

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
12 вересня 2024 р., протокол № 05

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Прикладні програми в будівництві»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні кафедри
гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т.
27 серпня 2024 р., протокол № 08

Розробники:

к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. БАШИНСЬКИЙ Сергій
асистент кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. ПІСКУН Ігор
к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. БАЙДА Денис

Житомир
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 2

УДК 69.059.7

Методичні рекомендації для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Прикладні програми в будівництві» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво».

Укладачі – к.т.н., доц. БАШИНСЬКИЙ Сергій, асистент ПІСКУН Ігор, к.т.н., доц. БАЙДА Денис – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 40 с.

Рецензенти:

д.геол.н., проф. кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. ПІДВИСОЦЬКИЙ Віктор
к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії КОТЕНКО Володимир

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. – к.т.н. БАШИНСЬКИЙ Сергій

Методичні рекомендації розроблені для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання і містять детальні вказівки для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Прикладні програми в будівництві».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 3

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	5
Тема 1. Сучасний досвід застосування прикладних програм у будівництві	5
Тема 2. Знайомство з програмним комплексом «ЛІРА-САПР»	11
Тема 3. Створення розрахункової моделі, визначення переміщень і внутрішніх зусиль у однопрольотній балці засобами ПК «ЛІРА-САПР»	16
Тема 4. Створення розрахункової моделі плоскої ферми та визначення зусиль засобами ПК «ЛІРА-САПР»	20
Тема 5. Створення розрахункової моделі арки та визначення зусиль засобами ПК «ЛІРА-САПР»	24
Тема 6. Створення розрахункової моделі поперечної рами промислової будівлі, визначення зусиль та підбір перерізів засобами ПК «ЛІРА-САПР» ..	29
Тема 7. Створення розрахункової моделі нерозрізної балки (ригеля)	33
Тема 8. Створення розрахункової моделі монолітного перекриття та визначення максимального прогину плити від заданого навантаження з урахуванням власної ваги в ПК «ЛІРА-САПР»	35
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	39
ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ	40

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 4

ВСТУП

Розвиток сучасної будівельної галузі вимагає активного впровадження інноваційних технологій, що дозволяють оптимізувати проектування, будівництво та управління складними інженерними об'єктами. Використання прикладних програм у будівництві стає важливою складовою підготовки майбутніх фахівців, забезпечуючи їх необхідними знаннями та практичними навичками.

Метою навчальної дисципліни «Прикладні програми в будівництві» є формування у здобувачів вищої освіти компетентностей для ефективного застосування сучасного програмного забезпечення у проектуванні, аналізі та управлінні будівельними процесами. Основні завдання дисципліни включають ознайомлення з функціоналом таких програм, як AutoCAD, Revit, SAP2000, Robot Structural Analysis, SketchUp, Microsoft Project, Primavera P6, та навчання практичному використанню застосунку «Ліра-САПР» у професійній діяльності.

У запропонованих методичних рекомендаціях висвітлено сучасний досвід застосування прикладних програм у будівництві, наведено практичні завдання, спрямовані на закріплення теоретичних знань та розвиток навичок роботи з програмами. Особливу увагу приділено аналізу реальних кейсів, що демонструють переваги програмного забезпечення в управлінні складними будівельними проєктами. Крім того, представлено перспективи розвитку прикладних програм у контексті впровадження BIM-технологій, автоматизації та штучного інтелекту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 5

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема 1. Сучасний досвід застосування прикладних програм у будівництві

Мета роботи. Ознайомлення студентів із сучасними прикладними програмами, які застосовуються у будівельній галузі. Формування базових знань про принципи роботи програмного забезпечення для проектування, аналізу та управління будівельними проектами.

Сучасне будівництво характеризується високим ступенем інтеграції інноваційних технологій у всі етапи життєвого циклу будівельного об'єкта: від проектування до завершення будівництва та експлуатації. Використання прикладних програм забезпечує можливість значного підвищення продуктивності праці, зменшення кількості помилок у розрахунках та кресленнях, а також оптимізації витрат. Завдяки широкому спектру доступного програмного забезпечення, фахівці будівельної галузі можуть ефективно вирішувати різноманітні задачі, що включають проектування конструкцій, моделювання, аналіз даних, управління проектами тощо.

Прикладні програми у будівництві – це програмні комплекси, які використовуються для автоматизації проектних, розрахункових, аналітичних та управлінських процесів. Ці програми забезпечують високоточну обробку даних, зручний інтерфейс користувача та можливість взаємодії між різними спеціалістами у процесі створення будівельного об'єкта. Основними перевагами їх застосування є:

- підвищення ефективності проектування завдяки інтеграції BIM-технологій;
- зменшення часових витрат на виконання складних розрахунків;
- автоматизація створення креслень і 3D-моделей;
- оптимізація ресурсів через програмне управління проектами.

AutoCAD є однією з найпоширеніших CAD-програм для створення 2D-креслень та 3D-моделей. Його основні функціональні можливості включають: створення технічної документації (плани, розрізи, фасади); моделювання будівельних об'єктів; інтеграцію з іншими програмами через формат DWG. AutoCAD забезпечує високий рівень точності креслень і дає змогу виконувати редагування на будь-якому етапі розробки проекту.

Revit – це програмний комплекс, що підтримує технологію інформаційного моделювання будівель (BIM). Основні можливості: створення тривимірних моделей будівель з архітектурними, конструктивними та інженерними елементами; автоматичне оновлення креслень та таблиць при

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 6

внесенні змін до моделі; багатокористувацький доступ до спільного проекту. Застосування Revit дозволяє уникнути проектних помилок, пов'язаних із несумісністю конструкцій чи комунікацій.

Robot Structural Analysis та SAP2000 – ці програми забезпечують виконання складних розрахунків несучих конструкцій. Основні особливості: можливість моделювання різних матеріалів і типів навантажень; аналіз статичних і динамічних навантажень; підтримка експорту моделей у формати для інших програм. Robot Structural Analysis та SAP2000 широко застосовуються для оптимізації конструктивних рішень у промисловому та цивільному будівництві.

Primavera P6 та Microsoft Project – ці програми спрямовані на управління будівельними проектами. Основні можливості: створення детальних графіків виконання робіт; оптимізація використання людських і матеріальних ресурсів; моніторинг ходу реалізації проекту.

SketchUp використовується для швидкого створення 3D-моделей із простим інтерфейсом, що дозволяє будівельникам і архітекторам візуалізувати свої ідеї.

Завдання 1. Дослідження призначення прикладних програм.

Студенти мають ознайомитися з можливостями наступних програм:

- AutoCAD: креслення та 2D/3D моделювання;
- Revit: інформаційне моделювання будівель (BIM);
- SAP2000 або Robot Structural Analysis: розрахунок несучих конструкцій;
- Primavera P6 або Microsoft Project: планування та управління проектами;
- SketchUp: просте 3D моделювання.

Для кожної програми необхідно: описати її основні функції; навести приклади типових задач, які вирішуються за допомогою цієї програми; зазначити переваги та обмеження у порівнянні з іншими програмами.

Завдання 2. Аналіз практичних кейсів.

Виконати аналіз реальних проектів, у яких використовувалися прикладні програми.

Кейс 1: Проектування багатоповерхового житлового комплексу

Опис ситуації: будівельна компанія планує зведення багатоповерхового житлового комплексу в умовах щільної міської забудови. Для реалізації проекту використовуються наступні програми:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 7

1. Revit для створення інформаційної моделі будівлі, яка включала архітектурні, конструктивні та інженерні рішення.
2. Robot Structural Analysis для розрахунку несучих конструкцій (колони, балки, плити).
3. Primavera P6 для складання графіка будівництва, оптимізації використання ресурсів і відстеження прогресу.

Питання для аналізу:

Які переваги надає використання Revit у проектуванні?

Дослідити та описати які результати можуть бути отримані при аналізі конструкцій у Robot Structural Analysis?

Як графік у Primavera P6 може допомогти зменшити затримки та уникнути перевитрат ресурсів?

Кейс 2: Модернізація мосту

Опис ситуації: інженерна компанія займається модернізацією мосту, що перебував у незадовільному технічному стані, при цьому було використано:

1. AutoCAD використовується для розробки креслень існуючих і модернізованих конструкцій.
2. SAP2000 застосовується для перевірки міцності несучих елементів мосту та оптимізації проекту.
3. SketchUp використовується для створення візуалізації модернізованої конструкції.

Питання для аналізу:

Проаналізувати чи дозволяє AutoCAD спростити процес виконання креслень та як при цьому він впливає на їх точність та детальність?

Дослідити якими є основні результати розрахунків у SAP2000 та як вони можуть бути використані?

Як візуалізація у SketchUp може вплинути на затвердження проекту замовником?

Кейс 3: Будівництво торгово-розважального центру

Опис ситуації: при зведенні великого торгово-розважального центру, виконавча компанія має врахувати складні конструктивні рішення та строки будівництва, для цього використовують:

1. Revit використовують для інтеграції різних складових проекту у єдину BIM-модель (архітектура, вентиляція, електропостачання).
2. Microsoft Project для управління етапами будівництва.
3. Robot Structural Analysis: для аналізу навантажень на великі прольоти перекриттів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 8

Питання для аналізу:

Як застосування BIM-технологій у Revit сприяє уникненню помилок під час виконання складних об'єктів?

Як Microsoft Project сприяє оптимізації будівельних процесів?

Які виклики можуть виникнути під час аналізу конструкцій великих прольотів та як у їх вирішенні може допомогти Robot Structural Analysis?

