



М. С. Барабаш, С. В. Козлов, Д. В. Медведенко

# КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет

М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д. В. Медведенко

## КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних  
закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Будівництво»*

Київ 2012

УДК 624.04:624.014:004.42 (075.8)

ББК Н540-02с51я7

Б24

Рецензенти: *О. В. Шимановський* – д-р техн. наук, проф. (ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»);

*О. С. Городецький* – д-р техн. наук, проф. (Науково-дослідний інститут будівельного виробництва);

*О. І. Давиденко* – д-р техн. наук, проф. (Донбаський державний технічний університет);

*А. І. Лантух-Лященко* – д-р техн. наук, проф. (Національний транспортний університет)

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(лист № 1/11-1378 від 18.02.11).*

**Барабаш М. С.**

Б24

Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій : навч. посіб. / М. С. Барабаш, С. В. Козлов, Д. В. Медведенко. – К. : НАУ, 2012. – 572 с.

ISBN 978-966-598-770-3

У посібнику викладено технології й методи комп'ютерного моделювання, розглянуто питання автоматизованого розрахунку та конструювання будівельних металевих конструкцій у програмному комплексі ЛІРА-САПР, приклади розрахунків вручну. Показано засоби побудови розрахункових скінченно-елементних моделей конструкцій, що розглядаються в курсовому проектуванні будівельних вищих навчальних закладів, а саме балкової клітки та одноповерхової виробничої будівлі. Виконано аналіз і порівняння отриманих результатів розрахунків класичними методами та з використанням програмних комплексів.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Будівництво».

УДК 624.04:624.014:004.42 (075.8)

ББК Н540-02с51я7

ISBN 978-966-598-770-3

© Барабаш М. С., Козлов С. В.,  
Медведенко Д. В., 2012

## ЗМІСТ

---

ПЕРЕДМОВА .....	7
ВСТУП .....	9
Розділ 1. МЕТОДИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКЦІЙ .....	12
1.1. Короткий історичний нарис розвитку комп'ютерних технологій і систем автоматизованого проектування .....	12
1.2. Сучасні розрахункові комплекси і системи конструювання .....	17
1.2.1. Вимоги до сучасних програмних комплексів .....	17
1.2.2. Застосування комп'ютерних технологій при проектуванні металевих конструкцій .....	28
1.2.3. Напрями розвитку комп'ютерних технологій .....	31
1.3. Основні принципи моделювання металевих конструкцій .....	33
1.4. Особливості реалізації автоматизованих розрахунків металевих конструкцій з урахуванням нелінійності .....	35
1.5. Загальні положення проектування металевих конструкцій у сучасних комп'ютерних програмах .....	41
1.5.1. Найефективніші інструменти, які використовують при моделюванні розрахункових схем будівельних конструкцій .....	49
1.5.2. Можливості конструювання елементів конструкцій та їх вузлів .....	52
1.6. Основи автоматизованого розрахунку стрижневих елементів металевих конструкцій .....	57
1.6.1. Вихідні дані для розрахунку .....	61
1.6.2. Конструктивні й уніфіковані елементи .....	75
1.6.3. Розрахунок елементів металевих конструкцій та аналіз результатів .....	77
1.7. Основи автоматизованого розрахунку вузлів конструкцій .....	83
1.7.1. Вихідні дані для розрахунку вузлів .....	83
1.7.2. Розрахунок вузлів та аналіз результатів .....	86
1.8. Деякі аспекти щодо зміни користувальницького інтерфейсу ПК ЛІРА-САПР .....	90
Розділ 2. ПРОЕКТУВАННЯ БАЛКОВОЇ КЛІТКИ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ ЗАСОБАМИ ПК ЛІРА-САПР .....	105
2.1. Загальні положення .....	105

