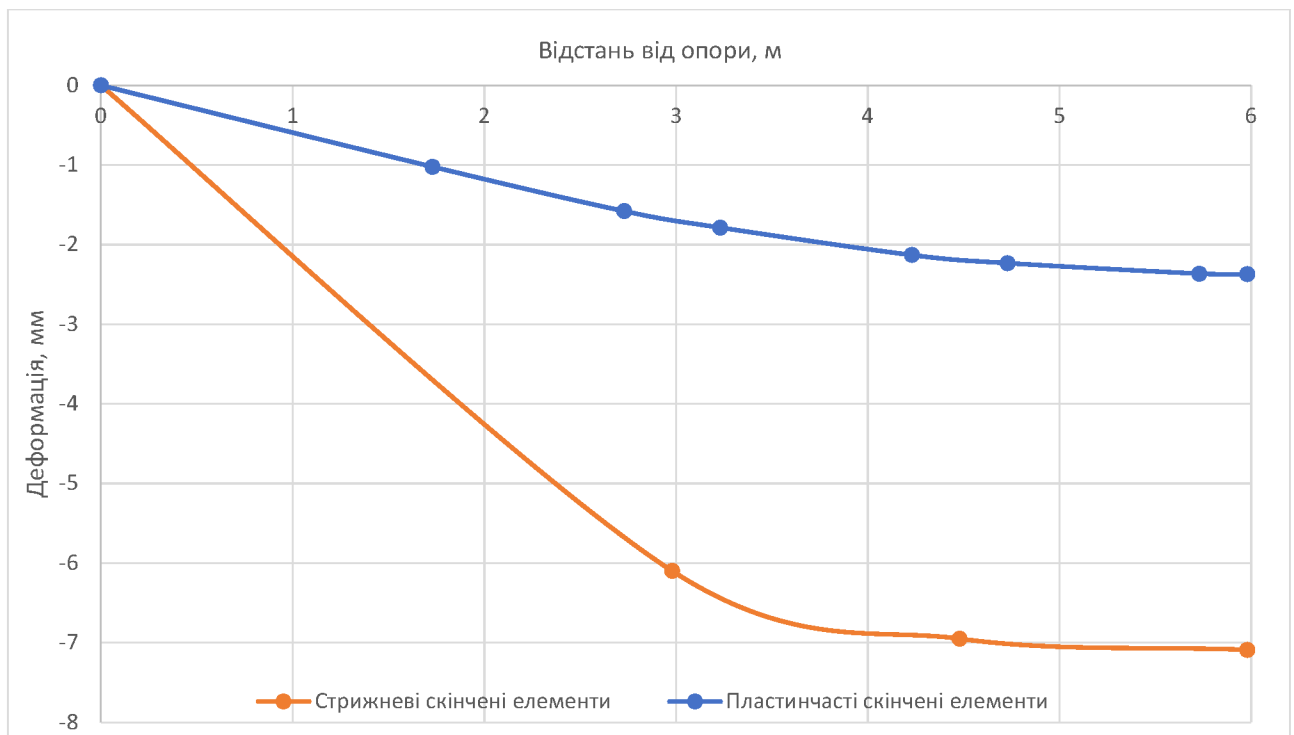


Рисунок 4.4 - Графік порівняння деформацій при різних розрахункових схемах для двохсхилої тратчастої балки.

Отже, із наведеного на Рисунокграфіку видно, що деформації при різних видах розрахункових схем значно відрізняються одна від одної, тобто одна із наведених розрахункових схем не відповідає дійсній роботі конструкції. Із наведених в серії деформацій можна зробити висновок, що більш близькою до реальної роботи конструкції є розрахункова схема з пластинчастими

трикутними елементами. Це також можна пояснити тим, що по-перше крайній вертикальний стержень розташовується не по осі елемента, який він моделює, а по-друге пластинчасті елементи дозволяють також врахувати пружні деформації матеріалу конструкції.

Тепер можна підібрати стержень такої жорсткості, щоб деформація стержня відповідала деформації балки.

Щоб жорсткість елемента на згин прив'язати до двосхилої гратчастої балки, прийmemo для порівняння жорсткості поперечного перерізу в місцях розташування отворів в ній, а також над опорою і в середині прольоту, умовно прийнявши, що і в цих місцях налічуються отвори, і порівняємо її деформації з деформаціями, прийнятими в якості еквівалентних. Перерізи в місці розташування кожного отвору зазначені на рисунку 4.5.

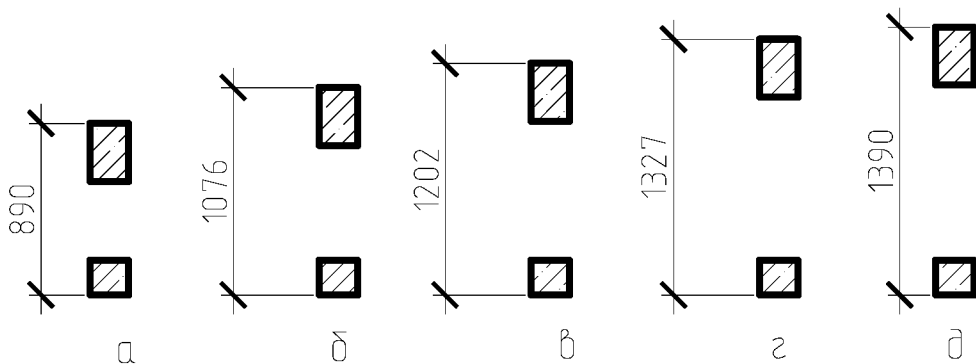


Рисунок 4.5 - Поперечні перерізи в місцях розташування отворів в двосхилій гратчастій балці.

a – I отвір; *б* – II отвір; *в* – III отвір; *г* – IV отвір; *д* – середина прольоту

Площа перерізів в усіх трьох місцях буде однаковою і складатиме $A = 300 \cdot 200 + 180 \cdot 200 = 96000 \text{ мм}^2$. Для визначення моменту інерції перерізу необхідно визначення статичного моменту перерізу. Статичний момент перерізу визначаємо відносно нижньої грані перерізу.

$$S_1 = 180 \cdot 200 \cdot \frac{180}{2} + 300 \cdot 200 \cdot \left(890 - \frac{300}{2}\right) = 47640000 \text{ мм}^3$$

$$S_2 = 180 \cdot 200 \cdot \frac{180}{2} + 300 \cdot 200 \cdot \left(1076 - \frac{300}{2}\right) = 58800000 \text{ мм}^3$$

$$S_3 = 180 \cdot 200 \cdot \frac{180}{2} + 300 \cdot 200 \cdot \left(1202 - \frac{300}{2}\right) = 66360000 \text{ мм}^3$$

$$S_4 = 180 \cdot 200 \cdot \frac{180}{2} + 300 \cdot 200 \cdot \left(1327 - \frac{300}{2}\right) = 73860000 \text{ мм}^3$$

$$S_5 = 180 \cdot 200 \cdot \frac{180}{2} + 300 \cdot 200 \cdot \left(1390 - \frac{300}{2}\right) = 77640000 \text{ мм}^3$$

Положення нейтральної осі для кожного перерізу визначаємо із відношення статичного моменту перерізу і його площі.

$$y_1 = \frac{S_1}{A} = \frac{47640000}{96000} = 496,3 \text{ мм}$$

$$y_2 = \frac{S_1}{A} = \frac{58800000}{96000} = 612,5 \text{ мм}$$

$$y_3 = \frac{S_2}{A} = \frac{66360000}{96000} = 691,3 \text{ мм}$$

$$y_4 = \frac{S_3}{A} = \frac{73860000}{96000} = 769,4 \text{ мм}$$

$$y_5 = \frac{S_3}{A} = \frac{77640000}{96000} = 808,8 \text{ мм}$$

Момент інерції відносно нейтральної осі для кожного перерізу:

$$I_1 = \frac{200 \cdot 180^3}{12} + 200 \cdot 180 \cdot \left(496,3 - \frac{180}{2}\right)^2 + \frac{200 \cdot 300^3}{12} + 200 \cdot 300 \cdot \left(890 - 496,3 - \frac{300}{2}\right)^2 = 10,05 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

$$I_2 = \frac{200 \cdot 180^3}{12} + 200 \cdot 180 \cdot \left(612,5 - \frac{180}{2}\right)^2 + \frac{200 \cdot 300^3}{12} + 200 \cdot 300 \cdot \left(1076 - 612,5 - \frac{300}{2}\right)^2 = 16,27 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

$$I_3 = \frac{200 \cdot 180^3}{12} + 200 \cdot 180 \cdot \left(691,3 - \frac{180}{2}\right)^2 + \frac{200 \cdot 300^3}{12} + 200 \cdot 300 \cdot \left(1202 - 691,3 - \frac{300}{2}\right)^2 = 21,37 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

$$I_4 = \frac{200 \cdot 180^3}{12} + 200 \cdot 180 \cdot \left(769,4 - \frac{180}{2}\right)^2 + \frac{200 \cdot 300^3}{12} + 200 \cdot 300 \cdot \left(1327 - 769,4 - \frac{300}{2}\right)^2 = 27,13 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

$$I_5 = \frac{200 \cdot 180^3}{12} + 200 \cdot 180 \cdot \left(808,8 - \frac{180}{2}\right)^2 + \frac{200 \cdot 300^3}{12} + 200 \cdot 300 \cdot \left(1390 - 808,8 - \frac{300}{2}\right)^2 = 30,30 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

За отриманою жорсткістю виконаємо розрахунок шарнірно обпертої балки і отримаємо її деформації. Результати розрахунків порівняємо з деформаціями, отриманими для еталонної розрахункової схеми.