Кейс 4: Проектування енергоефективного приватного будинку

Опис ситуації: команда архітекторів займається проектуванням приватного будинку з акцентом на енергоефективність та екологічність, при цьому вони користуються:

1. SketchUp для створення 3D-моделі будинку, включаючи його ландшафтний дизайн.
2. AutoCAD для підготовки точних креслень планів, фасадів і розрізів.
3. Revit для створення BIM-моделі з урахуванням теплоізоляційних матеріалів і сонячних панелей.

Питання для аналізу:

Які переваги може надати 3D-модель у SketchUp для спілкування з клієнтом?

Для виконання яких завдань можуть бути використані креслення створенні у AutoCAD?

Як BIM-модель у Revit дозволить оцінити енергоефективність будинку?

Кейс 5: Реконструкція історичної будівлі

Опис ситуації: реконструкція історичної будівлі вимагає збереження автентичного вигляду та дотримання сучасних стандартів безпеки, задля досягнення бажаного результату було застосовано:

1. Revit для створення 3D-моделі будівлі, яка включає архітектурну деталізацію та конструктивні елементи.
2. Robot Structural Analysis для аналізу стану існуючих конструкцій та проектування посилення.
3. SketchUp для створення візуалізації оновленої будівлі.

Питання для аналізу:

Як Revit допоможе у вирішенні питання поєднання історичних елементів та сучасних вимог?

Які рішення можуть бути прийняті базуючись на розрахунках отриманих у Robot Structural Analysis?

Як візуалізація може допомогти в отриманні погодження від замовника та дозвільних органів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 9

Завдання 3. Порівняльний аналіз програм

Виберіть дві програми зі списку: AutoCAD, Revit, SAP2000/Robot Structural Analysis, Primavera P6/Microsoft Project, SketchUp.

Порівняйте їх за наступними критеріями: призначення; зручність використання (інтерфейс); вартість ліцензії; сфера застосування (житлове, промислове чи інфраструктурне будівництво).

Результати порівняння оформіть у вигляді таблиці.

Завдання 4. Розвиток прикладних програм для будівництва

Проведіть дослідження на тему: «Майбутнє прикладних програм у будівництві: автоматизація, штучний інтелект, BIM-технології».

Огляд має бути коротким (до 1 сторінки) та складатися з трьох розділів.

Розділ 1. Нові функціональні можливості.

Опишіть, які інновації вже впроваджуються або плануються в програмному забезпеченні, наприклад: інтеграція штучного інтелекту для прогнозування вартості та термінів проекту; підтримка «цифрових двійників» для моніторингу будівельних процесів у реальному часі; можливості автоматизації креслень та розрахунків.

Розділ 2. Виклики для будівельної галузі.

Визначте потенційні труднощі, які можуть виникнути під час впровадження нових технологій, наприклад: висока вартість програмного забезпечення та навчання персоналу; проблеми з інтеграцією нових систем у традиційні будівельні процеси; питання кібербезпеки та захисту даних.

Розділ 3. Очікувані результати від впровадження інновацій.

Опишіть, як інновації вплинуть на будівельну галузь, наприклад: підвищення точності планування та розрахунків; скорочення витрат і термінів будівництва; підвищення ефективності управління проектами та ресурсами.

Текст має бути чітким, структурованим і логічно пов'язаним. Додайте посилання на використані джерела (мінімум 3). Використовуйте таблиці або діаграми, якщо це допоможе краще передати інформацію. Використайте доступні джерела для проведення дослідження, зокрема: наукові статті (Google Scholar, ResearchGate), офіційні блоги компаній-розробників програмного забезпечення, огляди на профільних ресурсах (Construction Dive, ArchDaily, BuildingSMART), новинні портали, що спеціалізуються на будівництві та технологіях.

Контрольні питання

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 10

1. Яка основна мета використання прикладних програм у будівництві?
2. Які основні переваги застосування прикладних програм у будівництві?
3. Що таке BIM-технології, і як вони впливають на процес проектування?
4. Які завдання вирішує програмне забезпечення AutoCAD?
5. Які ключові можливості надає програмний комплекс Revit?
6. Для яких завдань використовуються Robot Structural Analysis і SAP2000?
7. Які програми можна використовувати для управління будівельними проектами, і які їхні функції?
8. Як SketchUp допомагає у швидкому створенні 3D-моделей?
9. Які переваги використання Revit для спільної роботи над проектами?
10. Які основні відмінності між програмами Primavera P6 та Microsoft Project?
11. Як програмне забезпечення сприяє зменшенню помилок у проектуванні?
12. Які перспективи розвитку прикладних програм у контексті автоматизації та штучного інтелекту?
13. Як інформаційне моделювання (BIM) допомагає уникнути несумісності конструкцій?
14. Які труднощі можуть виникати при впровадженні сучасних прикладних програм у будівництво?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 11

Тема 2. Знайомство з програмним комплексом «ЛІРА-САПР»

Мета роботи. Ознайомитися з інтерфейсом програми «ЛІРА-САПР» та її основними модулями. Навчитися створювати та редагувати прості розрахункові схеми в середовищі «ЛІРА-САПР».

Сучасні задачі проектування, аналізу та оптимізації будівельних конструкцій вимагають застосування спеціалізованих програмних комплексів, які забезпечують високу точність розрахунків і надають інструменти для комплексного аналізу. Одним із найбільш потужних інструментів у цій сфері є програмний комплекс «ЛІРА-САПР», який широко застосовується для розрахунків несучих конструкцій будівель і споруд.

Програмний комплекс «ЛІРА-САПР» дозволяє вирішувати задачі різного ступеня складності, від розрахунку окремих конструктивних елементів до аналізу багатопверхових будівель з урахуванням динамічних і сейсмічних впливів. Його функціонал орієнтований на інженерів-конструкторів, які займаються проектуванням цивільних, промислових та інфраструктурних об'єктів.

Програмний комплекс «ЛІРА-САПР» (Linear Analysis of Structures and Systems) призначений для виконання лінійного і нелінійного аналізу конструкцій. Його головними функціональними можливостями є:

1. Розрахунок конструкцій: аналіз статичних і динамічних навантажень; розрахунок на міцність, стійкість і коливання; моделювання конструкцій із різних матеріалів (бетон, сталь, деревина тощо).

2. Інтерфейс і візуалізація: зручний графічний інтерфейс для створення геометрії моделі; можливість тривимірної візуалізації результатів; підтримка різних систем координат і модульної структури проєкту.

3. Автоматизація розрахунків: використання бібліотек стандартних матеріалів і профілів; автоматичне створення розрахункових сіток; налаштування параметрів для оптимізації розрахунків.

4. Аналіз результатів: побудова епюр внутрішніх зусиль, деформацій, переміщень; розрахунок реакцій в опорах і критичних напружень; генерація звітів з результатами розрахунків.

СТРУКТУРА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»

Головне меню. Головне меню забезпечує доступ до основних функцій програми: створення нових проєктів, імпортування даних, запуску розрахунків і експорту результатів. Його структура включає вкладки: «Файл» (управління проєктами), «Модель» (створення геометрії та задання параметрів),

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 12

«Розрахунок» (виконання аналізу), «Результати» (візуалізація та інтерпретація результатів).

Робоча область. Робоча область є центральним елементом інтерфейсу, де створюється та модифікується розрахункова модель. Вона дозволяє: будувати вузли, стрижні, пластини та інші елементи; редагувати властивості конструкцій; взаємодіяти з моделлю через тривимірний простір.

Бібліотеки матеріалів і перерізів. Бібліотеки включають стандартні матеріали (бетони, сталі, деревина) і типові перерізи (двотаври, швелери, труби тощо). Користувач може додавати власні параметри матеріалів або перерізів.

Модулі розрахунків. Основні модулі «ЛІРА-САПР» поділяються за типами аналізу: лінійний розрахунок для визначення зусиль і переміщень; динамічний аналіз для оцінки поведінки конструкцій під час сейсмічних впливів; нелінійний аналіз для врахування пластичних деформацій і геометричних нелінійностей.

АЛГОРИТМ СТВОРЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ В «ЛІРА-САПР»

1. Запуск програми та створення нового проєкту: вибір типу розрахункової задачі (балка, ферма, рама, плита); налаштування параметрів (одиниці вимірювання, тип навантажень).

2. Побудова геометрії: введення вузлів із координатами; створення елементів (стрижнів, пластин, оболонок).

3. Задання властивостей матеріалів і перерізів: вибір стандартних матеріалів із бібліотеки; призначення перерізів елементам моделі.

4. Накладання граничних умов: фіксація вузлів у заданих координатах; задання опор і жорсткостей.

5. Застосування навантажень: створення статичних, динамічних чи тимчасових навантажень; накладання розподілених і зосереджених сил.

6. Розрахунок моделі: вибір методів аналізу (статичний, динамічний); запуск розрахункового процесу.

7. Аналіз результатів: побудова графіків внутрішніх зусиль (епюри моментів, поперечних сил); перевірка прогинів, напружень і реакцій.

Програмний комплекс «ЛІРА-САПР» є універсальним інструментом для інженерів-конструкторів, що дозволяє виконувати широкий спектр розрахунків для будівельних конструкцій. Його застосування сприяє підвищенню точності проєктних рішень, зменшенню матеріальних витрат і забезпеченню безпеки будівель та споруд.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 13


Практичне завдання

Запуск програми. Знайдіть на робочому столі ярлик програми «ЛІРА-САПР». Двічі клацніть лівою кнопкою миші на ярлик, щоб запустити програму.

