

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з дисципліни «Металеві конструкції»  
для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри  
будівництва, урбаністики та  
просторового планування

Протокол № 8 від 18.02.2025 р.

Київ, 2025 р.

УДК 624.014

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» (Електронне видання) / Уклад.: К. В. Соколенко, В. М. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2025. – 23 с.

Методичні вказівки призначені для допомоги при самостійному вивченні теоретичної частини дисципліни «Металеві конструкції» та оволодінні навичками розрахунку та проектування елементів і з'єднань сталевих конструкцій відповідно до чинних норм проектування. Вказівки призначені для використання студентами спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форми та заочної форми навчання, які навчаються за індивідуальними навчальними планами.

Рецензент:

О.А. Черних, доц., к.т.н.

Укладачі:

К. В. Соколенко, ст. викл., PhD

В. М. Соколенко, доц., к.т.н.

**ЗМІСТ**

ВСТУП.....	4
1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	7
2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	12
3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ .....	15
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	19

## ВСТУП

Будівництво є однією з найбільш металоємних галузей – значна частина сталі витрачається на виготовлення металоконструкцій, з яких зводять автодорожні та залізничні мости, каркаси промислових і цивільних будівель, вежі та щогли антенних пристроїв, опори ліній електропередачі, резервуари, газгольдери тощо.

Головним функціональним завданням несучих конструкцій є передача силових потоків від місць прикладання навантажень і впливів на фундамент. Переходячи з одного елемента на інший, навантаження і впливи постійно змінюються, набуваючи форми нормальних і поперечних сил, згинальних і крутних моментів, або перетворюються на інші, складніші форми.

Завдання інженера-конструктора полягає в тому, щоб при дотриманні технологічних та інших вимог до об'єкта проєктування створити конструктивну схему з підбором параметрів елементів і вузлових з'єднань, що забезпечує простий і надійний шлях для передачі силових потоків. При цьому кожен конструктивний елемент і споруда загалом мають задовольняти комплекс умов: міцність, стійкість, жорсткість, довговічність, ремонтпридатність у поєднанні з економічними обмеженнями. Таким чином, розрахунок конструкцій неможливий без знань теоретичних основ побудови розрахункових положень. Розміри поперечних перерізів елементів металоконструкцій визначаються розрахунком, що враховує міцнісні властивості матеріалу, умови роботи та призначення конструкцій.

Розрахунок несучих будівельних конструкцій є відповідальним процесом, оскільки помилки в ньому можуть спричинити серйозні матеріальні збитки через можливі відмови конструкцій. Дисципліна «Металеві конструкції» є однією з ключових у підготовці майбутніх інженерів-будівельників.

**Передумови для вивчення** – здатність проводити аналіз напружено-деформованого стану будівельних конструкцій під навантаженням. До початку вивчення дисципліни, студенти повинні мати знання із наступних дисциплін: будівельне матеріалознавство, архітектура будівель та споруд, теоретична механіка, опір матеріалів, будівельна механіка.

**Метою** дисципліни є підготовка здобувачів вищої освіти, майбутніх фахівців, до практичної роботи з проєктування несучих металевих конструкцій для будівель і споруд різного призначення із застосуванням передових досягнень виробництва і науки.

**Завдання** вивчення дисципліни:

- вироблення розуміння основ роботи металевих конструкцій будівель і споруд;

- оволодіння принципами раціонального проектування металевих конструкцій з урахуванням вимог виготовлення, монтажу та надійності експлуатації на основі техніко-економічного аналізу;
- формування навичок конструювання та розрахунку для розв'язання конкретних інженерних задач з використанням норм проектування, стандартів, довідників, засобів автоматичного проектування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач набуває **компетентностей:**

- знання з раціонального використання металевих конструкцій;
- розуміння роботи і принципів проектування основних типів несучих конструкцій будівель;
- вміння розробляти розрахункові схеми конструкцій та визначати діючі навантаження;
- знання і розуміння теорії роботи металевих конструкцій під навантаженням, а також методики розрахунку металевих конструкцій за граничними станами;
- навички аналізу напружено-деформований стану металевих конструкцій;
- навички розрахунків та конструювання елементів і з'єднань металевих конструкцій;
- вміння обирати та проектувати економічні металеві конструкції балочного, фермового та колонного типів з урахуванням взаємодії будівельних конструкцій між собою;
- здатність створювати з окремих металевих конструкцій просторові каркаси балочних клітин.
- користуватися нормативною та довідковою літературою.

**За результатами навчання, здобувач повинен:**

**Уміти:**

- аналізувати напружено-деформований стан металевих конструкцій;
- знаходити раціональні методи розв'язання практичних задач з розрахунку металевих конструкцій;
- виконувати розрахунки металевих конструкцій під впливами статичних навантажень за I та II групами граничних станів;
- користуватися науковою, довідковою та нормативною літературою в галузі проектування металевих конструкцій;
- конструювати каркаси балочних клітин.

**Знати:**

- конструктивні особливості металу, як конструкційного матеріалу;

- методику розрахунків і конструювання балочних, фермових, центрально- і позацентрово-стиснутих колон металевих конструкцій, в тому числі із використанням сучасних промислових програмних комплексів (ПК LIRA-FEM);
- методику визначення несучої здатності з'єднань металевих конструкцій.