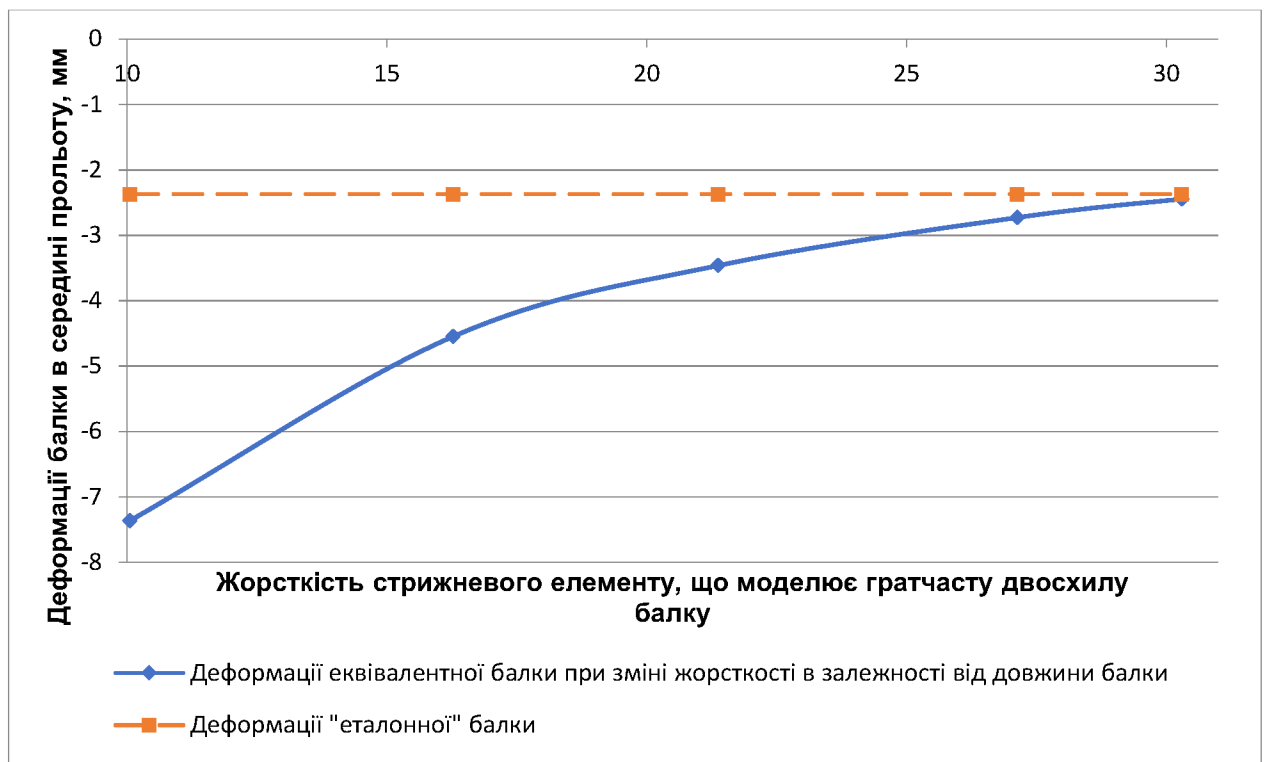


Рисунок 4.6 - Діаграма зміни деформацій при зміні жорсткості елемента, що моделює двосхилу гратчасту балку.

Тобто із отриманих результатів видно, що саме жорсткість гратчастої двосхилої балки в середині прольоту описує роботу елемента близько до роботи самої балки.

РОЗДІЛ 5. ВИСНОВКИ

На основі виконаного порівняння деформації стержня, що моделює в розрахунковій схемі двосхилу гратчасту балку, при різній його жорсткості з деформаціями розрахункової схеми гратчастої балки, що моделюється за допомогою трикутних скінчених елементів можна зробити висновок, що саме жорсткість стержня, що дорівнює жорсткості гратчастої балки в середині прольоту найбільш близько описує деформований стан самої балки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – К.: Издательство «Факт», 2005. – 344 с.
2. Сосис П.М. Статически неопределимые системы. -К.:Будівельник, 1968.
3. ГильманГ.Б. Расчет тонких упругих пологих оболочек с использованием стержневых аппроксимаций.//Сборник «Применение электронных математических машин в строительной механике», -К.: Наукова думка, 1968.
4. Городецкий А.С. К расчету тонкостенных железобетонных конструкций в неупругой стадии.//Сборник трудов НИИСК «Строительные конструкции». -К.:Будівельник, 1965. -№3.
5. Городецкий А.С., Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Интеллектуальная программная система - прогноз новых возможностей.//Системы автоматизированного проектирования объектов строительства. -К.: Будівельник, 1989.-С.43-56.
6. Городецкий Д.А. Интеллектуальная программная система для автоматизированного проектирования конструкций из монолитного железобетона. -К.: «Будівництво України», 1997. -№4. -С: 37-41.
7. Zhenhai Guo, Xudong Shi. Experiment and Calculation of Reinforced Concrete at Elevated Temperatures, Butterworth-Heinemann, 2011,
8. Stiffness Equivalent Finite Element Modelling of a Physical Assembly by Structural Optimization Method / Engin Metin Kaplan, Kamuran Kamil Yeşilkaya and Kemal Yaman / MATEC Web of Conferences, 45 (2016) 02005. DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/20164502005>

ДОДАТОК А
ПУБЛІКАЦІЯ В ПЕРІОДИЧНИХ ВИДАННЯХ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ
ТА АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНОЇ
МІЖНАРОДНОМУ ДНЮ СТУДЕНТА

(13 - 17 листопада 2023 р., м. Суми)

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ДВОСХИЛОЇ ҐРАТЧАСТОЇ БАЛКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ЇЇ СТРИЖНЕВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В СКЛАДІ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ

Воловик В.М., студ. 2 курсу ОС «Магістр», ФБТ
Савченко О.С., к.т.н., доцент
Сумський НАУ

Зараз, коли сучасні комп'ютери, операційні системи і спеціалізовані програмні комплекси надає користувачам практично необмежені можливості розрахунку і проектування конструкцій, спостерігаються тенденції не тільки традиційно визначати напружено-деформований стан відповідне фіксованою розрахунковою схемою, а й здійснювати комп'ютерне моделювання процесів, пов'язаних з різними стадіями життєвого циклу споруди.

Моделювання конструкцій і будівель дозволяють вирішувати більш складні задачі (в порівнянні з можливостями розрахункових схем). Ці задачі моделюють не просто результат впливу на будівлю чи її елемент, а сам процес цього впливу:

- процес навантаження;
- процес зведення;
- процеси «приспосовності».

Безумовно, можна говорити про те, що основні зусилля розробників в найближчому майбутньому будуть спрямовані на інтелектуалізацію програмних комплексів. Характерним прикладом в цьому відношенні є програмний комплекс «МОНОМАХ», орієнтований на вирішення завдань розрахунку і проектування конструкцій висотних будівель. Він володіє багатьма ознаками інтелектуальних систем: мова, якою ви спілкуєтесь з комп'ютером досить природня, користувач оперує з такими поняттями як колона, ригель, плита перекриття, отвір в плиті або в стіні і т.п. Принципи завдання навантажень гранично спрощені і також природні – навантаження по всій області, за довільним полігоном і т.п. Для вітрових і сейсмічних впливів досить задати тільки напрямок впливу і район будівництва. Комплекс має експертну систему, яка в процесі розрахунку повідомляє користувачеві про некоректні прийоми рішень – недостатній переріз елемента, переармування і т.п.

Розчленування системи на скінчені елементи дає можливість використовувати розгляд окремих скінчених елементів не тільки для побудови розв'язувальної системи, тобто для практичного вирішення завдання, але й для теоретичних досліджень базисних функцій, абстрагуючись при цьому від геометрії області, що розглядається, граничних умов, навантаження. Це обумовлює введення поняття «тип скінченого елемента», який характеризується набором вузлових невідомих, видом базисних функцій, геометрією області Ω_r , класом вирішуваних завдань (видом оператора A), для яких він призначений. Базисні функції на r скінченому елементі можуть бути введені в явному або неявному вигляді.