Ознайомлення з інтерфейсом. Після запуску програми відкриється головне вікно «ЛІРА-САПР», що містить такі основні елементи:

1. **Головне меню** – містить вкладки: «Файл», «Модель», «Розрахунок», «Результати» тощо.
2. **Панель інструментів** – піктограми для швидкого доступу до функцій.
3. **Робоча область** – центральна частина екрана, де створюється розрахункова модель.
4. **Система координат** – у нижньому лівому куті (піктограма осей X, Y, Z).


Створення нового проєкту. У верхньому меню натисніть піктограму «Файл»  або виберіть вкладку «Файл» → «Новий». У вікні, що відкриється, вкажіть назву проєкту (наприклад, «Практична №1») і тип розрахунку (зазвичай, статичний). Піктограма збереження  дозволить зберегти проєкт у будь-який момент.

Налаштування одиниць вимірювання. Натисніть піктограму «Параметри» . У вікні налаштувань знайдіть вкладку «Одиниці вимірювання». У полі «Довжина» виберіть «м» (метри), у полі «Сила» виберіть «кН» (кілоньютони) та натисніть «ОК».


Побудова розрахункової схеми

Створення вузлів. У вкладці «Модель» знайдіть піктограму «Створення вузлів» (точка з координатними стрілками). Введіть координати вузлів вручну:

- натисніть піктограму «Вести вузли»;
- введіть координати першого вузла (наприклад, X=0, Y=0) і натисніть «ОК»;
- додайте наступні вузли, наприклад: X=3, Y=0 та X=6, Y=0.

Створення стрижнів. У вкладці «Модель» натисніть піктограму «Створення елементів» (лінія між двома точками ). Виберіть два вузли, між якими потрібно створити стрижень (наприклад, вузол 1 та вузол 2). Підтвердьте створення елемента кнопкою «ОК». Повторіть для наступних вузлів, щоб побудувати, наприклад, балку довжиною 6 м з опорами кожні 3 м.


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 14

Призначення матеріалів та перерізів. Виділіть створені стрижні. У меню «Властивості» натисніть піктограму «Матеріали» (квадрат із позначкою ). У вікні вибору матеріалу виберіть, наприклад, «Бетон В25» із бібліотеки або додайте новий матеріал вручну.

Натисніть піктограму «Перерізи» (форма балки І-типу). У вікні, що з'явиться, виберіть тип перерізу (наприклад, прямокутний 200x300 мм). Натисніть «ОК».


Задання навантажень. У вкладці «Навантаження» натисніть піктограму «Створити навантаження» (вага на стрілці вниз). Вкажіть тип навантаження (наприклад, «Постійне»). Натисніть «ОК».

Виділіть стрижень або вузол, на який потрібно накласти навантаження. У вкладці «Навантаження» натисніть піктограму «Розподілене навантаження» (лінія зі стрілками вниз). Вкажіть значення навантаження, наприклад, -5 кН/м. Для зосередженого навантаження використовуйте піктограму «Зосереджене навантаження» (стрілка вниз на вузлі).

Розрахунок. Перейдіть до вкладки «Розрахунок». Натисніть піктограму «Запустити розрахунок» (шестерня зі стрілкою ). Дочекайтеся завершення процесу. У разі помилок програма повідомить про проблеми (наприклад, не задані перерізи або невизначені вузли).

Аналіз результатів. Перейдіть до вкладки «Результати». Натисніть піктограму «Епюри» (графік з кривою). Оберіть тип епюри: М (момент), Q (поперечна сила), N (поздовжня сила). Відобразиться графік внутрішніх зусиль на стрижнях.

Натисніть піктограму «Переміщення» (стрілка на вузлі). Перевірте значення прогинів у вузлах.

Збереження та звіт. Натисніть піктограму «Зберегти проєкт» . Для створення звіту виберіть «Файл» → «Експорт», щоб зберегти результати в PDF чи Word. Зробіть скріншоти (клавіша PrintScreen або програма Snipping Tool) з моделлю, епюрами та переміщеннями. Вставте їх у текстовий документ для оформлення звіту.

Контрольні питання

1. Що таке програмний комплекс «ЛІРА-САПР» і для яких завдань він використовується?
2. Які основні функціональні можливості пропонує «ЛІРА-САПР»?
3. Які типи аналізу підтримує програма «ЛІРА-САПР»?
4. Опишіть головні елементи інтерфейсу програми «ЛІРА-САПР».
5. Які завдання виконує модуль «Модель» у програмі «ЛІРА-САПР»?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 15

6. Як програма «ЛІРА-САПР» забезпечує створення та редагування розрахункових моделей?
7. Які функції виконують бібліотеки матеріалів і перерізів у «ЛІРА-САПР»?
8. Як задаються граничні умови в «ЛІРА-САПР»?
9. Які навантаження можна моделювати в середовищі «ЛІРА-САПР»?
10. Опишіть алгоритм створення розрахункової моделі в «ЛІРА-САПР».
11. Як здійснюється розрахунок моделі в програмі?
12. Які види результатів можна отримати після виконання розрахунків у «ЛІРА-САПР»?
13. Як аналізуються результати у вигляді епюр та переміщень?
14. Які переваги використання «ЛІРА-САПР» порівняно з іншими програмними комплексами?
15. Як результати розрахунків у «ЛІРА-САПР» можуть бути представлені у звітній формі?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 16

Тема 3. Створення розрахункової моделі, визначення переміщень і внутрішніх зусиль у однопрольотній балці засобами ПК «ЛІРА-САПР»

Мета роботи. Ознайомлення з основними інструментами ПК «ЛІРА-САПР» для моделювання однопрольотної балки.

Однопрольотні балки є базовими елементами будівельних конструкцій, які широко застосовуються в сучасному будівництві. Їхнє проектування вимагає детального аналізу внутрішніх зусиль, переміщень і розподілу навантажень, що забезпечує надійність і довговічність конструкцій. Використання програмних комплексів, таких як «ЛІРА-САПР», значно спрощує виконання цих задач, забезпечуючи високу точність розрахунків і можливість візуалізації результатів.

Ця тема охоплює основні аспекти створення розрахункової моделі балки, визначення її напружено-деформованого стану та аналізу внутрішніх зусиль у середовищі ПК «ЛІРА-САПР».

Однопрольотна балка – це лінійний елемент конструкції, який спирається на дві опори та сприймає навантаження між ними. Основними задачами розрахунку є:

1. Визначення внутрішніх зусиль (згинальних моментів $M(x)$, що впливають на вигин балки; поперечних сил $Q(x)$, які визначають зріз матеріалу; осьових сил $N(x)$ (для нерозрізних конструкцій)).
2. Оцінка переміщень (прогинів $w(x)$, які впливають на експлуатаційну придатність; нахилів перерізів).
3. Перевірка на міцність і жорсткість: оцінка напружень у матеріалі; перевірка на недопустимі деформації.

Модель балки може включати різні типи навантажень, такі як рівномірно розподілене, зосереджене або змінне по довжині балки.


Вихідні дані


Варіант	Довжина балки L , м	Переріз балки $b \times h$, м	Модуль пружності E , ГПа	Навантаження q , кН/м	Концентроване навантаження P , кН	Координата, м
1	4.0	200 × 300	210	5.0	10.0	2.0
2	5.0	250 × 400	210	7.0	15.0	2.5
3	6.0	300 × 500	200	6.0	12.0	3.0
4	4.5	150 × 250	180	4.0	8.0	2.25
5	5.5	200 × 350	210	8.0	18.0	2.75


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 17

Варіант	Довжина балки L, м	Переріз балки b×h, м	Модуль пружності E, ГПа	Навантаження q, кН/м	Концентроване навантаження P, кН	Координата, м
6	6.5	250 × 450	190	6.5	14.0	3.25
7	7.0	300 × 600	200	7.5	20.0	3.5
8	8.0	350 × 700	210	9.0	25.0	4.0
9	5.0	250 × 350	190	5.5	10.0	2.5
10	6.0	300 × 400	200	6.5	12.0	3.0
11	4.0	200 × 300	210	4.5	8.0	2.0
12	7.0	300 × 500	180	8.0	20.0	3.5
13	6.0	250 × 400	210	7.0	14.0	3.0
14	5.0	150 × 300	190	5.0	10.0	2.5
15	8.0	350 × 600	200	9.0	22.0	4.0
16	4.5	200 × 250	210	6.0	12.0	2.25
17	6.5	300 × 500	210	7.5	15.0	3.25
18	7.5	350 × 550	180	8.5	18.0	3.75
19	5.5	250 × 400	200	5.5	11.0	2.75
20	4.0	200 × 300	210	4.0	9.0	2.0
21	6.0	300 × 400	190	6.5	13.0	3.0
22	7.0	300 × 500	200	7.0	16.0	3.5
23	5.0	200 × 300	210	5.0	10.0	2.5
24	8.0	400 × 600	210	10.0	25.0	4.0
25	4.5	150 × 250	200	4.5	8.0	2.25
26	5.5	250 × 400	190	5.5	12.0	2.75
27	6.5	300 × 500	210	7.0	14.0	3.25
28	7.5	350 × 600	200	8.0	18.0	3.75
29	5.0	200 × 300	190	5.0	10.0	2.5
30	6.0	300 × 400	210	6.0	12.0	3.0

Порядок виконання



Запуск програмного комплексу. Відкрийте програму «ЛІРА-САПР». У головному вікні виберіть опцію "Створити новий проєкт" або "New Project" (піктограма: .

Створення геометричної моделі балки. У вкладці "Геометрія" (піктограма: ) оберіть "Система координат". Клацніть на "Прямокутна система координат". Це дозволить працювати у 2D-просторі.