Метою самостійної роботи студентів є вивчення теоретичної частини курсу, набуття умінь розрахунку й конструювання елементів та з'єднань сталевих конструкцій відповідно до чинних норм проектування, а також навичок користування нормативною й довідковою літературою.

Дані методичні вказівки мають на меті допомогти здобувачам організувати свою роботу за наведеними в них рекомендаціями, використовуючи при цьому методичні навчальні видання, нормативну та довідкову літературу, вказану в списку літератури.

## 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Теоретичну складову дисципліни рекомендується вивчати за навчальною літературою наведеною в списку рекомендованої літератури [1-3], конспектами лекцій [12, 13] та діючим нормативним документом [4]. Наведений нижче перелік тем містить короткий зміст питань, що розглядаються в межах кожної теми та відповідні посилання на джерела в списку рекомендованої літератури.

Таблиця 1.1. Перелік тем, що виносяться на вивчення в теоретичній частині дисципліни та їх короткий зміст із посиланнями на літературні джерела.

№ п/п	Перелік тем та їх короткий зміст	Рекомендована література
	<b>Тема 1. Вступ. Матеріали для металевих конструкцій. Сортамент</b>	
1	<p><i>Історія розвитку, властивості та галузі використання металевих конструкцій у будівництві</i></p> <p>Історія розвитку металевих конструкцій. Область застосування металевих конструкцій. Особливості металевих конструкцій та вимоги до них</p>	<p>[1] – с. 13 – 24 [2] – с. 9 – 15 [12] – с. 7 – 15</p>
2	<p><i>Матеріали будівельних металевих конструкцій. Властивості та робота матеріалів у конструкція.</i></p> <p>Необхідні властивості металів. Загальна характеристика сталей. Класифікація сталей. Нормування сталей. Сталі звичайної міцності. Сталі підвищеної міцності. Сталі високої міцності. Атмосферостійкі сталі. Вибір сталей для будівельних конструкцій. Вплив різних факторів на властивості сталі. Робота сталі під навантаженням.</p>	<p>[1] – с. 25 – 53 [2] – с. 16 – 52 [4] – розділ 6 [12] – с. 16 – 35</p>
3	<p><i>Сортамент.</i></p> <p>Характеристика основних профілів сортаменту. Листова сталь. Кутові профілі. Швелери. Двотаври. Труби. Різні профілі та вироби з металу, що застосовуються у будівництві. Правила використання профілів у будівельних конструкціях.</p>	<p>[1] – с. 54 – 68 [2] – с. 53 – 68 [12] – с. 36 – 41</p>
	<b>Тема 2. Основи розрахунку металевих конструкцій.</b>	
4	<p><i>Основні положення методу граничних станів. Навантаження і впливи.</i></p> <p>Основні поняття та визначення. Методика розрахунку конструкцій за граничними станами (часткові коефіцієнти надійності). Класифікація навантажень та їх сполучень. Нормативні та розрахункові опори сталі. Загальні положення розрахунку елементів металевих конструкцій на різні види деформацій (центральний та позацентровий стиск-розтяг, поперечний згин)</p>	<p>[1] – с. 69 – 125 [2] – с. 69 – 136 [4] – розділ 5, 7-10 [12] – с. 42 – 51 [5-8, 22-24]</p>

Продовження табл. 1.1

№ п/п	Перелік тем та їх короткий зміст	Рекомендована література
	<b>Тема 3. Зварювання та зварні з'єднання.</b>	
5	<p><b><i>Види зварювання та типи зварних з'єднань металевих конструкцій.</i></b></p> <p>Зварювання. Історія зварювання. Класифікація зварки. Термічний клас зварювання. Термомеханічний клас зварювання. Електрична зварювальна дуга. Термічний цикл зварювання. Зварювальні напруження та деформації. Контроль якості зварювання та зварних з'єднань. Основні дефекти та причини їх утворення. Основні види контролю якості зварних з'єднань. Основні типи зварних з'єднань та швів.</p>	<p>[1] – с. 126 – 141  [2] – с. 137 – 156  [12] – с. 52 – 72</p>
6	<p><b><i>Проектування та розрахунок з'єднань зі стиковими та кутовими зварними швами.</i></b></p> <p>Конструювання та робота зварних з'єднань. Стикові з'єднання. З'єднання, виконані за допомогою кутових швів. Вплив залишкових зварювальних напружень на роботу зварних конструкцій. Робота зварних з'єднань під час циклічних навантажень. Розрахунок зварних з'єднань. Розрахунок стикових зварних з'єднань. Розрахунок з'єднань з кутовими швами. Комбіновані з'єднання. Конструктивні вимоги до зварних з'єднань.</p>	<p>[1] – с. 141 – 153  [2] – с. 156 – 173  [4] – підрозділ 16.1  [12] – с. 72 – 83</p>
	<b>Тема 4. Болтові з'єднання.</b>	
7	<p><b><i>Проектування з'єднань на болтах грубої, нормальної та підвищеної точності та фрикційних з'єднань на високоміцних болтах.</i></b></p> <p>Заклепкові з'єднання. Болтові з'єднання. Робота та розрахунок болтових з'єднань. Болтові з'єднання без контрольованого натягу болтів. Розрахунок багатоболтових з'єднань. Робота та розрахунок з'єднань на зсув при повторних навантаженнях. Робота болтових з'єднань при навантаженні з перервами. Робота та розрахунок болтових з'єднань при вібраційному навантаженні. Фрикційні з'єднання на високоміцних болтах. Конструювання болтових з'єднань. Типи болтових з'єднань. Розміщення болтів у з'єднанні.</p>	<p>[1] – с. 154 – 169  [2] – с. 174 – 197  [4] – підрозділи 16.2, 16.3  [12] – с. 84 – 96</p>
	<b>Тема 5. Основи проектування, виготовлення та монтажу металевих конструкцій.</b>	
8	<p><b><i>Металеві конструкції: проектування, виготовлення, монтаж.</i></b></p> <p>Проектування. Виготовлення. Проектна документація. Технологія виготовлення. Виробничі вимоги до конструктивної форми. Монтаж. Технологія монтажу. Основні вимоги монтажу, які пред'являються до проекту.</p>	<p>[1] – с. 782 – 806  [4] – розділ 17  [12] – с. 97 – 109  [25-27]</p>