Побудова скінчено-елементної моделі, також, як і будь-який розрахункової схеми, починається з ідеалізації конструкції. Цей етап настільки звичайний і природний для інженера, що, як правило, він виконується підсвідомо, хоча корисно іноді осмислити дії, що виконуються. Основними етапами ідеалізації є:

- Ідеалізація геометрії
- Ідеалізація навантаження
- Моделювання властивостей матеріалу
- Ідеалізація окремих конструктивних рішень
- Вибір типів скінчених елементів і побудова скінчено-елементної сітки.
- Сполучення різних типів кінцевих елементів.

При проектуванні поперечної рами, де в якості горизонтальної несучої конструкції використовується двохсхила ґратчаста балка, виникає питання вибору скінчених елементів, якими можна її моделювати.

Порівняльний аналіз проводимо для двох розрахункових схем:

- при моделюванні балки стержневими скінченими елементами (Рисунок 1)
- при моделюванні балки пластинчастими скінченими елементами (Рисунок 2)



Рисунок 1 - Розрахункова схема балки при її моделюванні стержневими скінченими елементами



Рисунок 2 - Розрахункова схема балки при її моделюванні трикутними пластинчастими скінченими елементами

Якименко Є.В., Луговський І.В., Шевель І.В., Бондаренко Р.В. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ БУРОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ В УМОВАХ ТДВ «ПЛЕМЗАВОД «МИХАЙЛІВКА» ТА ТДВ «МАЯК» ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ УТРИМАННЯ.....	40
Панасюк С.О., Гончар В.І. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЛУЖБОВИХ СОБАК.....	41
Бучма К. ГЕНОТИПОВА І ФЕНОТИПОВА ОЦІНКА ВИМЕНІ, ЯК СКЛАДОВА СЕЛЕКЦІЇ.....	42
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ	
Башкір Д.Д., Бородай Д.С. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ПРИЙОМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ.....	43
Безбабний Д. С., Андрух С.Л. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ОЗДОБЛЕННІ ПРИМІЩЕНЬ.....	44
Беліков А.Б., Андрух С.Л. ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ ЯК ЗАСІБ КОМФОРТУ В ПРИМІЩЕННІ.....	45
Білик Ю.В., Лампак В.М., Роговий С.І. ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	46
Білоус А.В., Андрух С.Л. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК ЗАСІБ ВИКОРИСТАННЯ ПАСИВНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДИНКУ.....	47
Бобошко В.С., Андрух С.Л. НАВІСНІ ФАСАДНІ СИСТЕМИ, ЯК ЗАСІБ ЇХ УТЕПЛЕННЯ.....	48
Бурдига А.О., Роговий С.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОМІЦНИХ МІЛКОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ ІЗ ПОЛІПШЕННЯМ ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ.....	49
Ванін С.О., Андрух С.Л. ПІДРОІЗОЛЯЦІЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ СТІН ВІД РУЙНУВАННЯ.....	50
Волков Д.Г., Бородай Д.С. ОСОБЛИВОСТІ І ПРИЙОМИ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОТНИХ ОДНОСЕКЦІЙНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯМ НА ПРИКЛАДІ М. КИЇВ.....	51
Воловик В.М., Савченко О.С. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ДВОСХИЛОЇ ҐРАТЧАСТОЇ БАЛКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ЇЇ СТРИЖНЕВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В СКЛАДІ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	52
Гвоздецький В.О., Срібняк Н.М., Галушка С.А. МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ.....	53
Глівенко С.В., Циганенко Л.А. ПІДХОДИ ДО ВІДБОРУ ПРОЕКТІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ УКРИТТІВ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ.....	54
Голоміна О.Є., Саржанов О. А. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОЇ НАВИГАЦІЇ ПРИ УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ В КП «ЕЛЕКТРОАВТОТРАНС».....	55
Голоміна О.Є., Саржанов О. А. ІНТЕГРОВАНІЙ НАВИГАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ.....	56
Горощенко Ю.В., Резніченко Є.А., Луцковський В.М. ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛОН КАРКАСУ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ВИСОТИ БУДІВЛІ.....	57
Гостев О. ВАДИ ТА НЕДОЛІКИ ПІНОСКЛА ЯК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ.....	58
Гребенюк М.М., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВИСОТИ СТРУКТУРНОЇ ПЛИТИ.....	59
Гулий О.В., Загорулько І.Ю., Луцковський В.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ФЕРМ ПОКРИТТЯ ПРИ ЗМІНІ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ.....	60
Даниленко О.І., Андрух С.Л. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	61
Демченко Л.А., Бородай Д.С. ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ЦЕНТРІВ НАДАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ.....	62
Дехтяр М.О., Савченко Л.Г. ОПТИМІЗАЦІЯ СТАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ГНУТОКЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ РАМ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ЄВРОКОД.....	63
Дзюбан А., Циганенко Л.А. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПРИ ВГЛИВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	64
Дорошенко В.О., Волошко Т.П. ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРАХ І СКЛАДАХ.....	65
Дорошенко В.О., Волошко Т.П. ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ.....	66
Дулич А.О., Савченко Л.Г. ВПЛИВУ РІЗНИЦІ КЛАСУ БЕТОНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ЇХ ГОРИЗОНТАЛЬНУ ДЕФОРМАТИВНІСТЬ І ПРОСТОРОВУ ЖОРСТКІСТЬ.....	67
Дьомін Е.В., Саржанов О.А. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ.....	68
Дьомін Е.В., Саржанов О.А. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ.....	69
Єпіфанова О.А., Бородай А.С. РОБОТИЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ В СФЕРІ АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА: ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ.....	70
Жаріков Є.С., Волошко Т.П. ЗНАЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В МІСЬКІЙ ЛОГІСТИЦІ.....	71

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ
ТА АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНОЇ
МІЖНАРОДНОМУ ДНЮ СТУДЕНТА**

(13 - 17 листопада 2023 р., м. Суми)

Якименко Є.В., Луговський І.В., Шевель І.В., Бондаренко Р.В. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ БУРОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ В УМОВАХ ТДВ «ПЛЕМЗАВОД «МИХАЙЛІВКА» ТА ТДВ «МАЯК» ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ УТРИМАННЯ.....	40
Панасюк С.О., Гончар В.І. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЛУЖБОВИХ СОБАК.....	41
Бучма К. ГЕНОТИПОВА І ФЕНОТИПОВА ОЦІНКА ВИМЕНІ, ЯК СКЛАДОВА СЕЛЕКЦІЇ.....	42

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ

Башкір Д.Д., Бородай Д.С. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ПРИЙОМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ.....	43
Безбабний Д. С., Андрух С.Л. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ОЗДОБЛЕННІ ПРИМІЩЕНЬ.....	44
Беліков А.Б., Андрух С.Л. ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ ЯК ЗАСІБ КОМФОРТУ В ПРИМІЩЕННІ.....	45
Білик Ю.В., Лампак В.М., Роговий С.І. ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	46
Білоус А.В., Андрух С.Л. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК ЗАСІБ ВИКОРИСТАННЯ ПАСИВНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДИНКУ.....	47
Бобошко В.С., Андрух С.Л. НАВІСНІ ФАСАДНІ СИСТЕМИ, ЯК ЗАСІБ ЇХ УТЕПЛЕННЯ.....	48
Бурдига А.О., Роговий С.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОМІЦНИХ МІЛКОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ ІЗ ПОЛІПШЕННЯМ ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ.....	49
Ванін С.О., Андрух С.Л. ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ СТІН ВІД РУЙНУВАННЯ.....	50
Волков Д.Г., Бородай Д.С. ОСОБЛИВОСТІ І ПРИЙОМИ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОТНИХ ОДНОСЕКЦІЙНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯМ НА ПРИКЛАДІ М. КИЇВ.....	51
Воловик В.М., Савченко О.С. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ДВОСХИЛОЇ ҐРАТЧАСТОЇ БАЛКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ЇЇ СТРИЖНЕВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В СКЛАДИ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	52
Гвоздецький В.О., Срібняк Н.М., Галушка С.А. МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ.....	53
Глівенко С.В., Циганенко Л.А. ПІДХОДИ ДО ВІДБОРУ ПРОЕКТІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ УКРИТТІВ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ.....	54
Голоміна О.Є., Саржанов О. А. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ ПРИ УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ В КП «ЕЛЕКТРОАВТОТРАНС».....	55
Голоміна О.Є., Саржанов О. А. ІНТЕГРОВАНІЙ НАВІГАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ.....	56
Горощенко Ю.В., Резніченко Є.А., Луцковський В.М. ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛОН КАРКАСУ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ВИСОТИ БУДІВЛІ.....	57
Гостев О. ВАДИ ТА НЕДОЛІКИ ПІНОСКЛА ЯК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ.....	58
Гребенюк М.М., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВИСОТИ СТРУКТУРНОЇ ПЛИТИ.....	59
Гулий О.В., Загорулька І.Ю., Луцковський В.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ФЕРМ ПОКРИТТЯ ПРИ ЗМІНІ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ.....	60
Даниленко О.І., Андрух С.Л. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	61
Демченко Л.А., Бородай Д.С. ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ЦЕНТРІВ НАДАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ.....	62
Дехтяр М.О., Савченко Л.Г. ОПТИМІЗАЦІЯ СТАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ГНУТОКЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ РАМ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ЄВРОКОД.....	63
Дзюбан А., Циганенко Л.А. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПРИ ВПЛИВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	64
Дорошенко В.О., Волошко Т.П. ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРАХ І СКЛАДАХ.....	65
Дорошенко В.О., Волошко Т.П. ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ.....	66
Дулич А.О., Савченко Л.Г. ВПЛИВУ РІЗНИЦІ КЛАСУ БЕТОНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ЇХ ГОРИЗОНТАЛЬНУ ДЕФОРМАТИВНІСТЬ І ПРОСТОРОВУ ЖОРСТКІСТЬ.....	67
Дьомін Е.В., Саржанов О.А. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ.....	68
Дьомін Е.В., Саржанов О.А. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ.....	69
Єпіфанова О.А., Бородай А.С. РОБОТИЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ В СФЕРІ АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА: ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ.....	70
Жаріков Е.С., Волошко Т.П. ЗНАЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В МІСЬКІЙ ЛОГІСТИЦІ.....	71