Побудова геометрії балки. У вкладці "Геометрія" оберіть "Лінія" (піктограма: ). Проведіть пряму лінію між точками, які відповідають початку та кінцю балки. Наприклад:


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 18


- Початкова точка: (0,0).
- Кінцева точка: (L,0), де L – довжина балки.

Визначення властивостей матеріалу. Перейдіть до вкладки "Матеріали" (піктограма: ) . У вікні, що відкриється, натисніть "Додати новий матеріал" (піктограма: ). Вкажіть характеристики:


- модуль пружності E, наприклад, 2.1×10^5 МПа для сталі;
- коефіцієнт Пуассона ν , наприклад, 0.3.

Натисніть ОК.


Задання поперечного перерізу. У вкладці "Перерізи" (піктограма: ) , виберіть "Додати новий переріз". Оберіть стандартний переріз (наприклад, прямокутний): введіть ширину b і висоту h, натисніть ОК.

Задання граничних умов. У вкладці "Граничні умови" (піктограма: ) , виберіть "Додати опору". Натисніть на вузол з координатою (0,0), встановіть жорстке закріплення (обмеження всіх ступенів свободи).


На вузлі з координатою (L,0) виберіть шарнірне опирання (заборона вертикального переміщення, але дозвіл горизонтального).


Задання навантаження. У вкладці "Навантаження" (піктограма: ) , виберіть тип навантаження:

1. Рівномірно розподілене навантаження (q):


- натисніть "Лінійне навантаження" (піктограма: );
- задайте значення q у відповідному полі, наприклад, q=5 кН;
- оберіть лінію балки, на яку буде діяти це навантаження.

2. Концентроване навантаження (P):

- натисніть "Точкове навантаження" (піктограма: );
- вкажіть вузол, у якому буде прикладено навантаження, наприклад, середина балки (L/2,0)(L/2, 0)(L/2,0);
- задайте значення P=10 кН.


Виконання розрахунку. У вкладці "Розрахунок" (піктограма: ) , натисніть "Виконати розрахунок". Перевірте, чи немає повідомлень про помилки у моделі.

Аналіз результатів. У вкладці "Результати" (піктограма: ) , оберіть:

1. Переміщення вузлів: натисніть на "Деформації" (піктограма: ) , подивіться графічне відображення переміщень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 19

2. Внутрішні зусилля: виберіть "Моменти" (піктограма: ) та "Сили" (піктограма: ) , перегляньте графіки згинальних моментів і поперечних сил.

Побудова діаграм. Для побудови діаграм натисніть "Графіки результатів" (піктограма: ) . Побудуйте діаграми для моментів $M(x)$, поперечних сил $Q(x)$ та переміщень $u(x)$.

Контрольні запитання

1. Що таке однопрольотна балка і для яких задач вона використовується?
2. Які основні параметри необхідно враховувати при моделюванні балки в «ЛІРА-САПР»?
3. Опишіть послідовність створення розрахункової моделі однопрольотної балки.
4. Як у ПК «ЛІРА-САПР» задаються координати вузлів для побудови балки?
5. Які характеристики матеріалів та перерізів необхідно враховувати у розрахунках балки?
6. Як задаються граничні умови для однопрольотної балки у програмі «ЛІРА-САПР»?
7. Які типи навантажень можна врахувати при моделюванні балки?
8. Як проводиться розрахунок переміщень та внутрішніх зусиль у балці?
9. Які види діаграм будуються для аналізу внутрішніх зусиль у балці?
10. Як визначити максимальні прогини балки за результатами розрахунків?
11. Які дані потрібно перевірити у звіті після виконання розрахунків?
12. Які типи помилок можуть виникнути під час створення моделі, і як їх виправити?
13. Як інтерпретувати епюри згинальних моментів і поперечних сил?
14. Які переваги використання «ЛІРА-САПР» для аналізу конструкцій порівняно з ручними розрахунками?
15. Як результати розрахунку балки можуть бути представлені у формі звіту або графіків?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 20

Тема 4. Створення розрахункової моделі плоскої ферми та визначення зусиль засобами ПК «ЛІРА-САПР»

Мета роботи. Ознайомитися з основами створення розрахункової моделі плоскої ферми в програмному комплексі «ЛІРА-САПР».

Плоскі ферми є важливими конструктивними елементами в будівельній галузі, які широко використовуються у промислових, інфраструктурних та цивільних спорудах. Їхні переваги включають легкість конструкції, ефективний розподіл навантажень і можливість покриття значних прольотів. Для забезпечення міцності, стійкості та економічності конструкцій необхідно виконувати точні розрахунки, враховуючи реальні навантаження та характеристики матеріалів.

Програмний комплекс «ЛІРА-САПР» забезпечує інженерам-конструкторам інструменти для моделювання, аналізу та оптимізації плоских ферм, дозволяючи вирішувати задачі будь-якої складності.

Плоска ферма – це система стрижнів, з'єднаних у вузлах, яка призначена для сприйняття навантажень, що діють у площині її геометрії. Конструкція ферми складається з таких основних елементів: пояси (верхній пояс працює на стиск, нижній на розтяг), решітка (складова конструкції, що передає навантаження між поясами, може бути виконана у вигляді розкосів або стійок), вузли (точки з'єднання стрижнів, які вважаються шарнірними (ідеалізація для розрахунків)).



Основні задачі проектування включають: визначення внутрішніх зусиль у стрижнях; перевірку міцності матеріалів і конструкції; мінімізацію ваги конструкції при забезпеченні її стійкості.


Вихідні дані



Варіант	Довжина ферми $L, \text{ м}$	Висота $H, \text{ м}$	Кількість панелей n	Вузлове навантаження $P, \text{ кН}$	Розподілене навантаження $q, \text{ кН/м}$	Модуль пружності $E, \text{ ГПа}$	Густина $\rho, \text{ кг/м}^3$
1	12	3	6	15	5	200	7850
2	15	4	7	20	6	210	7850
3	10	2.5	5	12	4.5	190	7700
4	18	5	9	25	7	200	7800
5	20	4.5	10	18	6.5	195	7850
6	14	3.5	7	22	5.5	205	7800
7	16	4	8	16	6	200	7850

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 21

Варіант	Довжина ферми $L, \text{ м}$	Висота $H, \text{ м}$	Кількість панелей n	Вузлове навантаження $P, \text{ кН}$	Розподілене навантаження $q, \text{ кН/м}$	Модуль пружності $E, \text{ ГПа}$	Густина $\rho, \text{ кг/м}^3$
8	12	3.2	6	14	5.2	210	7800
9	10	3	5	10	4.8	195	7700
10	18	4.5	9	24	7.2	200	7850
11	15	4	7	20	6	190	7800
12	16	3.8	8	18	6.4	205	7850
13	14	3.5	7	15	5.8	200	7700
14	12	3.2	6	13	5.3	210	7850
15	20	5	10	25	7.5	200	7800
16	10	3	5	11	4.7	195	7850
17	18	4.8	9	23	7.3	205	7700
18	15	4	7	19	6.1	200	7800
19	14	3.5	7	16	5.6	195	7850
20	16	4.2	8	21	6.2	210	7800
21	12	3	6	12	5.4	200	7700
22	18	4.5	9	26	7.6	205	7850
23	20	5	10	28	7.8	200	7800
24	10	2.8	5	10	4.6	195	7700
25	15	3.8	7	18	6.2	210	7850
26	14	3.5	7	17	5.9	200	7800
27	16	4	8	22	6.5	195	7700
28	12	3.2	6	13	5.5	205	7850
29	18	4.6	9	24	7.1	200	7700
30	20	5	10	30	8.0	210	7850

Запуск програми та створення проєкту. Відкрийте ПК «ЛІРА-САПР». На стартовому екрані виберіть опцію   «Новий проєкт». У вікні «Створення моделі» виберіть тип задачі «Плоска ферма». Натисніть «ОК».

У верхньому меню натисніть іконку  (Параметри моделі), де оберіть метричні одиниці виміру: метр (м), кілоньютон (кН).


Створення геометричної моделі ферми. Відкрийте вкладку  «Геометрія» та натисніть  «Вставити вузол». Вводьте координати вузлів у таблицю, що знаходиться у нижній частині екрана.

Наприклад для ферми довжиною 12 м із висотою 3 м:

- Вузол 1: $x=0, y=0$ $x = 0, y = 0$ $x=0, y=0$



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 22

- Вузол 2: $x=4, y=0$ $x = 4, y = 0$ $x=4, y=0$
- Вузол 3: $x=8, y=0$ $x = 8, y = 0$ $x=8, y=0$
- Вузол 4: $x=12, y=0$ $x = 12, y = 0$ $x=12, y=0$
- Вузол 5: $x=4, y=3$ $x = 4, y = 3$ $x=4, y=3$
- Вузол 6: $x=8, y=3$ $x = 8, y = 3$ $x=8, y=3$.


У вкладці «Геометрія» натисніть «Створити стержень» (іконка лінії ). З'єднайте вузли:



- Вузол 1–2, 2–3, 3–4 (нижній пояс).
- Вузол 1–5, 2–5, 2–6, 3–6, 4–6 (похилі елементи).
- Вузол 5–6 (верхній пояс).


У таблиці з'являться стержні із зазначенням їхніх вузлів (наприклад, 1–2, 2–3).

Задання матеріальних характеристик. У вкладці  «Матеріали» натисніть  «Додати матеріал». У вікні параметрів введіть: назва – сталь; модуль пружності $E=2 \times 10^5$ МПа; густина $\rho = 7850$ кг/м³; межа текучості $\sigma = 235$ МПа. Натисніть «ОК».