Продовження табл. 1.1

№ п/п	Перелік тем та їх короткий зміст	Рекомендована література
<b>Тема 6. Балки та балочні конструкції.</b>		
9	<p><b>Балкові клітини</b> Загальна характеристика балкових конструкцій. Конструктивні схеми балкових кліток. З'єднань другорядних балок з головними. Типи та галузі використання сталевих прокатних балок. Настили балкових клітин. Методика розрахунку та проектування сталевих настилу. Конструктивна і розрахункова схема елементів. Вантажні площі.</p>	<p>[1] – с. 170 – 182 [2] – с. 198 – 207, с. 246 – 253 [3] – с. 4 – 17 [13] – с. 6 – 15 [17]</p>
10	<p><b>Розрахунок прокатних балок.</b> Напружено-деформований стан сталевих стержня при згині. Пружна, пружно-пластична й пластична стадії роботи. Класи перерізів стержнів та граничні стани стержня при згині. Перевірка міцності стержня, що працює на згин в пружній стадії роботи та з урахуванням пластичних деформацій. Перевірка жорсткості з урахуванням обмежень прогину. Методика розрахунку прокатних балок. Забезпечення загальної стійкості балок. Конструктивне оформлення опорних вузлів прокатних балок.</p>	<p>[1] – с. 182 – 189, с. 200-210, с. 225-229 [2] – с. 207 – 214, с. 226-228, с. 235-238 [3] – с. 18 – 30, с. 41 – 52 [4] – підрозділи 9.1, 9.2, 9.4 [13] – с. 16 – 22 [17]</p>
11	<p><b>Розрахунок складених балок</b> Визначення оптимальної висоти балки. Підбір поперечного перерізу складеного зварного двотавра. Способи зміни перерізу по довжині складеної балки. Перевірка міцності та жорсткості балки. Перевірка та забезпечення загальної стійкості зварної балки. Розрахункова перевірка місцевої стійкості стиснутої полички складеної балки. Вимоги до постановки поперечних і поздовжніх ребр жорсткості в складених балках. Розрахункова перевірка місцевої стійкості стінки зварної балки з поперечними ребрами жорсткості.</p>	<p>[1] – с. 189-200, с. 211 – 223 [2] – с. 214-226, с. 228 – 235 [3] – с. 30 – 41, 53 – 68 [4] – підрозділи 9.1-9.4, 17.6 [13] – с. 23 – 39 [17]</p>
12	<p><b>Проектування конструкцій складених балок</b> З'єднання поясу балки зі стінкою. Розрахунок поясних швів зварних складених балок. Монтажні укрупнювальні стики складених і прокатних балок на зварюванні та на високоміцних болтах. Проектування і розрахунок опорних частини складених балок. Вузли сполучення та стики балок.</p>	<p>[1] – с. 223 – 240 [2] – с. 235 – 246 [3] – с. 68 – 86 [4] – розділ 16 [13] – с. 40 – 54 [18]</p>