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ДВОСХИЛОЇ ҐРАТЧАСТОЇ БАЛКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ЇЇ СТРИЖНЕВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В СКЛАДІ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ

Воловик В.М., студ. 2 курсу ОС «Магістр», ФБТ
Савченко О.С., к.т.н., доцент
Сумський НАУ

Зараз, коли сучасні комп'ютери, операційні системи і спеціалізовані програмні комплекси надає користувачам практично необмежені можливості розрахунку і проектування конструкцій, спостерігаються тенденції не тільки традиційно визначати напружено-деформований стан відповідне фіксованою розрахунковій схемі, а й здійснювати комп'ютерне моделювання процесів, пов'язаних з різними стадіями життєвого циклу споруди.

Моделювання конструкцій і будівель дозволяють вирішувати більш складні задачі (в порівнянні з можливостями розрахункових схем). Ці задачі моделюють не просто результат впливу на будівлю чи її елемент, а сам процес цього впливу:

- процес навантаження;
- процес зведення;
- процеси «приспосовності».

Безумовно, можна говорити про те, що основні зусилля розробників в найближчому майбутньому будуть спрямовані на інтелектуалізацію програмних комплексів. Характерним прикладом в цьому відношенні є програмний комплекс «МОНОМАХ», орієнтований на вирішення завдань розрахунку і проектування конструкцій висотних будівель. Він володіє багатьма ознаками інтелектуальних систем: мова, якою ви спілкуєтесь з комп'ютером досить природня, користувач оперує з такими поняттями як колона, ригель, плита перекриття, отвір в плиті або в стіні і т.п. Принципи завдання навантажень гранично спрощені і також природні – навантаження по всій області, за довільним полігоном і т.п. Для вітрових і сейсмічних впливів досить задати тільки напрямку впливу і район будівництва. Комплекс має експертну систему, яка в процесі розрахунку повідомляє користувачеві про некоректні прийоми рішень – недостатній переріз елемента, переармування і т.п.

Розчленування системи на скінчені елементи дає можливість використовувати розгляд окремих скінчених елементів не тільки для побудови розв'язувальної системи, тобто для практичного вирішення завдання, але й для теоретичних досліджень базисних функцій, абстрагуючись при цьому від геометрії області, що розглядається, граничних умов, навантаження. Це обумовлює введення поняття «тип скінченого елемента», який характеризується набором вузлових невідомих, видом базисних функцій, геометрією області Ω_r , класом вирішуваних завдань (видом оператора A), для яких він призначений. Базисні функції на r скінченому елементі можуть бути введені в явному або неявному вигляді.

Побудова скінчено-елементної моделі, також, як і будь-який розрахункової схеми, починається з ідеалізації конструкції. Цей етап настільки звичний і природний для інженера, що, як правило, він виконується підсвідомо, хоча корисно іноді осмислити дії, що виконуються. Основними етапами ідеалізації є:

- Ідеалізація геометрії
- Ідеалізація навантаження
- Моделювання властивостей матеріалу
- Ідеалізація окремих конструктивних рішень
- Вибір типів скінчених елементів і побудова скінчено-елементної сітки.
- Сполучення різних типів кінцевих елементів.

При проектуванні поперечної рами, де в якості горизонтальної несучої конструкції використовується двохсхила ґратчаста балка, виникає питання вибору скінчених елементів, якими можна її моделювати.

Порівняльний аналіз проводимо для двох розрахункових схем:

- при моделюванні балки стержневими скінченими елементами (Рисунок 1)
- при моделюванні балки пластинчастими скінченими елементами (Рисунок 2)



Рисунок 1 - Розрахункова схема балки при її моделюванні стержневими скінченими елементами



Рисунок 2 - Розрахункова схема балки при її моделюванні трикутними пластинчастими скінченими елементами

Реконструкція кислотоналивного цеху

Виконав: Воловик Володимир Миколайович

Керівник: к.т.н. доцент Савченко О.С.

Мета роботи – визначити жорсткість для моделювання гратчастої балки в розрахунковій схемі стрижневим скінченим елементом

Задачі дослідження.

Досягнути відповідності результатів розрахунків за методом скінчених елементів при моделюванні гратчастої залізобетонної балки різними скінченими елементами.

Об'єкт дослідження – залізобетонні гратчасті балки.

Предмет дослідження – деформований стан збірних залізобетонних гратчастих балок.

Методи дослідження – метод скінчених елементів (програмний комплекс «Лира-САПР»).



Наукову новизну складає:

Порівняльний аналіз деформованого стану для різних варіантів розрахункової схеми, що моделює залізобетонну гратчасту балку.

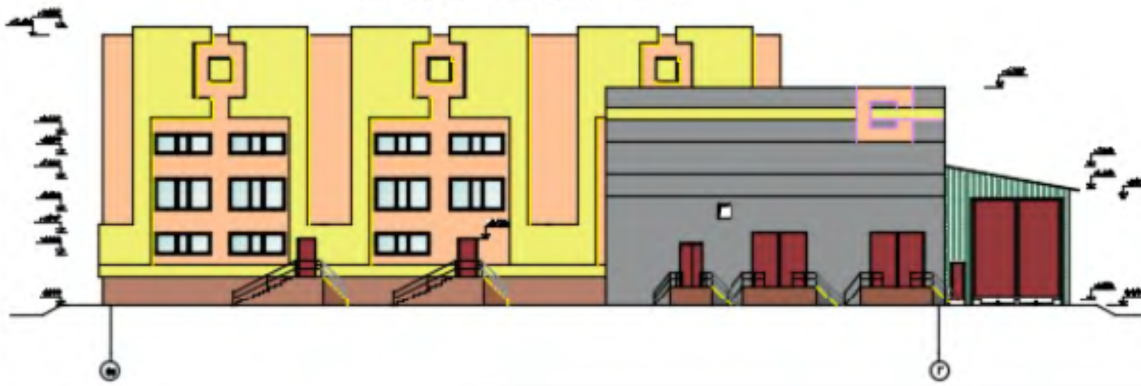
Практична значимість магістерської роботи полягає в тому, що отримані результати дослідження дозволяють зменшити трудомісткість робіт при виконанні розрахунків збірних залізобетонних гратчастих балок.

Апробація роботи

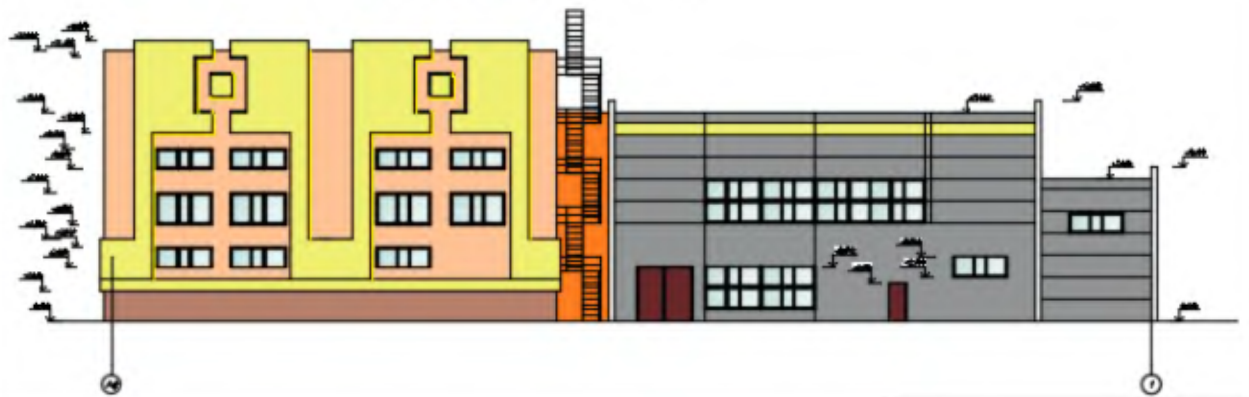
Основні результати роботи доповідалися на студентській конференції Сумського національного аграрного університету.