У вкладці «Перерізи» натисніть «Додати переріз». Виберіть тип перерізу: круглий або двотавровий (залежно від задачі). Вкажіть розміри: наприклад, для круглого перерізу: діаметр $D = 50$ мм. Натисніть «ОК».

Призначте матеріали та перерізи стержням. Виділіть стержні на графічному полі (натисканням миші). У вкладці  «Властивості» виберіть потрібний матеріал і переріз.


Задання граничних умов. Перейдіть у вкладку  «Умови». Натисніть  «Встановити опори». Виділіть вузол 1 і виберіть «Шарнірно-нерухому опору». Виділіть вузол 4 і виберіть «Шарнірно-рухому опору».


Задання навантажень. Перейдіть у вкладку  «Навантаження». Натисніть «Додати навантаження». Виберіть тип навантаження:

- для рівномірно-розподіленого: виберіть верхній пояс ферми (вузли 5–6), вкажіть значення, наприклад $q = 5$ кН/м;
- для вузлових задайте вузли (наприклад, вузол 2, навантаження $P=10$ кН).

Розрахунок моделі. Перейдіть у вкладку «Розрахунок». Натисніть  «Виконати розрахунок». Після завершення розрахунку відкриється вікно з діаграмами зусиль N, Q, M .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 23

Аналіз результатів. У вкладці  «Результати» виберіть опцію «Таблиця зусиль». Відобразиться таблиця з даними про зусилля в кожному стержні (наприклад, $N=15$ кН, $M=0$ для осевого стиснення).

У вкладці  «Діаграми» виберіть іконку «Показати N». Проаналізуйте діаграми та визначте критичні елементи.

Контрольні питання

1. Як у ПК «ЛІРА-САПР» задаються вузли та елементи для побудови ферми?
2. Які параметри необхідно враховувати при виборі матеріалів і перерізів для ферми?
3. Як задаються граничні умови для моделі ферми в «ЛІРА-САПР»?
4. Які типи навантажень можна враховувати при моделюванні ферми?
5. Як здійснюється розрахунок внутрішніх зусиль у фермі за допомогою «ЛІРА-САПР»?
6. Які результати можна отримати після розрахунку ферми?
7. Як інтерпретувати дані про напруження та зусилля в елементах ферми?
8. Які типи діаграм можна використовувати для візуалізації розподілу зусиль у фермі?
9. Як оцінити стійкість і міцність ферми на основі розрахункових даних?
10. Які помилки можуть виникати під час створення моделі ферми, і як їх виправити?
11. Чим відрізняється моделювання ферми у ПК «ЛІРА-САПР» від інших методів аналізу?
12. Як результати розрахунків ферми можуть бути використані для підготовки звіту або креслень?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 24

Тема 5. Створення розрахункової моделі арки та визначення зусиль засобами ПК «ЛІРА-САПР»

Мета роботи. Навчитися створювати розрахункову модель аркової конструкції, застосовувати відповідні навантаження, виконувати розрахунок і аналіз отриманих зусиль у програмному комплексі «ЛІРА-САПР».

Арки є одними з найдавніших і водночас актуальних інженерних конструкцій, які широко застосовуються у сучасному будівництві. Вони забезпечують ефективне сприйняття навантажень за рахунок їх перенаправлення в горизонтальні опори, що дозволяє перекривати значні прольоти при мінімальному використанні матеріалів. Арки часто використовуються в мостобудуванні, інфраструктурних та промислових об'єктах, а також в архітектурних спорудах.

Сучасні програмні комплекси, такі як «ЛІРА-САПР», дозволяють інженерам виконувати високоточний аналіз аркових конструкцій, включаючи визначення внутрішніх зусиль, реакцій в опорах і переміщень.

Арка – це просторовий або плоский конструктивний елемент, який працює переважно на стиск і використовується для передачі навантаження на опори. Її геометрія забезпечує мінімізацію згинальних моментів, що підвищує економічність і довговічність конструкції.

Основні типи арок:

1. Тришарнірна арка: має шарніри у двох опорах і на вершині, забезпечує високу стійкість і спрощений аналіз.
2. Двошарнірна арка: шарніри розташовані в опорах, використовується для перекриття великих прольотів.
3. Жорстко закріплена арка: має жорстке закріплення в опорах, здатна сприймати значні згинальні моменти.

Вихідні дані

Варіант	Радіус арки, м	Кількість сегментів	Матеріал*	Переріз, м	Тип опор	Додаткове навантаження, кН/м	Снігове навантаження, кН/м ²
1	5.0	10	Бетон С25/30	0.3 × 0.4	Тришарнірна	2.0	0.8
2	6.0	12	Сталь S275	0.2 × 0.3	Двошарнірна	2.5	1.0
3	7.0	14	Бетон С30/37	0.4 × 0.5	Жорсткі закріплення	3.0	1.2
4	4.5	9	Бетон С20/25	0.3 × 0.3	Тришарнірна	1.8	0.9

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 25

Варіант	Радіус арки, м	Кількість сегментів	Матеріал*	Переріз, м	Тип опор	Додаткове навантаження, кН/м	Снігове навантаження, кН/м ²
5	5.5	11	Сталь S355	0.2 × 0.2	Двошарнірна	2.2	1.1
6	6.5	13	Бетон C25/30	0.3 × 0.4	Жорсткі закріплення	2.8	0.8
7	7.5	15	Сталь S275	0.2 × 0.3	Тришарнірна	3.0	1.2
8	4.0	8	Бетон C30/37	0.3 × 0.5	Двошарнірна	2.5	1.0
9	5.0	10	Бетон C25/30	0.3 × 0.3	Тришарнірна	1.8	0.9
10	6.0	12	Сталь S355	0.2 × 0.2	Жорсткі закріплення	2.0	0.8
11	4.5	9	Бетон C20/25	0.3 × 0.4	Тришарнірна	2.2	1.1
12	5.5	11	Сталь S275	0.2 × 0.3	Двошарнірна	2.8	1.2
13	6.5	13	Бетон C30/37	0.4 × 0.5	Жорсткі закріплення	3.0	1.0
14	7.5	15	Бетон C25/30	0.3 × 0.3	Тришарнірна	1.8	0.9
15	4.0	8	Сталь S355	0.2 × 0.2	Двошарнірна	2.0	0.8
16	5.0	10	Бетон C20/25	0.3 × 0.4	Тришарнірна	2.2	1.1
17	6.0	12	Сталь S275	0.2 × 0.3	Жорсткі закріплення	2.8	1.2
18	7.0	14	Бетон C30/37	0.4 × 0.5	Тришарнірна	3.0	1.0
19	4.5	9	Бетон C25/30	0.3 × 0.3	Двошарнірна	1.8	0.9
20	5.5	11	Сталь S355	0.2 × 0.2	Жорсткі закріплення	2.0	0.8
21	6.5	13	Бетон C20/25	0.3 × 0.4	Тришарнірна	2.2	1.1
22	7.5	15	Сталь S275	0.2 × 0.3	Двошарнірна	2.8	1.2
23	4.0	8	Бетон C30/37	0.4 × 0.5	Жорсткі закріплення	3.0	1.0
24	5.0	10	Бетон C25/30	0.3 × 0.3	Тришарнірна	1.8	0.9
25	6.0	12	Сталь S355	0.2 × 0.2	Двошарнірна	2.0	0.8
26	7.0	14	Бетон C20/25	0.3 × 0.4	Жорсткі закріплення	2.2	1.1
27	4.5	9	Сталь S275	0.2 × 0.3	Тришарнірна	2.8	1.2
28	5.5	11	Бетон C30/37	0.4 × 0.5	Двошарнірна	3.0	1.0
29	6.5	13	Бетон C25/30	0.3 × 0.3	Тришарнірна	1.8	0.9
30	7.5	15	Сталь S355	0.2 × 0.2	Жорсткі закріплення	2.0	0.8

*Позначення типу C25/30 відповідає класу бетону згідно з європейським стандартом EN 206 і означає:

C – нормальний важкий або легкий бетон.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 26

25/30 – межа міцності на стиск (25 МПа – характеристична міцність на стиск для циліндричного зразка (висота 300 мм, діаметр 150 мм), 30 МПа – характеристична міцність на стиск для кубічного зразка (сторона 150 мм).


Цей клас бетону використовується для конструкцій, які піддаються значним навантаженням, наприклад, для балок, колон, арок, і мостових конструкцій.

Позначення S275 відповідає класу сталі згідно з європейським стандартом EN 10025 і означає:


S – конструкційна сталь (від англ. "structural steel").

275 – характеристична межа плинності сталі (275 МПа – напруження, при якому матеріал починає деформуватися пластично (без можливості повернення у вихідний стан).

Цей клас сталі часто застосовується у будівництві для виготовлення балок, колон, каркасів, а також у металоконструкціях, які не піддаються високим механічним навантаженням.

Запуск програмного комплексу та створення нового проєкту. Запустіть програму «ЛІРА-САПР». Натисніть піктограму  «Новий файл» на панелі інструментів. У діалоговому вікні задайте назву проєкту, одиниці вимірювання (метри, кілоньютони) та натисніть «ОК».


Активуйте геометричний редактор та натисніть піктограму «Геометрія». Для створення вузлів арки:


- натисніть піктограму  «Додавання вузлів»;
- укажіть координати вузлів у таблиці або безпосередньо на робочому полі.

Наприклад, для напівкруглої арки радіусом 5 м задайте вузли через крок 1 м: Координати вузлів: (0; 0), (1; 4.9), (2; 4.6), ..., (5; 0).