2.2. Компонування конструктивної схеми балкової клітки у програмному комплексі.....	107
2.3. Розрахункова схема головної балки і визначення зусиль .....	109
2.3.1. Створення нової задачі .....	109
2.3.2. Створення геометричної схеми балки .....	110
2.3.3. Задання граничних умов .....	111
2.3.4. Задання жорсткісних характеристик .....	113
2.3.5. Задання навантажень.....	116
2.3.6. Перегляд і аналіз результатів розрахунку .....	119
2.4. Підбір або перевірка перерізів зварної головної балки складеного перерізу.....	121
2.4.1. Задання додаткових характеристик для елементів.....	121
2.4.2. Призначення конструктивних елементів.....	123
2.4.3. Аналіз результатів підбору і перевірки несучої здатності балки.....	124
2.5. Розрахунок другорядних балок і колон .....	133
2.6. Приклад розрахунку перерізу балки з одним прогоном у локальному режимі роботи програми СТК-САПР .....	135
2.6.1. Результати розрахунку .....	139
2.7. Розрахунок поясних з'єднань .....	141
2.8. Компонування просторової схеми балкової клітки .....	147
2.8.1. Вихідні дані. Розрахункова схема балкової клітки .....	147
2.9. Визначення зусиль і їх розрахункових сполучень .....	148
2.9.1. Створення геометричної схеми.....	148
2.9.2. Задання жорсткісних характеристик .....	153
2.9.3. Задання навантажень.....	157
2.9.4. Генерація таблиці розрахункових сполучень зусиль .....	157
2.10. Підбір або перевірка перерізів конструктивних елементів.....	159
2.10.1. Призначення конструктивних елементів.....	163
2.10.2. Уніфікація скінчених елементів.....	164
2.10.3. Задання розкріплення для розрахунку прогинів.....	165
2.10.4. Перевірка призначених перерізів.....	165
2.11. Розрахунок і конструювання вузла сполучення балок .....	168
2.11.1. Розрахунок простого вузла .....	168
2.11.2. Конструювання складного вузла.....	174
2.12. Розрахунок бази колони в СТК-САПР.....	176
2.13. Автоматизоване виконання креслень.....	183
2.13.1. Підготовка робочих креслень металевих конструкцій за допомогою КМ-САПР .....	183
2.13.2. Тривимірна модель.....	186

2.13.3. Склад моделі.....	190
2.13.4. Імпорт моделі .....	191
2.13.5. Редагування моделі .....	194
2.13.6. Створення креслень .....	196
2.13.7. Створення таблиць.....	200
2.13.8. Адаптація ЛПРА-КМ.....	202
2.13.9. Отримання креслень будинку чи споруди.....	203
2.13.10. Створення відомості елементів.....	212
2.13.11. Генерація креслень вузлів .....	217
2.13.12. Створення специфікації металу .....	224
2.13.13. Підготовка і друк креслень .....	234
<b>Розділ 3. АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОДНОПОВЕРХОВОЇ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ.....</b>	<b>238</b>
3.1. Загальні положення .....	238
3.2. Компонування поперечної рами та проектування схеми каркаса. Навантаження на поперечну раму .....	239
3.3. Розрахункова схема поперечної рами, визначення зусиль та їх розрахункових сполучень. Статичний розрахунок рами.....	244
3.3.1. Створення геометричної схеми поперечної рами .....	245
3.3.2. Задання граничних умов.....	252
3.3.3. Задання жорсткісних характеристик .....	252
3.3.4. Задання навантажень .....	259
3.3.5. Формування розрахункових сполучень зусиль .....	267
3.3.6. Перегляд і аналіз результатів розрахунку.....	273
3.4. Розрахунок та конструювання конструктивних елементів поперечної рами. Підбір або перевірка перерізів .....	276
3.4.1. Перевірка елементів ферми.....	277
3.4.2. Перевірка нижньої частини колони.....	280
3.4.3. Перевірка і підбір верхньої частини колони.....	285
3.5. Документування результатів розрахунку.....	289
3.5.1. Друк звіту.....	289
3.5.2. Використання графічного контейнера .....	290
3.6. Проектування одноповерхової промислової будівлі у просторовій постановці .....	291
<b>Розділ 4. ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ БАЛКОВОЇ КЛІТКИ ТА СТАЛЕВОГО КАРКАСА ОДНОПОВЕРХОВОЇ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ ТРАДИЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ .....</b>	<b>305</b>
4.1. Приклад розрахунку елементів балкової клітки виробничої будівлі.....	306
4.1.1. Загальні положення проектування балкових кліток .....	306
4.1.2. Компонування конструктивної схеми перекриття.....	307

