

**Міністерство освіти і науки України**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

**Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва**

# **МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**

**Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення  
навчальної дисципліни для здобувачів освіти за спеціальністю  
192 "Будівництво та цивільна інженерія"**

Затверджено на засіданні кафедри  
Будівельних, дорожніх машин і будівництва  
18 грудня 2024 року, протокол № 6

**Кропивницький 2025**

Металеві конструкції. Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення навчальної дисципліни для здобувачів освіти за спеціальністю 192 "Будівництво та цивільна інженерія" / [Уклад.: В.А. Пашинський]. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. – 28 с.

Pashynskiy, V.A. Metal structures. Methodological recommendations for independent work on the study of the academic discipline for students in specialty 192 Construction and civil engineering. Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 28 p.

Методичні рекомендації призначені для допомоги у самостійному вивченні навчальної дисципліни "Металеві конструкції". Висвітлені питання відповідають робочій навчальній програмі та силабусу. У першу чергу дані рекомендації призначені для здобувачів освіти заочної форми навчання та студентів денної форми навчання, які навчаються за індивідуальним навчальним планом, але вони будуть корисні для всіх здобувачів освіти спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія".

Methodical recommendations are intended to help in independent study of the educational discipline "Metal structures ". The highlighted questions correspond to the working curriculum and syllabus. First of all, these recommendations are intended for students of part-time education and full-time education students who study according to an individual curriculum, but they will be useful for all students of the specialty "Construction and Civil Engineering".

Укладач – д.т.н., професор Пашинський В.А.

Рецензент – к.т.н., доцент Портнов Г.Д.

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри будівельних,  
дорожніх машин і будівництва,  
професор Настоящий В.А.

© ЦНТУ, Кропивницький, пр. Університетський, 8

© Пашинський В.А.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Вивчення теоретичної частини курсу .....	5
2. Перелік програмних питань та рекомендації з їх вивчення.....	5
3. Розрахунок елементів і з'єднань сталевих конструкцій .....	20
4. Виконання курсової роботи .....	22
Рекомендована література.....	24
Додаток А. Зразки екзаменаційних задач .....	25
Додаток Б. Приклади індивідуальних розрахункових завдань .....	26
Додаток В. Алгоритми розв'язання проектних задач .....	29
Додаток Г. Приклади завдань на виконання курсової роботи .....	37

## ВСТУП

Навчальна дисципліна "Металеві конструкції" є однією з профільюючих дисциплін фахової підготовки бакалаврів будівництва. Метою дисципліни є вивчення видів, галузей раціонального використання, конструктивних форм та методів проектування несучих металевих конструкцій будівель і споруд різного призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач освіти повинен вивчити номенклатуру, галузі раціонального використання металевих конструкцій, конструктивні схеми, роботу і принципи проектування основних типів несучих конструкцій промислових і цивільних будівель, типи, конструктивні схеми та особливості проектування спеціальних споруд. Окрім того, здобувач освіти навчається розраховувати та конструювати елементи і з'єднання металевих конструкцій, розробляти розрахункові схеми конструкцій, визначати навантаження, зусилля в елементах та їх перерізи, конструювати вузли поширених металевих конструкцій, виконувати креслення марок КМ і КМД. Практична підготовка з розрахунку й конструювання сталевих конструкцій, їх елементів і з'єднань, користування нормативною та довідковою літературою здійснюється на практичних заняттях та в процесі курсового проектування.

Метою самостійної роботи є вивчення теоретичної частини курсу, набуття умінь розрахунку й конструювання елементів і з'єднань сталевих конструкцій згідно з чинними нормами проектування, а також навичок користування нормативною й довідковою літературою.

Самостійна робота здобувачів освіти полягає у вивченні теоретичної частини курсу, а також отриманні вмінь розрахунку та конструювання металевих конструкцій поширених типів.

Здобувачам освіти слід організовувати свою роботу за вказаними напрямками згідно з наведеними нижче рекомендаціями, використовуючи при цьому методичні видання, навчальну, нормативну та довідкову літературу, вказану в списку літератури та в силабусі навчальної дисципліни.

Нормативні документи, підручники, навчальні посібники, довідкова література та методичні вказівки, необхідні для самостійного вивчення теоретичної частини курсу та здобуття необхідних практичних навичок, містяться на сайті дистанційної освіти університету та в мережі Інтернет за адресами, вказаними в списку літератури.

## 1. ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСУ

Теоретичну частину курсу рекомендується вивчати за нормативною літературою [1...5] та підручниками [6, 7]. Наведений нижче перелік програмних питань містить короткий зміст кожного питання (анотацію відповіді) та детальні посилання на літературні джерела, доступні здобувачам освіти у паперовому чи електронному вигляді. При вивченні програмних питань за вказаними джерелами бажано складати стислий конспект згідно з наведеною в розділі 2 анотацією питання. Це допоможе систематизувати знання з кожного питання та полегшить підготовку до екзамену. При складанні екзамену відповіді на питання слід супроводжувати ескізами конструкцій, розрахунковими схемами, формулами та поясненнями, які потрібно знайти в рекомендованих підручниках [6, 7] і в нормах проектування [1...3].

Окрім теоретичних питань, на екзамен виносяться задачі з розрахунку елементів та з'єднань сталевих конструкцій, зразки яких наведені в додатку А. Для кожної задачі даються також вказівки з її розв'язання з посиланнями на норми проектування [3].