Створення елементів між вузлами:

- натисніть піктограму «Додавання стержнів»;
- виділіть вузли, між якими потрібно створити стержні.


Задання властивостей матеріалу та перерізу. Для вибору матеріалу натисніть піктограму  «Матеріали» та у вікні виберіть матеріал (наприклад, бетон С30/37).


Для задання перерізу натисніть піктограму «Перерізи». Виберіть або створіть новий переріз. Призначте матеріал та переріз елементам, для цього виділіть усі елементи арки, натисніть піктограму  «Призначення властивостей».


Задання граничних умов (опор). Виберіть вузли основи арки. Натисніть піктограму «Закріплення вузлів». Задайте тип закріплення:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 27


- для тришарнірної арки: ліва опора повне закріплення (всі ступені свободи), права опора шарнір з можливістю горизонтального зміщення;
- для двошарнірної арки обидві опори — шарніри (рух тільки в горизонтальній площині).


Задання навантажень. Власна вага конструкції. Натисніть піктограму  «Навантаження». У діалоговому вікні увімкніть опцію «Власна вага» та задайте коефіцієнт (наприклад, 1.0).

Додаткове рівномірно розподілене навантаження. Натисніть піктограму  «Лінійне навантаження». Виділіть елементи арки та задайте навантаження (наприклад, 2.5 кН/м).

Снігове навантаження. Використайте піктограму  «Задані навантаження». Задайте навантаження у відповідних вузлах або елементах.

Розрахунок моделі. Запустіть розрахунок, для цього натисніть піктограму «Розрахунок». Перевірте відсутність помилок, якщо помилки виникли, виправте моделі згідно з повідомленнями у вікні.

Аналіз результатів. Розподіл зусиль. Натисніть піктограму  «Результати зусиль», виберіть потрібний тип зусиль (моменти, осьові сили тощо).

Переміщення вузлів. Натисніть піктограму  «Переміщення». Перегляньте зміщення вузлів на моделі.

Реакції в опорах. Використайте піктограму \leftrightarrow «Реакції». Перевірте значення реакцій у опорах.

Контрольні питання:

1. Як вибирається тип арки для конкретного проекту (тришарнірна, двошарнірна, жорстко закріплена)?
2. Які параметри геометрії арки необхідно враховувати під час моделювання у ПК «ЛІРА-САПР»?
3. Як задаються вузли та елементи арки в «ЛІРА-САПР»?
4. Які характеристики матеріалів і перерізів слід враховувати для аркових конструкцій?
5. Як задаються граничні умови для опор арки в програмі?
6. Які типи навантажень можуть бути застосовані до аркових конструкцій?
7. Як проводиться розрахунок внутрішніх зусиль і переміщень у арках за допомогою «ЛІРА-САПР»?
8. Як інтерпретувати результати розрахунків внутрішніх зусиль (моментів, сил) у арці?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 40 / 28</i>

9. Які методи оптимізації аркових конструкцій можна використовувати після розрахунків у «ЛІРА-САПР»?

10. Які помилки можуть виникнути під час моделювання арки в ПК «ЛІРА-САПР», і як їх уникнути?

11. Як результати розрахунків арки представлені у вигляді звіту та графіків?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 29

Тема 6. Створення розрахункової моделі поперечної рами промислової будівлі, визначення зусиль та підбір перерізів засобами ПК «ЛІРА-САПР»

Мета роботи. Навчитися моделювати поперечну раму промислової будівлі, застосовувати навантаження та здійснювати розрахунок зусиль.

Поперечні рами є основними несучими елементами промислових будівель, які забезпечують їхню міцність, стійкість і просторову жорсткість. Ці конструкції сприймають різні типи навантажень, включаючи постійні, тимчасові, снігові та вітрові. У проектуванні поперечних рам ключову роль відіграє правильне визначення внутрішніх зусиль, аналіз напружено-деформованого стану та вибір оптимальних перерізів.

Програмний комплекс «ЛІРА-САПР» надає широкі можливості для моделювання, розрахунку та оптимізації поперечних рам промислових будівель. Завдяки функціоналу автоматизації та точності цей інструмент є незамінним для інженерів-конструкторів.

Поперечна рама складається з таких основних конструктивних елементів:

1. Колони – вертикальні елементи, що сприймають вертикальні навантаження та частину горизонтальних впливів.
2. Ригелі – горизонтальні елементи, які з'єднують колони та передають навантаження на них.
3. Зв'язки – додаткові елементи, які забезпечують просторову жорсткість і стійкість рами.

Основними завданнями розрахунку поперечних рам є:

- визначення внутрішніх зусиль (згинальних моментів, поперечних і осьових сил);
- перевірка міцності та жорсткості конструкції;
- оцінка прогинів і переміщень для забезпечення експлуатаційних вимог;
- підбір оптимальних перерізів для мінімізації ваги конструкції.


Особливості розрахунку залежать від умов закріплення колон у підставі (шарнірні, жорсткі опори) та типів навантажень.


Вихідні дані

Варіант	Висота колон, м	Довжина ригеля, м	Матеріал конструкції	Постійне навантаження, кН/м	Снігове навантаження, кН/м	Вітрове навантаження, кН/м ²	Тип закріплення колон
1	5.0	12.0	Сталь С245	8	4	0.5	Шарнірно-жорстке
2	6.0	14.0	Сталь С345	10	5	0.6	Шарнірне

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 30


Варіант	Висота колон, м	Довжина ригеля, м	Матеріал конструкції	Постійне навантаження, кН/м	Снігове навантаження, кН/м	Вітрове навантаження, кН/м ²	Тип закріплення колон
3	7.0	16.0	Сталь С245	12	6	0.7	Жорстке
4	5.5	10.0	Залізобетон В25	9	3	0.4	Шарнірно-жорстке
5	6.5	15.0	Сталь С345	11	6	0.8	Жорстке
6	8.0	18.0	Сталь С255	14	5	0.6	Шарнірне
7	4.5	12.0	Сталь С235	7	3	0.5	Шарнірно-жорстке
8	6.0	13.0	Залізобетон В30	10	4	0.7	Шарнірне
9	7.5	17.0	Сталь С345	13	6	0.6	Жорстке
10	6.5	11.0	Сталь С245	9	5	0.5	Шарнірне
11	5.0	10.0	Сталь С235	8	3	0.4	Шарнірно-жорстке
12	7.0	14.0	Сталь С255	12	6	0.6	Жорстке
13	6.0	16.0	Залізобетон В25	10	5	0.7	Шарнірне
14	8.0	18.0	Сталь С345	15	6	0.8	Жорстке
15	5.5	12.0	Сталь С245	9	4	0.5	Шарнірно-жорстке
16	7.5	15.0	Залізобетон В30	14	5	0.6	Жорстке
17	6.0	10.0	Сталь С235	8	4	0.5	Шарнірне
18	6.5	14.0	Сталь С255	11	5	0.7	Жорстке
19	7.0	16.0	Сталь С345	13	6	0.6	Шарнірно-жорстке
20	5.5	11.0	Залізобетон В25	9	3	0.4	Жорстке
21	6.0	12.0	Сталь С245	10	4	0.5	Шарнірне
22	7.5	14.0	Сталь С345	14	5	0.7	Жорстке
23	5.0	13.0	Сталь С255	8	4	0.5	Шарнірно-жорстке
24	6.5	15.0	Залізобетон В30	12	6	0.6	Жорстке
25	8.0	18.0	Сталь С235	15	7	0.8	Шарнірне
26	6.0	11.0	Сталь С245	10	4	0.5	Шарнірно-жорстке
27	5.5	12.0	Залізобетон В25	9	3	0.5	Жорстке
28	7.0	17.0	Сталь С345	13	6	0.7	Шарнірне
29	6.5	14.0	Сталь С235	11	5	0.6	Жорстке
30	7.5	16.0	Сталь С255	14	6	0.6	Шарнірно-жорстке

Запуск програми та створення нового проекту. Відкрийте ПК «ЛІРА-САПР» та створіть новий проект  (Нова схема або «Створити новий проект»). Виберіть тип системи (2D або 3D) — для поперечної рами оберіть 2D.


Увімкніть режим введення вузлів за допомогою піктограми  (Створення вузлів). Вводьте координати вузлів вручну або за допомогою миші в графічному вікні. Для рами з висотою колон 6 м і довжиною ригеля 12 м створіть вузли:


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 31

- Вузол 1: (0, 0)
- Вузол 2: (0, 6)
- Вузол 3: (12, 6)
- Вузол 4: (12, 0)


З'єднання елементів. Активуйте режим створення елементів за допомогою відповідної піктограми  (Створення елементів). З'єднайте вузли лініями: колони: 1–2, 4–3; ригель: 2–3.


Задання матеріалів і перерізів

Вибір матеріалів. Відкрийте бібліотеку матеріалів за допомогою піктограми  (Матеріали). Виберіть сталь, наприклад **S245**, або інший необхідний матеріал.

Призначення перерізів. Перейдіть до редактора перерізів через піктограму  (Перерізи). Виберіть стандартний переріз із бібліотеки (наприклад, двотавр №30). Призначте перерізи елементам рами.


Застосування навантажень


Вибір типів навантажень. Відкрийте меню навантажень за допомогою піктограми  (Навантаження). Створіть навантажувальні випадки (постійні, снігові, вітрові).

Застосування навантажень. Використовуйте піктограму  (Лінійні або зосереджені навантаження). Наприклад: постійне навантаження на ригель: 10 кН/м; снігове навантаження: 5 кН/м. Виділіть елемент (ригель), додайте навантаження через графічний інтерфейс або таблицю.