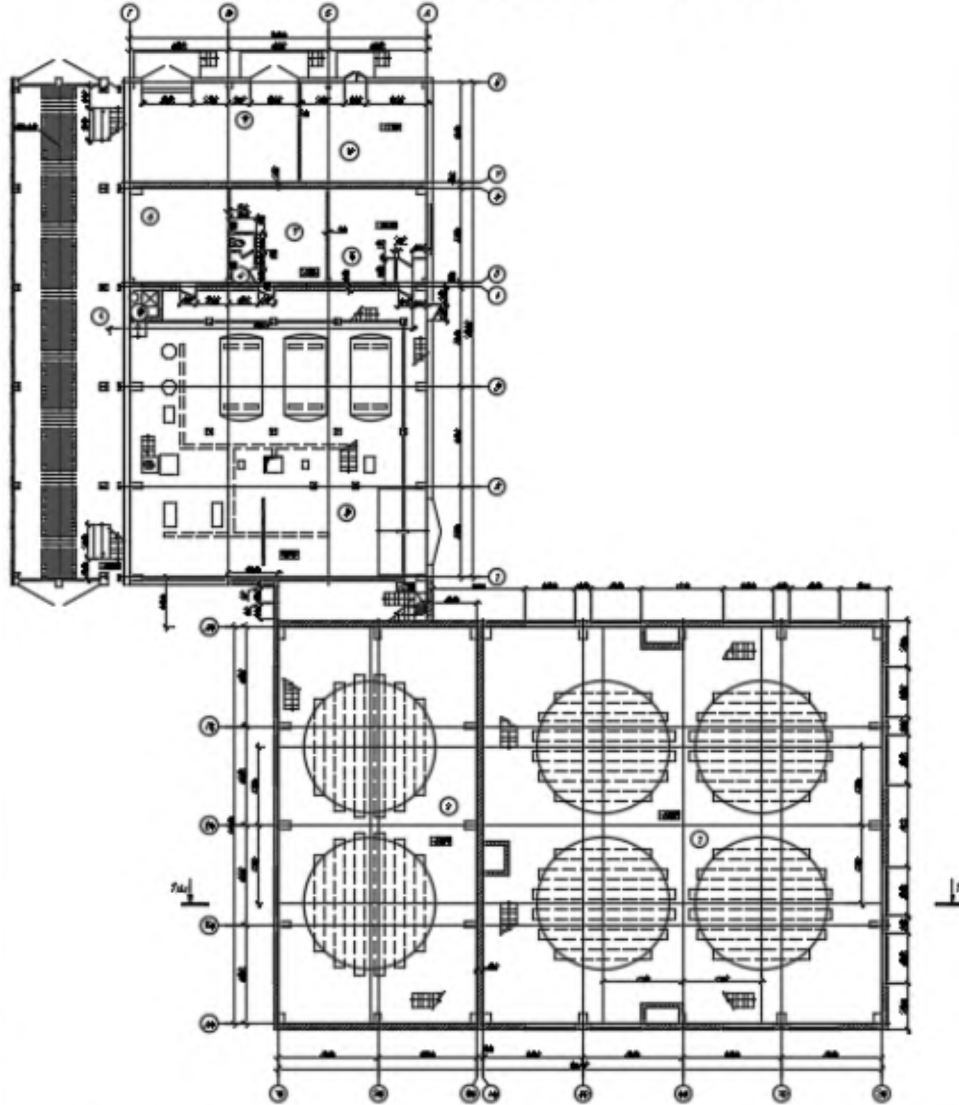
Фасад в осях вг-Г



Фасад в осях Ас-1



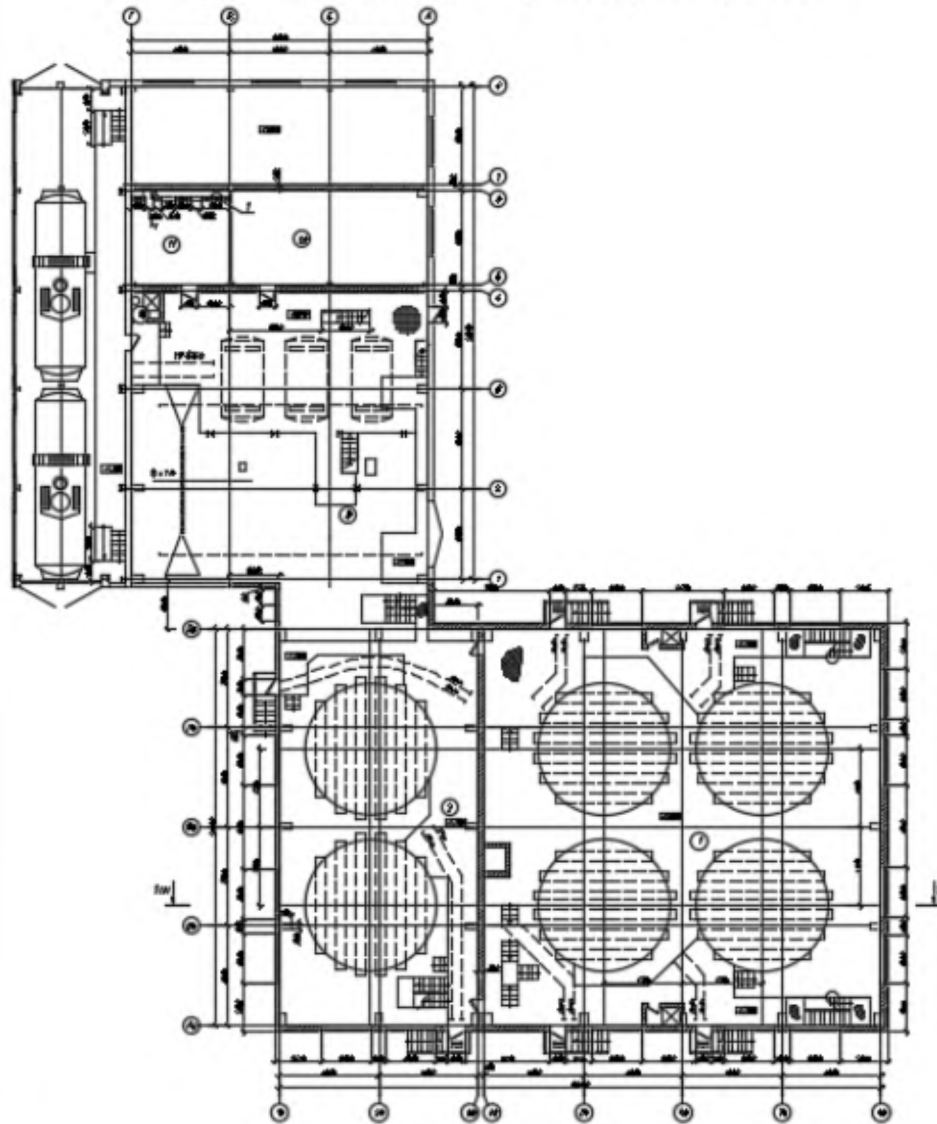
План на відм. 0,000; +0,500



Експлікація приміщень

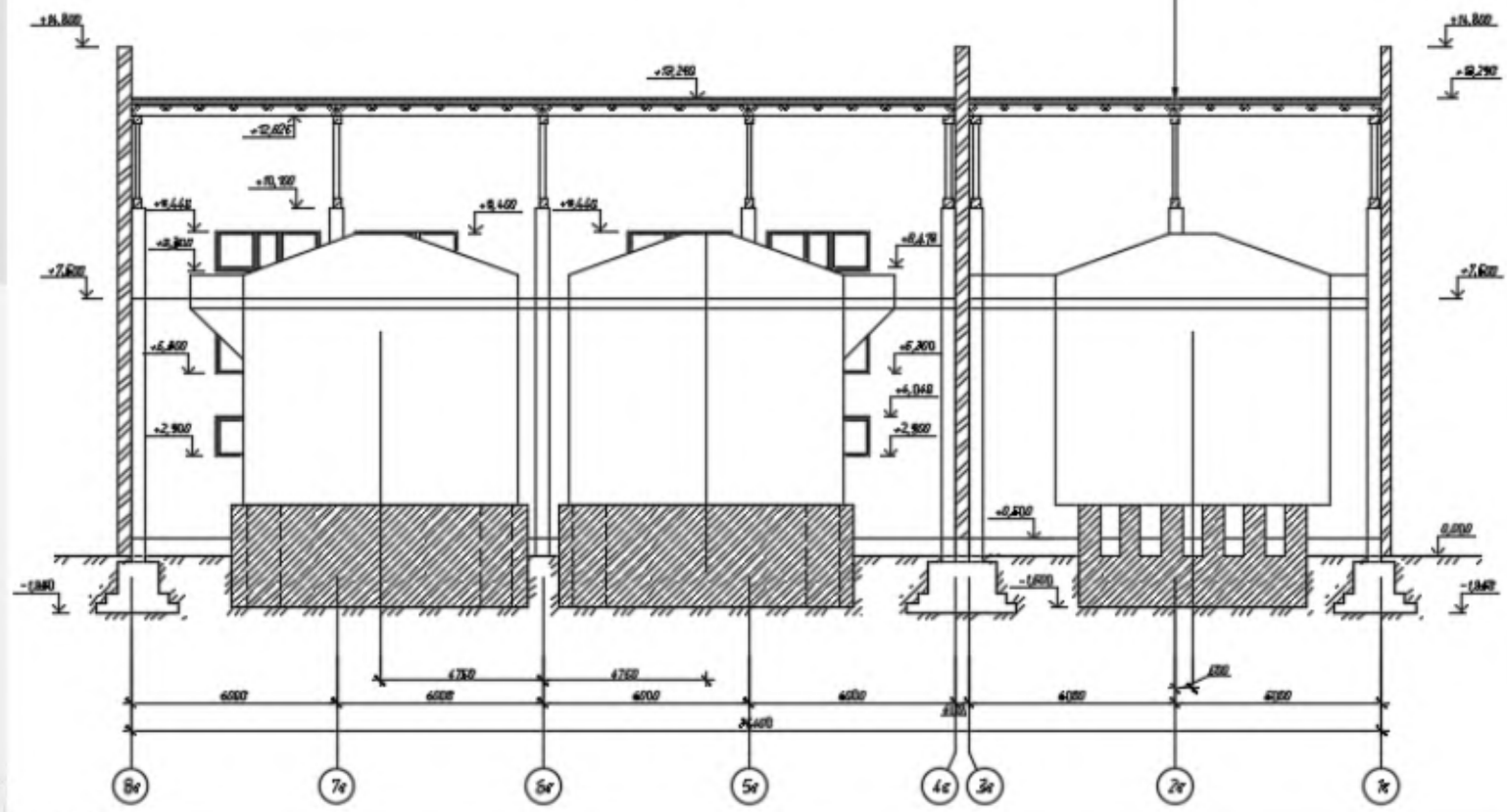
№ приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кол. приміщень
1	Склад тваринної органічної кислоти	3098,8	8
2	Склад 98-99% органічної кислоти	1468,4	8
3	Лавська	321,0	8
4	Вузол на лінії органічної кислоти	195,0	8
5	Приміщення КВП	33,8	1
6	Кінцева майстерня	34,8	
7	Кінцева відбійниця	32,0	
8	Сам. вузол	5,0	
9	Резервне приміщення	61,5	
10	ПП	45,8	1
11	Вантаж. майданчик	35,0	8
12	Резервне приміщення	70,0	
13	Фортанчик і два са. газодвигатели	30,0	

План на відм. +1,700; +3,300



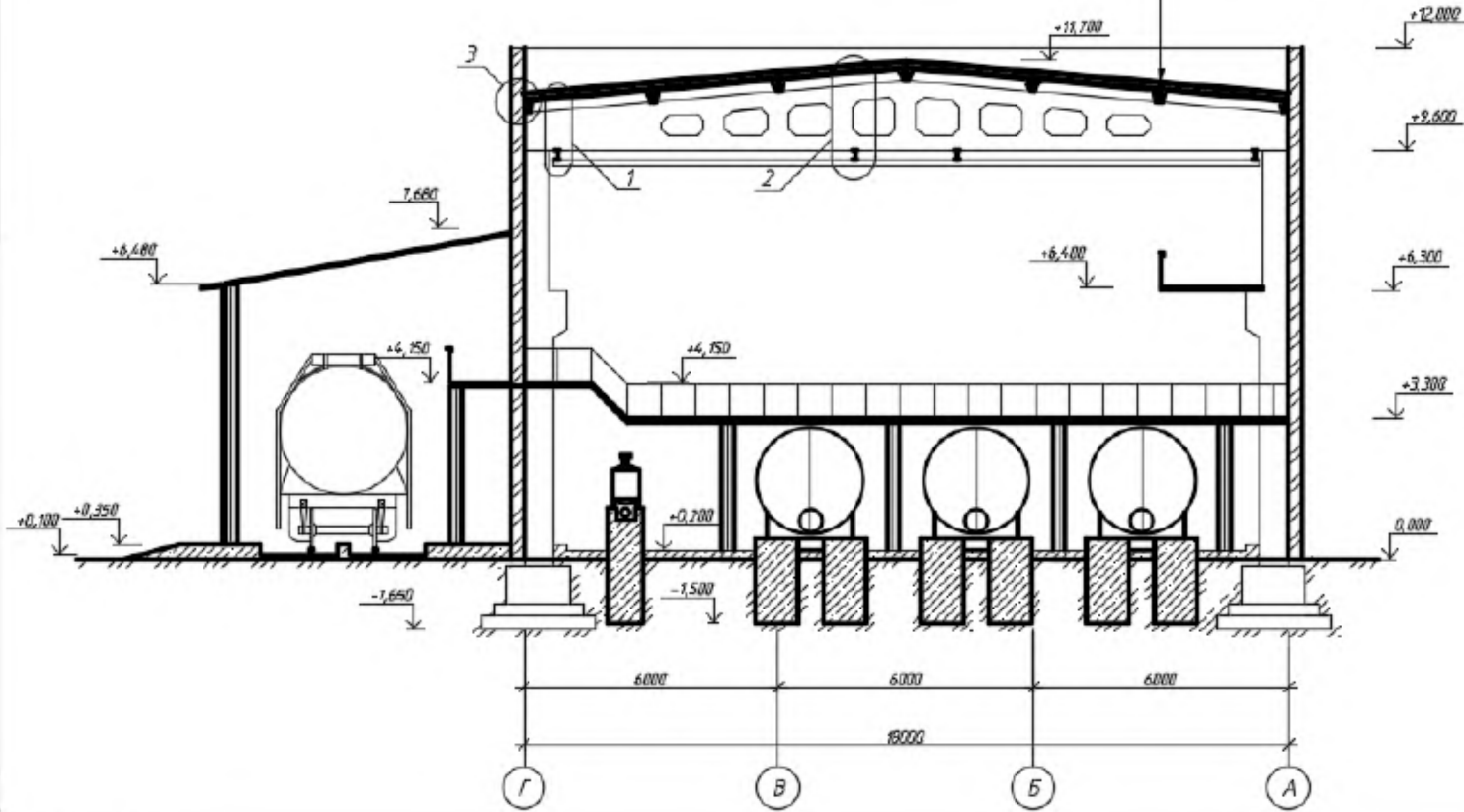
Розріз 1-1

Об'єкт: Житловий будинок, ДН 677774-001-001556-00
 Адреса: м. Київ, вулиця Мухоморова, ДН 677774-001-001556-00
 Розробник: Інститут "Укробудпроект", Київ, вулиця
 Гоголя, 15, ДП "Укробудпроект", ДН 677774-001-001556-00
 Проект: Житловий будинок, ДН 677774-001-001556-00
 Розробник: Інститут "Укробудпроект", Київ, вулиця



Розріз 2-2

Шар ЗПТ-3,0 Уніфлекс, ТУ 577774-001-17925162-99
Шар ЗПТ-4,5 Уніфлекс, ТУ 577774-001-17925162-99
Виробнича цементно-піщана стяжка П100, $\delta=25$ мм
Теплоізоляція керамзитовою ґрану $d=600$ кг/м³, $\delta=120$ мм
Паробар'єр ПАР-350А на мастичці
Виробнича цементно-піщана стяжка П100, $\delta=20$ мм



Метод скінчених елементів МСЕ розглядається в формі переміщень, тобто для випадків, коли шуканою роздільною функцією служить переміщення. Це викликано тим, що вибір розрахункової схеми для МСЕ в переміщеннях легко піддається алгоритмізації, а практичне використання МСЕ немислимо без застосування сучасних комп'ютерів.