Продовження табл. 1.1

№ п/п	Перелік тем та їх короткий зміст	Рекомендована література
	<b>Тема 7. Центральньо-стиснуті колони.</b>	
13	<p><b>Проектування центральньо стиснутих колон суцільного перерізу.</b> Загальна характеристика. Розрахунок центральньо-стиснутого стержня. Втрата стійкості та фактори, що на неї впливають. Гнучкість стиснутого стержня. Розрахункова довжина колони. Перевірка несучої здатності центральньо стиснутого стержня. Суцільні колони та їх перерізи. Вибір розрахункової схеми та типу колони. Підбір суцільного перерізу стержня колони. Перевірка і забезпечення місцевої стійкості полицки і стінки центральньо-стиснутої колони двотаврового перерізу.</p>	<p>[1] – с. 274 – 291 [2] – с. 276 – 292 [3] – с. 119 – 146 [4] – підрозділ 8.1, 8.3, 13.3, 13.4 [13] – с. 55 – 67 [19]</p>
14	<p><b>Проектування центральньо стиснутих колон наскрізного перерізу.</b> Наскрізнi колони. Поняття про матеріальну та вільну ось перерізу. Підбір центральньо-стиснутої колони наскрізного перерізу з двох гілок з'єднаних планками. Робота і розрахунок з'єднувальних планок. Особливості проектування центральньо-стиснутих колон наскрізного перерізу з решітками.</p>	<p>[1] – с. 291 – 305 [2] – с. 292 – 304 [3] – с. 146 – 157 [4] – підрозділ 8.2 [13] – с. 67 – 70 [19]</p>
15	<p><b>Оголовки та бази центральньо-стиснутих колон</b> Конструкції оголовок центральньо-стиснутих колон. Оголовки при спиранні головних балок зверху та збоку до колони. Бази колон. Типи і конструктивні особливості. Розрахунок і конструювання баз з траверсою. Анкерні болти і прикріплення опорної плити до фундаменту.</p>	<p>[1] – с. 306 – 323 [2] – с. 304 – 316 [3] – с. 158 – 176 [4] – розділ 11 [13] – с. 71 – 78 [19]</p>
	<b>Тема 8. Позацентрово-стиснуті суцільні колони.</b>	
16	<p><b>Розрахунок елементів металевих конструкцій на позацентровий розтяг та стиск.</b> Напружено-деформований стан стержня при одночасній дії поздовжньої сили та згинального моменту. Перевірка міцності розтягнуто-зігнутого стержня. Перевірка стійкості позацентрово-стиснутого стержня. Коефіцієнт стійкості при позацентровому стиску, його залежність від гнучкості та ексцентриситету навантаження.</p>	<p>[1] – с. 115 – 122 [2] – с. 126 – 134 [4] – розділ 10.1, 10.2</p>
17	<p><b>Проектування суцільних позацентрово-стиснутих колон.</b> Компоновка перерізу, перевірка міцності та стійкості в площині дії згинального моменту. Перевірка стійкості з площини дії згинального моменту. Забезпечення місцевої стійкості стінки та полицки позацентрово-стиснутої колони складеного двотаврового перерізу. Постановка поперечних і поздовжніх ребр жорсткості.</p>	<p>[1] – с. 482 – 496 [4] – розділ 10.1, 10.2, 10.4 [21] – с. 126 – 144</p>

Продовження табл. 1.1

№ п/п	Перелік тем та їх короткий зміст	Рекомендована література
	<b>Тема 9. Ферми.</b>	
18	<p><b>Конструкції ферм та система в'язей по фермах.</b>            Конструкції холодних та утеплених покриттів. Основні конструктивні елементи покрівель, їх призначення і конструктивні форми. Класифікація ферм та область їх застосування. Компонування конструкцій ферм. Вибір статичної схеми та контуру ферм. Визначення генеральних розмірів ферм. Системи решіток ферм та їх характеристики. Забезпечення стійкості ферм. Призначення та основні функції системи в'язей покрівлі. Типи перерізів стержнів ферм. Стержні легких ферм. Стержні важких ферм.</p>	<p>[1] – с. 324 – 336            [2] – с. 196 – 208            [13] – с. 79 – 98</p>
19	<p><b>Визначення навантажень, зусиль та розрахункових довжин стержнів ферм.</b>            Визначення розрахункового навантаження. Розрахункова схема і статичний розрахунок кроквяних ферм. Визначення зусиль в стержнях ферм з урахуванням невігідних комбінацій навантажень. Визначення розрахункової довжини стержнів. Визначення розрахункової довжини поясів і стержнів решітки в площині та з площини ферми. Граничні гнучкості стержнів.</p>	<p>[1] – с. 336 – 342            [2] – с. 208 – 217            [4] – підрозділ 13.1            [13] – с. 98 – 107            [20]</p>
20	<p><b>Підбір перерізів стержнів ферм.</b>            Підбір перерізів елементів ферм. Підбір перерізів стиснутих стержнів. Підбір перерізу розтягнутих елементів. Підбір перерізу елементів ферм, працюючих на дію поздовжньої сили та згин. Підбір перерізу по граничній гнучкості. Особливості розрахунку і підбору перерізу елементів важких ферм.</p>	<p>[1] – с. 342 – 346            [2] – с. 217 – 232            [4] – підрозділ 8.1, 8.2            [13] – с. 107 – 115            [20]</p>
21	<p><b>Проектування вузлів ферм.</b>            Конструкції легких ферм. Загальні вимоги до конструювання. Проектування та розрахунок проміжних вузлів кроквяних ферм з парних кутників. Конструкція та розрахунок опорних вузлів ферм з парних кутників при шарнірному обпиранні на сталеві колони. Укрупнювальні монтажні вузли ферм. Оформлення робочого креслення легких ферм КМД. Вузли важких ферм.</p>	<p>[1] – с. 346 – 355            [2] – с. 232 – 261            [4] – підрозділ 17.3            [13] – с. 116 – 127            [20]</p>

## 2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Практична частина вивчення дисципліни спрямована на формування навичок розрахунку та проектування елементів і з'єднань сталевих конструкцій відповідно до чинних норм проектування, а також на освоєння користування нормативною та довідковою літературою. Під час практичних занять вирішуються типові завдання, характерні для проєктної практики, зокрема:

1. визначення міцнісних та жорсткісних характеристик;
2. визначення навантажень на конструкції будівель та споруд;
3. розрахунок і конструювання зварних з'єднань сталевих конструкцій;
4. розрахунок і конструювання болтових з'єднань сталевих конструкцій;
5. розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині;
6. розрахунок сталевих конструкцій при центральному розтязі і стиску;
7. розрахунок елементів сталевих конструкцій на дію поздовжньої сили та згинального моменту;

Для успішного виконання цих завдань необхідно користуватися актуальними нормативними документами та довідковою літературою, на які є посилання в тексті методичних вказівок до практичних занять [14-16], а також вивчати відповідні розділи навчальної літератури. При необхідності здобувач може отримати консультацію викладача.