4.1.3. Розрахунок настилу і допоміжних балок .....	308
4.1.4. Розрахунок головної балки.....	315
4.1.5. Розрахунок центрально-стисненої колони.....	343
4.2. Приклад розрахунку поперечної рами однопрогінної промислової будівлі.....	368
4.2.1. Компонування поперечної рами та проектування схеми каркаса.....	369
4.2.2. Навантаження на поперечну раму .....	371
4.2.3. Складання розрахункової схеми і визначення зусиль у перерізах поперечної рами .....	381
4.2.4. Розрахунок та конструювання колони каркаса.....	390
4.2.5. Розрахунок ферми .....	413
<b>Розділ 5. ПРИКЛАДИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЯКИХ СКЛАДНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ.....</b>	<b>425</b>
5.1. Конструктивні схеми великопрогінних покриттів.....	426
5.1.1. Вантові та мембранні конструкції. Загальні положення.....	426
5.1.2. Моделювання каркасної будівлі з висячим сітчастим покриттям .....	427
5.2. Металоконструкції аروحного типу .....	436
5.2.1. Загальні положення .....	436
5.2.2. Особливості задання геометрії скінченно-елементних моделей арок.....	436
5.2.3. Визначення вітрових і снігових навантажень.....	440
5.2.4. Розрахункова схема арки, визначення зусиль і їх розрахункових поєднань.....	443
5.2.5. Підбір або перевірка сталевого перерізу арки .....	444
5.2.6. Розрахунок стійкості арки .....	445
5.3. Висотні інженерні споруди.....	446
5.3.1. Розрахунок металевої вежі .....	447
5.3.2. Розрахунок щогли в геометрично нелінійній постановці .....	466
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>492</b>

*Навчальне видання*

БАРАБАШ Марія Сергіївна  
КОЗЛОВ Сергій Васильович  
МЕДВЕДЕНКО Дмитро В'ячеславович

**КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ  
МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Навчальний посібник

Редактор *Н. П. Мельник*  
Технічний редактор *А. І. Лавринович*  
Коректор *О. О. Крись*  
Комп'ютерна верстка *Н. С. Ахроменко*





## БАРАБАШ Марія Сергіївна

Дійсний член Академії Будівництва України, кандидат технічних наук, доцент  
Коло наукових інтересів: комп'ютерні технології проектування об'єктів будівництва, комп'ютерне моделювання будівельних конструкцій, інтеграція програмних засобів будівельної галузі, методи комп'ютерного моделювання життєвого циклу будівельного об'єкта



## КОЗЛОВ Сергій Васильович

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник конструкторського відділу проектного департаменту ДП «ЮТЕМ-Інжиніринг», м. Київ  
Коло наукових інтересів: дослідження залишкових напружень та їх вплив на роботу зварних конструкцій; технічний стан і залишковий ресурс будівельних конструкцій  
Розробник методики розрахунку і технології виконання локальних термічних впливів для підвищення стійкості стиснених елементів ферм із прокатних кутикових профілів



## МЕДВЕДЕНКО Дмитро Вячеславович

Провідний інженер-програміст ТОВ «ЛІРА САПР», автор і розробник програмного комплексу ЛІРА САПР  
Коло наукових інтересів: автоматизація розрахунку і проектування сталевих конструкцій, автоматизація створення скінченноелементних моделей для міцнісного розрахунку будівельних конструкцій, створення програмного забезпечення для розрахунку і проектування будівельних конструкцій