Проведення розрахунку


Налаштування розрахунку. Увімкніть режим завдання розрахункових параметрів через відповідну піктограму. Оберіть метод розрахунку (лінійний або нелінійний).



Запуск розрахунку. Натисніть на піктограму  (Запустити розрахунок). Дочекайтеся завершення розрахунку.

Аналіз результатів. Відкрийте меню аналізу результатів через піктограму  (Епюри зусиль). Оберіть потрібний тип епюри (згинальні моменти, осьові сили, поперечні сили). Для ригеля відобразіть епюру згинальних моментів (синя лінія на екрані).

За допомогою піктограми  (Перегляд результатів у вузлах) перевірте переміщення та напруження.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 32

Підбір поперечних перерізів. Перейдіть до модуля підбору перерізів через піктограму  (Підбір перерізів). Вкажіть критерії підбору (допустимі напруження, граничні деформації). Програма автоматично запропонує оптимальні перерізи (наприклад, заміна двотавра №30 на №25).

Експорт звіту. Збережіть результати розрахунку за допомогою піктограми  (Збереження). Екпортуйте звіт у формат **PDF** або **DOC** через меню звітів .

Контрольні питання

1. Які параметри необхідно враховувати під час моделювання поперечної рами у ПК «ЛІРА-САПР»?
2. Як задаються вузли та елементи рами в «ЛІРА-САПР»?
3. Які характеристики матеріалів слід враховувати для елементів рами?
4. Як вибрати перерізи для колон і ригелів у моделі рами?
5. Як задаються граничні умови для опор рами в програмі?
6. Які типи навантажень враховуються при моделюванні поперечної рами?
7. Як визначаються внутрішні зусилля у колонах і ригелях рами?
8. Які епюри (моментів, поперечних і осьових сил) використовуються для аналізу рами?
9. Як виконується перевірка стійкості рами на основі розрахункових даних?
10. Які критерії враховуються при підборі перерізів для елементів рами?
11. Як результати розрахунків можуть бути представлені у звіті?
12. Які типові помилки можуть виникати під час моделювання рами, і як їх уникнути?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 33


Тема 7. Створення розрахункової моделі нерозрізної балки (ригеля)


Мета роботи. Навчитися створювати розрахункову модель нерозрізної балки в програмі "Ліра-САПР". Провести розрахунок напружено-деформованого стану балки та аналіз отриманих результатів.


Вихідні дані


Варіант	Довжини прольотів, м	Матеріал	Розподілене постійне навантаження q_1 , кН/м	Розподілене тимчасове навантаження q_2 , кН/м	Тип опор
1	3 + 3 + 3	Бетон С25/30	4	2	Шарнірні
2	4 + 4 + 4	Бетон С20/25	5	3	Шарнірні
3	5 + 5 + 5	Бетон С30/37	6	4	Шарнірні
4	3 + 4 + 5	Сталь S235	7	3	Жорсткі
5	4 + 5 + 6	Бетон С25/30	8	5	Шарнірні
6	6 + 6 + 6	Бетон С35/45	5	2	Жорсткі
7	3 + 6 + 3	Бетон С20/25	6	4	Шарнірні
8	4 + 4 + 3	Бетон С25/30	4	3	Шарнірні
9	5 + 4 + 5	Бетон С30/37	5	3	Жорсткі
10	6 + 5 + 4	Сталь S355	7	6	Шарнірні
11	4 + 3 + 4	Бетон С25/30	3	2	Шарнірні
12	5 + 5 + 4	Бетон С35/45	6	4	Жорсткі
13	4 + 6 + 6	Бетон С25/30	5	3	Шарнірні
14	6 + 4 + 4	Бетон С20/25	6	5	Шарнірні
15	3 + 5 + 7	Сталь S275	8	4	Жорсткі
16	4 + 6 + 4	Бетон С30/37	5	3	Шарнірні
17	5 + 5 + 3	Бетон С35/45	7	6	Шарнірні
18	3 + 3 + 5	Бетон С25/30	6	2	Шарнірні
19	4 + 5 + 5	Сталь S355	7	5	Жорсткі
20	6 + 6 + 4	Бетон С25/30	4	3	Шарнірні
21	4 + 4 + 5	Бетон С30/37	6	2	Шарнірні
22	5 + 6 + 3	Бетон С20/25	8	5	Жорсткі
23	6 + 3 + 4	Бетон С35/45	5	3	Шарнірні
24	4 + 5 + 6	Сталь S275	6	4	Шарнірні
25	5 + 3 + 5	Бетон С25/30	7	2	Шарнірні
26	3 + 4 + 4	Бетон С30/37	6	3	Жорсткі
27	4 + 6 + 5	Бетон С20/25	5	4	Шарнірні
28	5 + 5 + 6	Бетон С35/45	8	6	Шарнірні
29	6 + 6 + 6	Сталь S355	6	3	Шарнірні
30	3 + 5 + 4	Бетон С25/30	4	2	Шарнірні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 34


Запуск програми. Відкрийте програму "Ліра-САПР", натисніть піктограму  і в головному меню виберіть "Файл" → "Створити новий проект", "Новий проект".

Створення геометрії балки. Увімкніть режим побудови геометрії. Для цього у верхній панелі виберіть вкладку "Геометрія", якій відповідає піктограма:  "Лінії та точки".


Побудуйте осі балки, для чого виберіть інструмент "Створити вузли", піктограма  "Вузол". Додайте вузли в координатах: вузол 1: (0, 0); вузол 2: (4, 0); вузол 3: (8, 0); вузол 4: (12, 0). Після створення вузлів виберіть інструмент "З'єднати вузли" для формування ліній між ними.

Задання матеріалів. У верхній панелі перейдіть у вкладку  "Матеріали". Натисніть "Створити новий матеріал" і виберіть "Бетон" із бібліотеки. Якщо потрібно, введіть такі параметри вручну:


- модуль пружності: $E=30 \times 10^3$ МПа;
- щільність: $\rho=2500$ кг/м³;
- коефіцієнт Пуассона: $\nu=0.2$.


Задання граничних умов. Виберіть вузли для закріплення. Перейдіть до вкладки "Граничні умови", піктограма:  "Опори". Закріпіть:

- вузол 1 (шарнірно-оперта умова): фіксуйте переміщення по X і Y;
- вузол 4 (шарнірно-оперта умова): фіксуйте переміщення по X і Y;
- вузли 2 і 3: вкажіть умови закріплення у вигляді шарнірних опор (обмеження тільки по Y).




Накладання навантажень. Перейдіть до вкладки "Навантаження" за допомогою піктограми  "Навантаження". Створіть нове навантаження: назва "Постійне", тип «Розподілене».


Виберіть лінії балки (прольоти 1, 2, 3) і застосуйте рівномірне навантаження: $q_1 = 5$ кН. Створіть друге навантаження: назва "Тимчасове", тип «Розподілене». Виберіть центральний проліт (лінія між вузлами 2 і 3) і застосуйте навантаження: $q_2 = 3$ кН.

Виконання розрахунку. Перейдіть до вкладки "Розрахунок". Натисніть кнопку "Запустити розрахунок", піктограма:  "Пуск". Дочекайтеся завершення розрахунку та перевірте повідомлення про відсутність помилок.

Аналіз результатів. Перейдіть до вкладки "Результати", піктограма  "Графіки результатів". Виберіть необхідний тип результатів для аналізу:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 35

- для моментів використайте піктограму  "Моменти" та перегляньте графік моментів у кожному прольоті;
- для переміщення виберіть піктограму  "Переміщення" та проаналізуйте максимальні прогини;
- для напружень виберіть піктограму  "Напруження" та оцініть напруження у матеріалі балки.

Формування звіту. У вкладці "Результати" натисніть "Експорт звіту", піктограма  "Звіт". Вкажіть параметри звіту, включіть графіки, таблиці результатів та геометрію моделі. Збережіть звіт у форматі PDF.

Контрольні питання

1. Як визначити основні параметри моделі нерозрізної балки у ПК «ЛІРА-САПР»?
2. Які етапи створення розрахункової моделі нерозрізної балки?
3. Як задаються вузли та елементи для моделювання балки у програмі?
4. Які характеристики матеріалів і перерізів необхідно враховувати для нерозрізної балки?
5. Як у «ЛІРА-САПР» задаються граничні умови для нерозрізної балки?
6. Які типи навантажень враховуються у моделі нерозрізної балки?
7. Як проводиться розрахунок внутрішніх зусиль у балці?
8. Які види діаграм будуються для аналізу напружень і деформацій у балці?
9. Як визначаються максимальні прогини нерозрізної балки?
10. Які основні кроки виконуються для аналізу реакцій в опорах?
11. Як оцінити міцність і жорсткість нерозрізної балки за результатами розрахунків?
12. Які типові помилки можуть виникати під час моделювання балки, і як їх уникнути?
13. Як оптимізувати конструкцію нерозрізної балки на основі результатів розрахунків?
14. Як результати розрахунків представлені у вигляді звіту чи графіків?