В методичних вказівках [14-16] наводяться короткі теоретичні відомості до відповідної теми, вказівки до розв'язання задач, приклади їх виконання, а також приведені вихідні дані до задач по варіантам для самостійного виконання та оформлення виконаних розрахунків у вигляді розрахунково-графічної роботи, яка оформлюється відповідно до ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання» та містить вихідні дані, хід розрахунку, необхідні схеми та пояснення. У процесі виконання практичних задач, вони поетапно перевіряються викладачем під час консультацій з метою виявлення та усунення помилок.

### **Загальні вказівки щодо розрахунку елементів сталевих конструкцій.**

Будівельні конструкції, їхні елементи, деталі та вузли за своєю природою вельми різноманітні, як і прийоми їхніх розрахунків на міцність, загальну і місцеву стійкість, жорсткість. Але, незважаючи на різноманіття завдань, вдається виділити загальні правила. Рекомендується дотримуватися такої послідовності під час розв'язання будь-яких завдань.

Добре з'ясувати умову задачі і, за необхідності, виписати додаткові дані (розрахункові опори матеріалів, геометричні характеристики тощо).

Опрацювати відповідний даному розділу теоретичний матеріал за підручником, конспектом лекцій, ДБН, посібником тощо. Для деяких завдань потрібне

опрацювання матеріалу суміжних дисциплін – опору матеріалів, будівельної механіки.

Виконати необхідні ілюстрації до задачі (розрахункову або конструктивну схему, ескіз вузла, перерізу зварного шва, поперечний переріз елемента тощо). На кресленні поставити чисельні розміри габаритів конструкцій, що полегшить підрахунок геометричних характеристик.

Визначити, як працює елемент, що розраховується (тобто встановити, які внутрішні зусилля ( $M$ ,  $N$ ,  $Q$ ) виникають в елементі (колоні, болті, зварному шві, консолі, перерізі тощо). Визначити ці зусилля і, за необхідності, доповнити креслення задачі епюрами зусиль або напружень, векторною діаграмою зусиль у болті або діаграмою напружень у точці зварного шва.

Таблиця 2.1. Рекомендовані одиниці вимірювання.

Величини		Одиниці виміру	Позначення	Перетворення величин
Габаритні розміри конструкцій		метри	м	1 м = 100 см
Розміри і геометричні характеристики поперечних перерізів		сантиметри	см, мм	1 см = 10 мм
Навантаження, рівномірно розподілені по площі		паскалі	Па	1 кН/м <sup>2</sup> = 1 кПа = 1000 Па
Навантаження, рівномірно розподілені вздовж конструкції		кілоньютони і метри	кН/м	1 кН/м = 1000 Н/м
Зосереджені навантаження, поздовжні та поперечні сили		кілоньютони	кН	1 кН = 1000 Н
Згинаючі, крутні та інші моменти сил	в статичних розрахунках	кілоньютони і метри	кН·м	1 кН·м = 100 кН·см = 10 <sup>6</sup> Н·мм
	при перевірках перерізів	кілоньютони і сантиметри	кН·см Н·мм	
Характеристичні й розрахункові опори, напруження в конструкціях		кілоньютони і сантиметри, міліметри	кН/см <sup>2</sup>	1 кН/см <sup>2</sup> = 10 МПа = 10 Н/мм <sup>2</sup>

Знаючи, як працює елемент, тобто маючи зусилля, легко застосувати відповідну формулу. Формула – це математична модель процесу, вона виражає фізичну сутність явища – роботу конструкції під навантаженням, встановлює певний взаємозв'язок між внутрішніми зусиллями, розмірами елемента і його поперечними перерізами.

Для розрахунків металевих будівельних конструкцій використовують формули, які викладено в чинних нормах проектування сталевих конструкцій [4]. Виняткове

значення в розрахунках надійності має вміння правильно визначати геометричні характеристики перерізу. Жоден розрахунок міцності не можливий без їхнього знання. Залежно від умов завдання ці характеристики можуть бути взяті із сортаменту, або визначені з формули чи обчислені з креслення.

При виконанні розрахунків слід уважно відноситися до узгодження розмірності величин, що входять до розрахункових формул. Як правило, статичні розрахунки конструкцій виконують у метрах і кілоньютонах, а в формули перевірок несучої здатності елементів та з'єднань зручно підставляти величини у мм та ньютонах.

При виконанні розрахунків сталевих конструкцій доцільно користуватися інтернаціональною системою (СІ) одиниць вимірювання (табл. 2.1).