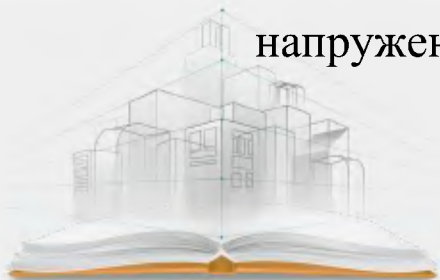
Рівняння рівноваги для задач лінійної теорії пружності записуються у вигляді:

$$Au = -B^T(DBu) + f = 0$$

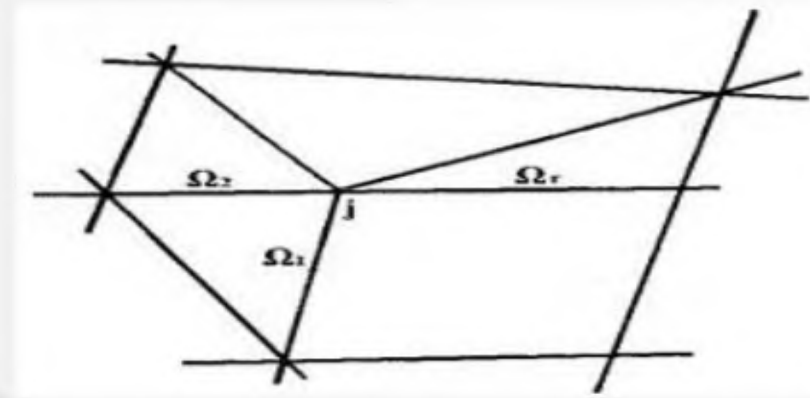
де B – матричний лінійний диференціальний оператор, за допомогою якого вектор деформацій $\varepsilon(u)$ виражається через вектор переміщень u ,
 $\varepsilon(u) = Bu$;

D – матриця пружності, що визначає лінійний зв'язок між векторами напружень σ і деформацій ε , $\sigma = D\varepsilon$ (закон Гука);

B^T – транспонована матриця.



Зірка скінчених елементів



Основна концепція МСЕ полягає в безпосередній дискретизації системи, яка розчленовується розрахункової сіткою на скінчені елементи. На отриманій дискретній моделі вводиться система кусочно-безперервних функцій $p/(x$, визначених на скінченому числі підобластей – зірках скінчених елементів (рис. 1), тобто:

$$\varphi_l(x) = \begin{cases} \varphi_{lj}(x) & x \in \Omega_j \\ 0 & x \notin \Omega_j \end{cases}$$



Шукана функція переміщень по області системи $u(x)$, $X \in \Omega$ наближено приймається у вигляді:

$$u_l(x) = \sum_{l=1}^L q_l \varphi_l(x)$$

де L - загальна кількість вузлових невідомих, яка в загальному випадку не дорівнює числу вузлів, так як в кожному вузлі може бути різне число невідомих.



Побудова скінчено-елементної моделі, також, як і будь-який розрахункової схеми, починається з ідеалізації конструкції. Цей етап настільки звичний і природний для інженера, що, як правило, він виконується підсвідомо, хоча корисно іноді осмислити дії, що виконуються.

Ось основні складові цього етапу:

Ідеалізація геометрії

Ідеалізація навантаження

Моделювання властивостей матеріалу

Ідеалізація окремих конструктивних рішень

Вибір типів скінчених елементів і побудова скінчено-елементної сітки.

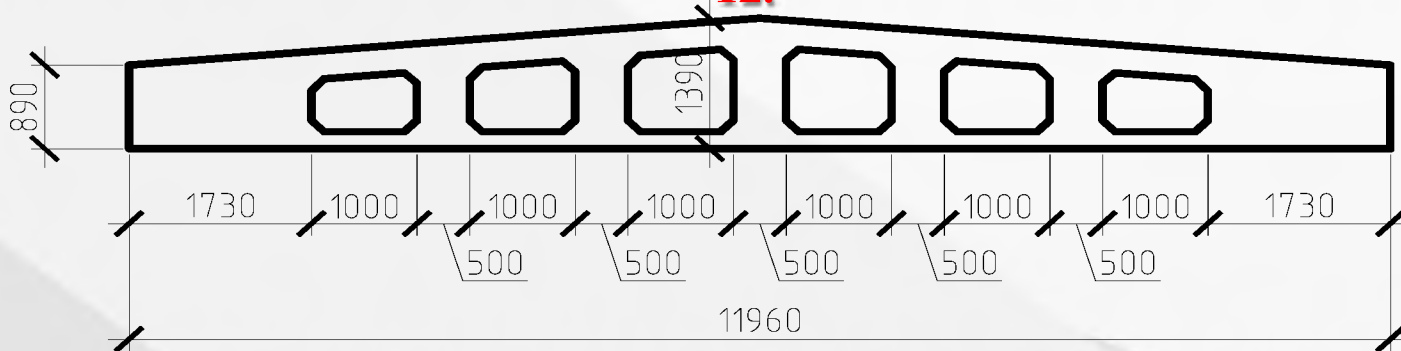
Сполучення різних типів скінчених елементів



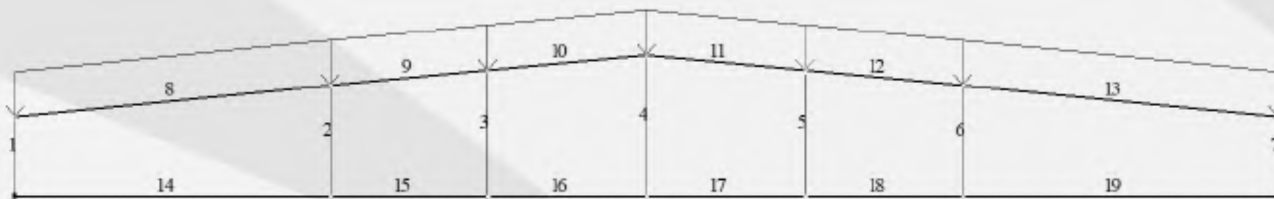
При розрахунку поперечної рами, горизонтальним елементом якої є двосхила балка, за методом скінчених елементів актуальним є питання визначення жорсткості елемента, що моделює роботу такої балки. Складність полягає в тому, що метод скінчених елементів не дозволяє задатися змінною по довжині елемента жорсткістю, що дозволило би з точністю підійти до розрахунку поперечних рам з двосхилою балкою покриття. Точність розрахунку за методом скінчених елементів залежить від кількості елементів, на які розбивається конструкція.



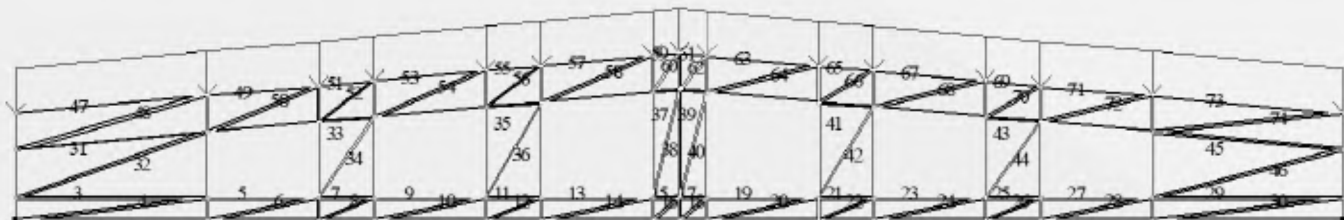
Загальний вигляд залізобетонної кроквяної ґратчастої балки 1 БДР 12.