Тема 8. Створення розрахункової моделі монолітного перекриття та визначення максимального прогину плити від заданого навантаження з урахуванням власної ваги в ПК «ЛІРА-САПР»


Мета роботи. Навчитися створювати розрахункові моделі плоских конструкцій у ПК «ЛІРА-САПР». Освоїти навички введення навантажень, у тому числі власної ваги конструкції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 36


Вихідні дані




Варіант	Довжина плити, м	Ширина плити, м	Товщина плити, мм	Клас бетону	Тип опори	Навантаження, кН/м ²
1	6	6	200	C20/25	Шарнірна	4.17
2	7	9	200	C20/25	Жорстка	6.84
3	8	10	200	C30/37	Жорстка	7.66
4	9	9	250	C30/37	Жорстка	5.29
5	10	5	200	C30/37	Жорстка	3.90
6	5	8	150	C25/30	Шарнірна	6.45
7	6	7	200	C25/30	Жорстка	4.89
8	7	10	250	C30/37	Шарнірна	7.05
9	10	6	200	C20/25	Жорстка	5.64
10	8	8	150	C25/30	Шарнірна	3.92
11	9	5	250	C30/37	Шарнірна	4.76
12	10	7	200	C25/30	Жорстка	6.23
13	6	10	150	C20/25	Шарнірна	5.88
14	7	5	200	C25/30	Жорстка	7.14
15	8	9	250	C30/37	Шарнірна	4.31
16	9	8	200	C20/25	Жорстка	6.78
17	5	6	150	C25/30	Шарнірна	4.19
18	10	9	250	C30/37	Жорстка	5.97
19	6	7	200	C25/30	Шарнірна	7.34
20	7	8	150	C20/25	Жорстка	4.62
21	8	6	200	C30/37	Шарнірна	5.49
22	9	10	250	C20/25	Жорстка	6.91
23	10	8	150	C25/30	Шарнірна	3.78
24	5	9	200	C30/37	Жорстка	7.12
25	6	10	250	C20/25	Шарнірна	5.03
26	7	6	150	C25/30	Жорстка	4.57
27	8	7	200	C30/37	Шарнірна	6.87
28	9	8	150	C20/25	Жорстка	4.92
29	10	5	200	C25/30	Шарнірна	6.48
30	5	10	250	C30/37	Жорстка	5.75


Запуск програми та створення нового проєкту. Запустіть ПК «ЛІРА-САПР». У головному меню оберіть пункт «Файл» → «Новий проєкт» або натисніть піктограму «Створити новий проєкт», піктограма: . Виберіть тип розрахункової схеми — «Плита».


Створення геометричної моделі перекриття. У верхньому меню натисніть на піктограму «Геометрія». Виберіть «Побудова прямокутника», піктограма . У діалоговому вікні задайте розміри плити (наприклад, довжина = 6 м, ширина = 6 м). Товщину плити задайте в розділі «Секції»

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 37

елементів». Натисніть «Підтвердити» для створення геометрії, за допомогою піктограми підтвердження .

Задання матеріалу для плити. Перейдіть до розділу «Матеріали», піктограма . У вікні виберіть «Додати новий матеріал», піктограма . Задайте характеристики матеріалу відповідно до вихідних даних. Натисніть «Застосувати до плити» за допомогою піктограми .


Задання граничних умов. У розділі «Опори» натисніть «Додати граничні умови», піктограма . Виберіть тип опори: шарнірно-закріплена; жорстке закріплення.


Прив'яжіть опори до вузлів плити. Для цього виберіть вузли за допомогою «Виділити вузли» .

Задання навантажень. Перейдіть до розділу «Навантаження». Виберіть тип навантаження:

- власна вага (увімкнути галочку «Автоматично враховувати власну вагу»);
- рівномірно розподілене навантаження.

Введіть значення навантаження та задайте напрямок (зазвичай вертикально вниз).

Виконання розрахунку. Натисніть «Розрахунок» у верхньому меню або оберіть піктограму «Запустити розрахунок» . Дочекайтесь завершення процесу, перевірте, чи немає повідомлень про помилки.

Аналіз результатів. У розділі «Результати» виберіть «Діаграма прогинів» . На екрані з'явиться кольорова карта прогинів плити. Червоні ділянки показують максимальний прогин. Сині ділянки — мінімальний прогин. Наведіть курсор на максимальну ділянку, щоб побачити значення.

Оформлення звіту. Виберіть пункт меню «Експорт результатів» та збережіть результати у форматі PDF або зробіть скріншоти.

Контрольні питання

1. Які параметри необхідно враховувати під час моделювання монолітного перекриття?
2. Як задаються геометричні характеристики перекриття у ПК «ЛІРА-САПР»?
3. Які характеристики матеріалів і перерізів необхідно враховувати для розрахунку плити?
4. Як враховується власна вага плити у моделі?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 38

5. Які типи навантажень можуть бути застосовані до перекриття?
6. Як задаються граничні умови для моделі монолітного перекриття?
7. Які методи використовуються для розрахунку максимального прогину плити?
8. Як аналізуються результати внутрішніх зусиль у перекритті?
9. Як побудувати діаграми прогинів і напружень у ПК «ЛІРА-САПР»?
10. Як визначити критичні ділянки монолітного перекриття за результатами розрахунків?
11. Які основні помилки можуть виникати під час моделювання перекриття, і як їх уникнути?
12. Як розрахункові дані можуть вплинути на вибір конструктивних рішень?
13. Які способи оптимізації конструкції плити можна застосувати на основі отриманих результатів?
14. Як результати розрахунків перекриття можуть бути представлені у формі звіту?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 39

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. BIM-технології в будівництві : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спец. 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заоч. форм навч. / уклад. В.П. Самчук. – Луцьк : ЛНТУ, 2023. – 116 с. URL: <https://lib.lntu.edu.ua/uk/147258369/13052>

2. EU BIM Task Group. (2017). Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором (Ukrainian version). [Онлайнова публікація]. Publications Office of the European Union. URL: https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf

3. Моргун, А. С., Андрухов, В. М., Сорока, М. М., Меть, І. М. (2015). Системи автоматизованого проектування в будівництві. Вінницький національний технічний університет. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/65/109/120-1?inline=1>

4. Барандич, К. С., Подолян, О. О., Гладський, М. М. (2021). Системи автоматизованого проектування: Конспект лекцій. КПІ ім. Ігоря Сікорського. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/178b106e-773e-4d58-абес-e031cdde998a/content>

5. Сорочак А. П. (2018). Програмне забезпечення інженерних розрахунків: Конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво та інженерія». Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/24254/1/konspekt.pdf>

6. ЛІРА-САПР. (2023). Приклади розрахунків у ЛІРА-САПР. URL: https://www.liraland.ua/download/private/lira/2023/lira_sapr_examples_ua.pdf

7. ЛІРА-САПР. (2022). Посібник користувача SAPFIR 2022. URL: <https://www.liraland.ua/download/private/sapfir/2022/SapfirTutorial2022.pdf>

8. Дмитренко Є.А., Яковенко І.А., Фесенко О.А. (2024). Моделювання залізобетонного монолітного каркасу багатоповерхової будівлі у середовищі ПК «ЛІРА-САПР» : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт за дисциплінами «САПР у будівництві», «Моделювання будівель та споруд сільськогосподарського призначення» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». НУБіП URL: <https://www.liraland.ua/download/private/lira/2024/MethodSaprNUBIP.pdf>

9. Дмитренко Є.А., Яковенко І.А., Фесенко О.А. (2024). Основи проектування конструкцій будівель та споруд у програмному комплексі «ЛІРА-САПР» : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни «Основи автоматизованого проектування у будівництві» для студентів за

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 40 / 40

спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». НУБіП URL: <https://www.liraland.ua/download/private/lira/2024/MethodOsnovyNUBIP.pdf>

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Lemberg Academy. Курси AutoCAD для освоєння інструментів дво- та тривимірного проектування для архітектурних та інших проектів. URL: <https://lemborg-academy.com/>
2. buildit.lab: Освітній онлайн-простір, що пропонує безкоштовні курси з Autodesk Revit для будівельників, архітекторів та інженерів-проектувальників. URL: https://www.buildit.org.ua/buildit-lab?utm_source=chatgpt.com
3. CAD Center. Надає інформацію та навчальні матеріали з Primavera P6, включаючи візуалізацію та моніторинг виконання проекту. URL: https://www.cadcenter.org/primavera?utm_source=chatgpt.com
4. Computers and Structures, Inc. (CSI). SAP2000 Tutorials. URL: <https://www.csiamerica.com/products/sap2000/training>
5. Autodesk. Robot Structural Analysis for Building Projects. URL: <https://www.autodesk.com/learn/ondemand/curated/robot-structural-analysis-for-building-projects>
6. Oracle. Primavera P6 Training and Certification. URL: <https://education.oracle.com/primavera-p6-training>
7. Microsoft. Microsoft Project Training. URL: <https://support.microsoft.com/en-us/project>
8. Trimble Inc.. SketchUp Campus. URL: <https://learn.sketchup.com/>
9. Autodesk Inc. (2023). Mastering AutoCAD and AutoCAD LT 2023. San Francisco: Wiley. URL: <https://www.wiley.com/>
10. Structural Software Solutions. (2021). Robot Structural Analysis Professional 2022 User's Guide. San Francisco: Autodesk. URL: <https://knowledge.autodesk.com/>
11. Pujadas, J., & Moragues, J. (2021). Concrete Structures: Stresses and Deformations. Oxford: Butterworth-Heinemann. URL: <https://www.elsevier.com/>
12. LIRALAND Group. Офіційний сайт ЛІРА-САІР. URL: <https://www.liraland.ua/>
13. LIRALAND Group. ЛІРА-САІР: Проектування та розрахунок будівельних конструкцій. URL: <https://www.liraland.ua/lira/>
14. LIRALAND Group. ЛІРА-САІР для студентів і самостійного вивчення. URL: <https://www.liraland.ua/services/forstudents.php>