### 3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Які основні переваги та недоліки металоконструкцій?
2. Що потрібно враховувати при проектуванні металоконструкцій?
3. Які основні нормативні вимоги висувають при проектуванні металоконструкцій?
4. Як підвищити корозійну стійкість металоконструкцій?
5. Які додаткові вимоги висувають при проектуванні зварних конструкцій?
6. Які загальні рекомендації висувають при проектуванні металоконструкцій?
7. Як класифікується сталь в залежності від вмісту вуглецю?
8. Як класифікуються сталі за хімічним складом?
9. Як класифікують сталі за ступенем розкислення?
10. Що означають групи постачання сталі – А, Б і В?
11. Які основні показники механічних властивостей сталі?
12. Чим відрізняються різні категорії сталі однієї марки?
13. Яка мета і види термічної обробки сталі?
14. Як впливає зміна температури на властивості сталі?
15. Як класифікуються навантаження на конструкції і споруди?
16. Стисла характеристика основних навантажень
17. Як визначити термін експлуатації конструкції?
18. Що є основою для призначення навантажень?
19. Скільки існує видів розрахункових навантажень і де вони використовуються?
20. Які навантаження слід віднести до постійних?
21. Які навантаження слід віднести до змінних тривалих?
22. Які навантаження відносять до змінних короткочасних?
23. Які навантаження відносять до епізодичних?
24. Як сформувати сполучення навантажень?
25. Як враховують рівномірно розподілені навантаження за нормативними документами?
26. Які розрахункові значення встановлені для снігового навантаження?
27. Як обчислюється граничне розрахункове снігове навантаження?
28. Чи є вітрове навантаження змінним?
29. Як визначається граничне розрахункове вітрове навантаження?
30. Що називають зварним з'єднанням?
31. Як класифікують зварні шви?
32. Як класифікують зварні шви за довжиною?
33. Які вимоги висуваються до зварних кутових швів і конструкцій з'єднань?

34. Як розрахувати зварне стикове з'єднання?
35. Як розрахувати зварне з'єднання з кутовими швами при дії поздовжньої сили?
36. Як розрахувати зварне з'єднання з кутовими швами при дії згинального моменту?
37. Чим відрізняються один від одного болти різної точності?
38. Чим відрізняються високоміцні болти?
39. Як позначається клас міцності болтів?
40. Як визначити характеристичні опори сталі болтів та розрахункові опори одноболтових з'єднань?
41. Як працюють ботові з'єднання?
42. На які зусилля працюють болти?
43. Як потрібно розміщувати болти?
44. Як визначити розрахункове зусилля, яке може бути сприйняте одним болтом?
45. Як визначити кількість болтів при дії поздовжньої сили, що проходить через центр ваги з'єднання?
46. Як розподіляються між болтами зусилля зрізу при дії згинального моменту?
47. Що треба визначити при одночасній дії на болтове з'єднання поздовжньої і поперечної сили та згинального моменту?
48. Як перевірити найбільш напружений болт при одночасній дії на болтове з'єднання зусиль, що викликають зріз і розтяг?
49. За якою методикою ведеться розрахунок металевих конструкцій?
50. У чому полягає мета розрахунку металевих конструкцій?
51. У чому сутність розрахунку за граничними станами?
52. В якому порядку необхідно виконувати розрахунок металевих конструкцій?
53. Як конструкції класифікують в залежності від можливостей і причин досягнення граничних станів?
54. Як при розрахунку необхідно враховувати призначення і умови роботи конструкції?
55. На які класи поділяють елементи і конструкції?
56. Як розрахувати балку на міцність?
57. Як перевірити міцність стінки балки в місцях, де виникає зосереджена сила, наприклад, від колеса мостового крана чи від іншої балки?
58. У чому полягає втрата загальної стійкості балки?

59. Якщо двотаврова балка 1-го класу, що працює на згин, перевірена на міцність, чи потрібно перевіряти її ще на загальну стійкість?
60. Від чого насамперед залежить коефіцієнт стійкості для балок?
61. Коли загальну стійкість балок 1-го класу можна не перевіряти?
62. Який тип перерізу для балок є кращим?
63. Які прокатні балки рекомендується використовувати?
64. Який порядок розрахунку балки, що працює на згин, під дією рівномірно розподіленого навантаження?
65. Що таке вантажна площа, та як її визначити для балки, колони, плити?
66. Що робити, якщо не виконуються перевірки прокатної балки за першою або другою групою граничних станів?
67. Що робити, якщо перевірка прокатної балки за другою групою граничних станів не виконується, а балок з великим номером немає?
68. З яких елементів складається колона?
69. Які типи перерізів застосовують при проектуванні суцільних колон?
70. З чого складається стрижень наскрізної центрально стиснутої колони?
71. На що впливає решітка наскрізної колони?
72. Як визначити розрахункову схему колони?
73. Як вибрати переріз колони?
74. Як визначити необхідну площу перерізу суцільної колони?
75. Як розраховують поясні шви в центрально-стиснутих колонах?
76. Як назначити товщину стінки колони?
77. Виходячи з чого приймають мінімальну товщину стінки колони?
78. Коли стінку колони треба укріплювати поперечними ребрами?
79. Як перевіряється стійкість наскрізної колони відносно вільної осі?
80. В якому порядку треба виконувати розрахунок наскрізної колони?
81. Що таке позацентрово навантажений елемент сталеві конструкції і як виникає згинальний момент?
82. Як визначаються напруження у поперечному перерізі при дії сили з ексцентриситетом?
83. У яких випадках не потрібно виконувати розрахунок на міцність позацентрово-стиснутих (стиснуто-зігнутих) елементів ?
84. Які відмінності існують між плоскою та згинально-крутильною формами втрати стійкості?
85. Як розраховується коефіцієнт стійкості  $\varphi_e$  для позацентрового стиску?
86. Які характеристики поперечного перерізу впливають на втрату стійкості в площині дії моменту для позацентрово-стиснутих елементів?