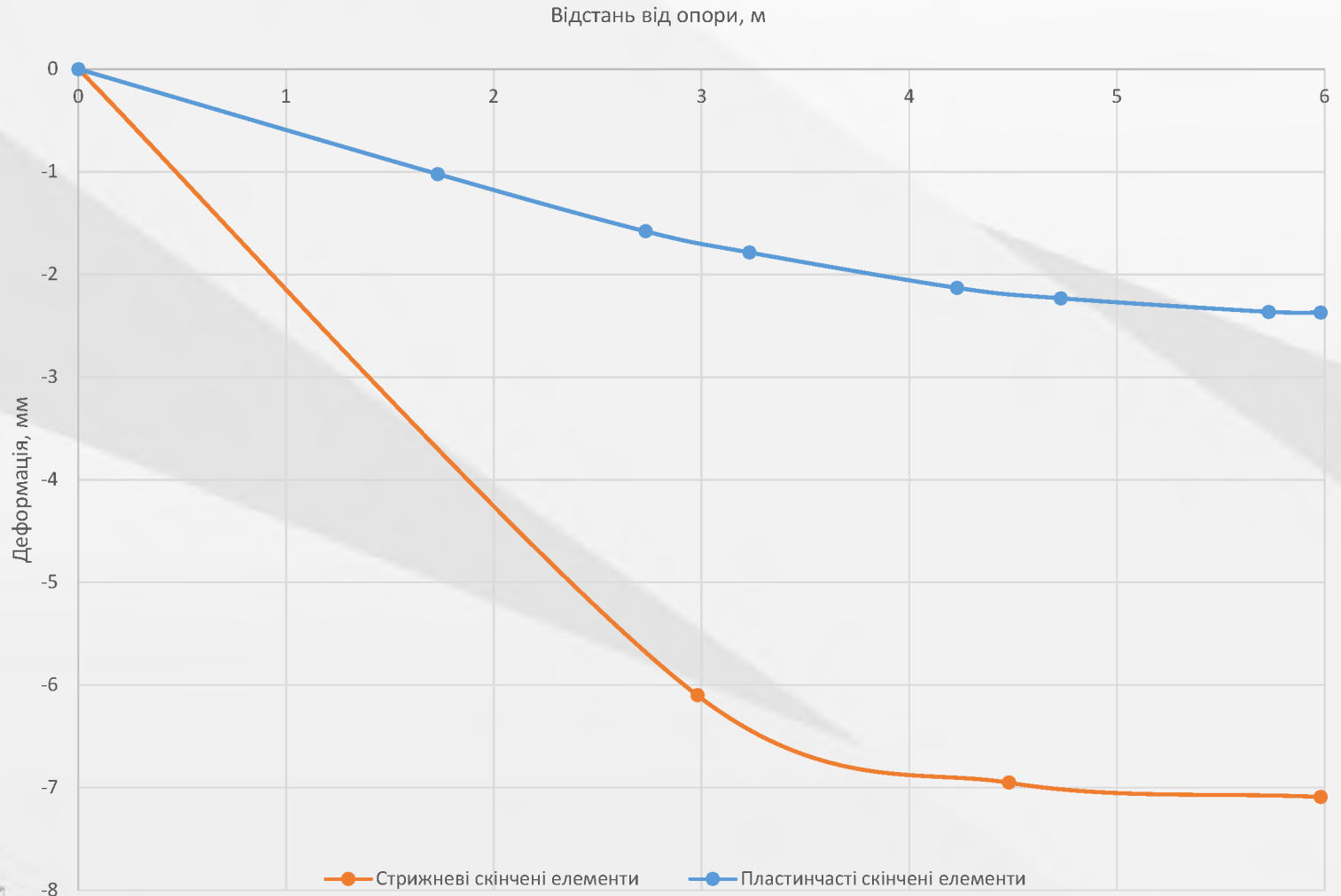
Розрахункова схема балки при її моделюванні стержневими скінченими елементами



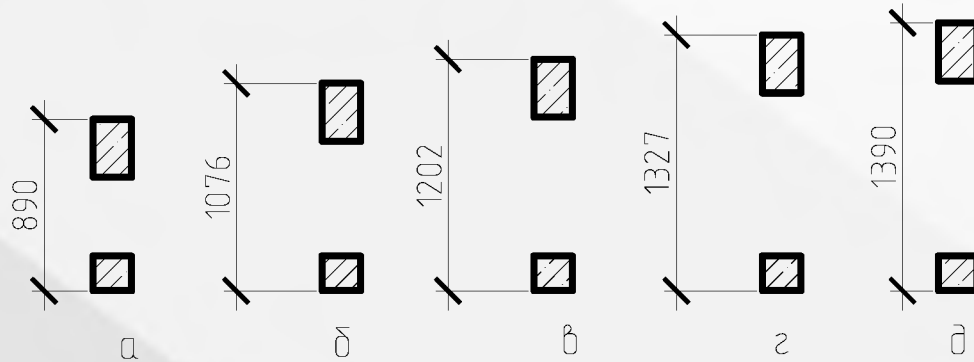
Розрахункова схема балки при її моделюванні трикутними пластинчастими скінченими елементами



Графік порівняння деформацій при різних розрахункових схемах для двосхилої гратчастої балки.



Поперечні перерізи в місцях розташування отворів в двосхилій гратчастій балці.

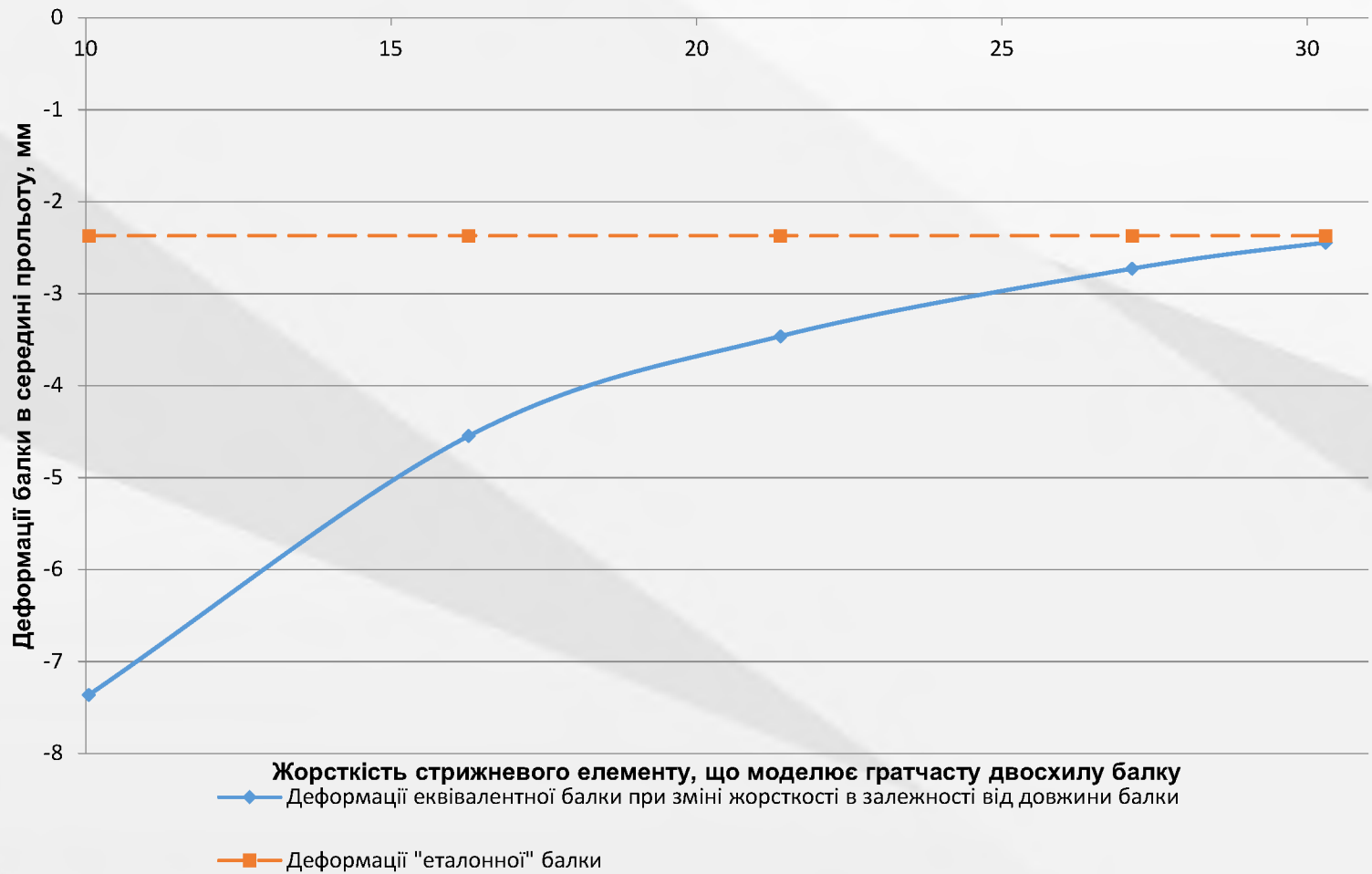


а – I отвір; б – II отвір; в – III отвір; г – IV отвір; д – середина прольоту

Геометрична характеристика	Номер перерізу				
	1	2	3	4	5
S	47640000 мм ³	58800000 мм ³	66360000 мм ³	73860000 мм ³	77640000 мм ³
y	496,3	612,5	691,3	769,4	808,8
I	$10,05 \cdot 10^9$ мм ⁴	$16,27 \cdot 10^9$ мм ⁴	$21,37 \cdot 10^9$ мм ⁴	$27,13 \cdot 10^9$ мм ⁴	$30,30 \cdot 10^9$ мм ⁴



Діаграма зміни деформацій при зміні жорсткості елемента, що моделює двосхилу ґратчасту балку.



Висновки

На основі виконаного порівняння деформації стержня, що моделює в розрахунковій схемі двосхилу гратчасту балку, при різній його жорсткості з деформаціями розрахункової схеми гратчастої балки, що моделюється за допомогою трикутних скінчених елементів можна зробити висновок, що саме жорсткість стержня, що дорівнює жорсткості гратчастої балки в середині прольоту найбільш близько описує деформований стан самої балки.



Доповідь закінчена

Дякую за увагу