87. Як враховується вплив місцевої стійкості стінок і полиць при проектуванні позацентрово-стиснутих елементів ?
88. За яких умов необхідно підкріплювати стінку позацентрово-стиснутих елементів поперечними або поздовжніми ребрами жорсткості?
89. Як визначається гранична умовна гнучкість стінки та поясного листа для позацентрово-стиснутих елементів ?
90. Як підбирають переріз для позацентрово-стиснутої сталевій колони з урахуванням умов міцності та стійкості?
91. Як визначаються розрахункові довжини та граничні гнучкості елементів сталевих конструкцій?
92. Які заходи забезпечують підвищення стійкості та міцності елементів сталевих конструкцій при дії поздовжньої сили та згинального моменту?
93. З чого починають проектування ферм?
94. Коли застосовують ферми трикутного контуру?
95. Які переваги мають ферми трапецеїдального контуру перед трикутними?
96. Де застосовують полігональні ферми?
97. Які конструктивні переваги мають ферми з паралельними поясами?
98. Як визначається розрахунковий проліт ферм?
99. Як визначається висота трикутних ферм?
100. Коли вага поясів і решітки трапецеїдальних ферм і ферм з паралельними поясами буде мінімальною?
101. На що працює решітка ферм?
102. Які переваги і недоліки у розкідній системі решітки ферми?
103. Завдяки чому забезпечується стійкість ферм?
104. З чого складається просторовий стійкий блок покрівлі?
105. Чи можна забезпечити стійкість ферм покрівлі з площині завдяки тільки прогонам по верхніх поясах ферм?
106. Які основні показники уніфікації ферм з рулонною покрівлею?
107. Навіщо в кроквяних фермах утворюють будівельний підйом?
108. Як прикладається навантаження до ферми?
109. Які спрощення допускаються при визначенні зусиль у стрижнях ферм?
110. Як визначаються навантаження на ферму?
111. Як визначаються зусилля в стрижнях ферми?
112. Чим відрізняються геометричні і розрахункові довжини стрижнів ферми?
113. Як підібрати переріз стиснутого стрижня ферми?
114. Як підібрати переріз розтягнутого стрижня ферми?
115. Навіщо в стрижнях ферми, виконаних з парних кутиків, між ними ставлять листові прокладки?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література

1. Металеві конструкції: Загальний курс: підручник для вищих навчальних закладів. – 2-е видання, перероблене і доповнене / Під загальною редакцією О.О. Нілова та О.В. Шимановського. – К.: Видавництво «Сталь», 2010 – 869 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/1FC8txk9tf8n1S8v2wqOvYauoUvbQeabl/view?usp=sharing>
2. Сталеві конструкції. Том 1. Основи розрахунку, елементи конструкцій / С. І. Білик та ін. Київ : Рута, 2024. 384 с.
3. Нілов О.О., Нілова Т.О. Металеві конструкції. Балки. Колони: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. - Видання 3-е, перероблене і доповнене. К.: 2024. - Логос, 239 с. URL: [https://drive.google.com/file/d/1QchRwmu6ph02PcCEv97ehrmCNMfyFluo/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1QchRwmu6ph02PcCEv97ehrmCNMfyFluo/view?usp=drive_link)

### Нормативна література

4. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. К.: Мінрегіон України, 2014. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200869840512354218?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200869840512354218?doc_type=2)
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі зміною №1 та №2. К.: Мінрегіонбуд України, 2020. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199621970136139233?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233?doc_type=2)
6. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К.: Мінрегіон України, 2018. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199634775304307868?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199634775304307868?doc_type=2)
7. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 «Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва» URL: <https://ukrstone.org/files/DSTU/B.1.2-16-2013.pdf>
8. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення» URL: [https://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY4/dsty\\_b\\_v.1.2-3-2006.pdf](https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY4/dsty_b_v.1.2-3-2006.pdf)
9. ДСТУ Б А.2.4-43:2009 «Система проектної документації для будівництва. Правила виконання проектної та робочої документації металевих конструкцій» URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu-b-a-2-4-43-2009-pravila-vikonannya-proektno-ta-robocho-dokumentac-metalevih-konstrukc-j.pdf>

10. ДСТУ-Н Б А.2.4-44:2013 «Настанова з розроблення проектної та робочої документації металевих конструкцій. Креслення конструкцій металевих деталювальні (КМД)» URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu-b-a-2-4-44-2013-nastanova-z-rozroblennya-proektno-robocho-dokumentac-metalevih-konstrukc-j-kmd.pdf>
11. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації» URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2932/1/nd164%20zah.pdf>

#### **Методичне забезпечення**

12. Конспект лекцій з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (в 2-ч частинах) Частина 1. Основи розрахунку конструкцій за методом граничних станів. З'єднання металевих конструкцій. (Електронне видання) / Уклад.: В. М. Соколенко, К. В. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2023. – 111 с.
13. Конспект лекцій з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (в 2-ч частинах) Частина 2. Основи розрахунку та конструювання балок, центрально- стиснутих колон, ферм. (Електронне видання) / Уклад.: В. М. Соколенко, К. В. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2023. – 129 с.
14. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (в 3-ч частинах) Частина 1. Визначення міцнісних та жорсткісних характеристик металевих конструкцій. Визначення навантажень на конструкції будівель та споруд. (Електронне видання) / Уклад.: К. В. Соколенко, В. М. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 53 с.
15. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (в 3-х частинах) Частина 2. Розрахунок і конструювання зварних та болтових з'єднань сталевих конструкцій. (Електронне видання) / Уклад.: К. В. Соколенко, В. М. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 40 с.
16. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (в 3-х частинах). Частина 3. Розрахунок елементів сталевих конструкцій на згин, центральний та позацентровий стиск і розтяг. (Електронне видання) / Уклад.: К. В. Соколенко, В. М. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 96 с.

17. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Металеві конструкції» (для здобувачів вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») (Електронне видання) / Укл.: В. М. Соколенко, К. В. Соколенко. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2022. – 60 с.
18. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Металеві конструкції» за темою «Проектування вузлів та сполучень балок» (для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»)(Електронне видання) / Уклад.: В. М. Соколенко, К. В. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2022. – 31 с.
19. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Металеві конструкції» за темою «Розрахунок і конструювання центрально-стиснутих колон» (для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»)(Електронне видання) / Уклад.: В. М. Соколенко, К. В. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2023. – 45 с.
20. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Розрахунок та конструювання сталевих кроквяних ферм покриття виконаних з парних кутиків. (Електронне видання) / Уклад.: К. В. Соколенко, В. М. Соколенко – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 52 с.

#### **Додаткова література**

21. Металеві конструкції. Том 2. Конструкції металевих каркасів промислових будівель / С. І. Білик та ін. Київ : Рута, 2021. 448 с.
22. Банніков Д. О. Будівельні конструкції. Розрахунок навантажень на будівлю : метод. рек. до розрахунково-гр. роботи. 2-ге вид. виправ. Дніпро : УДУНТ, 2022. 56 с. URL: <https://crust.ust.edu.ua/items/34045f2c-8dbd-4c34-813e-abe0a426f657>.
23. Основи теорії надійності будівель і споруд. Навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей усіх форм навчання / В.А. Пашинський: – Кропивницький: ЦНТУ, 2016. – 155 с. URL: [https://pvakntu.pp.ua/Documents/TN/ОТНБС\\_Посібник\\_друк.pdf](https://pvakntu.pp.ua/Documents/TN/ОТНБС_Посібник_друк.pdf)
24. Методика граничних станів і нормування навантажень : конспект лекцій для студентів спец. 192 «Буд-во та цивільна інженерія» / уклад. С. Пічугін. 2-ге вид. Полтава : НУПП, 2023. 259 с. URL: [https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/13679/1/Граничні%20стани\\_повний\\_2%20видання\\_3.11.23.pdf](https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/13679/1/Граничні%20стани_повний_2%20видання_3.11.23.pdf).

25. Сталеві конструкції. Оформлення креслень марки КМ-КМД студентських робіт [Електронний ресурс]: [Текст] / Білик С.І., Адаменко В.М., Тонкачєєв В.Г., Глітін О.Б., Нужний В.В., Дауров М.К., Цюпин Є.І. ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. . — Київ : КНУБА, 2024. — 48 с.  
URL: [https://library.knuba.edu.ua/books/394-%D0%B5-2024-43\\_V\\_24.pdf](https://library.knuba.edu.ua/books/394-%D0%B5-2024-43_V_24.pdf)
26. Сталеві конструкції. Пояснювальні записки проектної та робочої документації [Текст] / Білик С.І., Білик А.С., Адаменко В.М., Тонкачєєв В.Г., Глітін О.Б., Нужний В.В., Дауров М.К., Цюпин Є.І. ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. — Київ : КНУБА, 2024. — 20 с.  
URL: [https://library.knuba.edu.ua/books/393-%D0%B5-2024-42\\_V\\_24.pdf](https://library.knuba.edu.ua/books/393-%D0%B5-2024-42_V_24.pdf)
27. Цюпин Є. І. ВІМ-технології металевих конструкцій : навчальний посібник / Є. І. Цюпин ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. - Київ : Ліра-К, 2024. — 200 с.  
URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/12318>

#### **Інші джерела**

28. Український центр сталевих будівництва (УЦСБ) – Асоціація учасників ринку металокопструкцій. URL: <https://uscc.ua/>.
29. Соколенко К. В. Металеві конструкції. Електронний університет СНУ ім. В. Даля. URL: <http://moodle2.snu.edu.ua/course/view.php?id=3603>.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з дисципліни «Металеві конструкції»

для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»

(Електронне видання)

Укладачі:

Соколенко Костянтин Валерійович

Соколенко Валерій Михайлович

Техн. Редактор

К. В. Соколенко

Оригінал - макет

К. В. Соколенко

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Папір типограф. Гарнітура *Times*.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_. Обл.-вид.арк. \_\_\_\_\_.

Тираж \_\_\_\_ прим. Вид. № \_\_\_\_\_. Замовл. № \_\_\_\_\_. Ціна договірна.

Видавництво СНУ ім. Володимира Даля

Адреса видавництва: Україна, 01042, м. Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

Телефон: +38 (050) 218 04 78

E-mail: [izdat@snu.edu.ua](mailto:izdat@snu.edu.ua)