## 2. ПЕРЕЛІК ПРОГРАМНИХ ПИТАНЬ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЇХ ВИВЧЕННЯ

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
	<b>Тема 1. Основи проектування та матеріали для металевих конструкцій</b>	
1.1	<b><i>Історія розвитку, властивості та галузі використання металевих конструкцій у будівництві</i></b> Ключові етапи історії розвитку будівельних металевих конструкцій. Переваги та недоліки металевих конструкцій. Галузі використання металевих конструкцій у будівництві.	[6] – с. 14 – 24 [7] – с. 4 – 11
1.2	<b><i>Загальні вимоги та засоби забезпечення надійності будівельних конструкцій. Класифікація конструкцій за відповідальністю й терміном експлуатації</i></b> Основні терміни теорії надійності. Вимоги до надійності будівельних конструкцій та засоби забезпечення надійності. Класи наслідків (відповідальності) будівель та споруд за ДБН В.1.2-14-2018. Категорії відповідальності конструкцій. Встановлені терміни експлуатації будівель і споруд.	[1] – розділи 4, 5 [3] – пункт 5.3, додаток А [6] – с. 19 – 21 [12]

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
1.3	<p><b>Основні положення методу граничних станів, граничні нерівності, розрахункові параметри та принципи їх нормування</b></p> <p>Основні поняття методу граничних станів. Граничні стани першої та другої групи, розрахункові ситуації. Загальне формулювання граничних нерівностей. Граничні нерівності для розрахунків за першою та другою групою граничних станів. Перелік і суть розрахункових параметрів та коефіцієнтів методу граничних станів. Імовірнісний характер розрахункових параметрів методу граничних станів. Принципи нормування навантажень на конструкції та характеристик міцності будівельних матеріалів. Коефіцієнт відповідальності та коефіцієнти моделі.</p>	<p>[1] – розділи 6, 7 додаток А</p> <p>[2] – розділ 4</p> <p>[3] – розділи 3, 5, 7</p> <p>[6] – с. 70 – 80 89 – 94</p> <p>[7] – с. 24 – 26</p> <p>[12]</p>
1.4	<p><b>Класифікація та методи нормування навантажень на будівельні конструкції.</b></p> <p>Навантаження і впливи, їх класифікація за причинами виникнення, змінами в часі, тривалістю дії та характером взаємодії з конструкціями. Характеристичні значення навантажень. Граничні, експлуатаційні, циклічні та квазіпостійні розрахункові значення, принципи їх нормування. Природа, принципи та методи нормування навантажень: постійного, технологічних на перекриття, від кранового обладнання. Снігове, вітрове та ожеледно-вітрове навантаження, вплив кліматичної температури. Визначення навантажень за ДБН В.1.2-2:2006.</p>	<p>[1] – п. 6.5, 7.2</p> <p>[2]</p> <p>[6] – с. 77 – 86</p> <p>[7] – с. 24 – 25</p>
1.5	<p><b>Структура, марки та властивості конструкційних сталей</b></p> <p>Визначення сталі, її структура, властивості фериту й цементиту. Кристалічна решітка фериту, дислокації та їх вплив на характеристики сталі. Технології виробництва сталей. Вплив хімічного складу, структури та інших факторів на властивості сталі. Випробування сталей і методи визначення основних технічних характеристик. Хімічний склад, структура марки й технічні характеристики маловуглецевих сталей. Поняття про легування сталей, легуючі добавки та їх вплив на властивості сталей. Марки й технічні характеристики низьколегованих конструкційних сталей. Галузі раціонального використання маловуглецевих і низьколегованих сталей в конструкціях.</p>	<p>[3] – розділ 6, додатки Б, В, Г</p> <p>[6] – с. 25 – 31, 38 – 40</p> <p>[7] – с. 11 – 16</p> <p>[11]</p>
1.6	<p><b>Робота сталей при одновісному статичному навантаженні</b></p> <p>Діаграма роботи (деформування) маловуглецевої сталі при одновісному розтягу. Пояснення механізму деформування сталі на різних стадіях роботи. Основні технічні характеристики, що визначаються при випробуванні сталі на розтяг. Особливості роботи та діаграма деформування низьколегованих сталей, відмінності їх характеристик від маловуглецевої сталі. Нормування характеристичних і розрахункових опорів сталей та їх визначення за ДБН В.2.6-198:2014.</p>	<p>[1] – пункт 7.4</p> <p>[3] – розділ 7 додаток Г</p> <p>[6] – с. 31 – 37 87 – 88</p> <p>[7] – с. 14, 25 – 26</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
1.7	<p><b><i>Робота сталей в умовах складного напруженого стану, концентрації напружень і при повторних навантаженнях</i></b></p> <p>Порівняння діаграм роботи сталей при одновісному та плоскому однозначному й двозначному напруженому стані. Підвищення крихкості сталі при розтягу в двох напрямках і вплив цього явища на надійність сталевих конструкцій.</p> <p>Поняття концентрації напружень в місцях різкої зміни форми конструкції. Коефіцієнт концентрації напружень та його можливі значення для різних конструктивних форм. Вплив концентраторів напружень на несучу здатність конструкцій та заходи щодо зменшення їх впливу.</p> <p>Діаграма деформування сталі при повторних навантаженнях в межах і за межами пружної роботи. Процес накопичення деформацій при циклічних навантаженнях та виникнення явища втоми. Крива втомлюваності та межа витривалості сталі. Приклади конструкцій, у яких може виникати явище втомлюваності та принципи розрахунку сталевих конструкцій на витривалість.</p>	<p>[7] – с. 18 – 19</p> <p>[3] – розділ 15, додаток Т</p> <p>[6] – с. 43 – 50</p> <p>[7] – с. 19 – 20</p>
1.8	<p><b><i>Проблема крихкого руйнування та вибір сталей для металевих конструкцій</i></b></p> <p>Поняття про пластичне та крихке руйнування. Фізичний механізм і наслідки крихкого руйнування. Причини, що викликають крихке руйнування сталей. Небезпека крихких руйнувань та конструктивні заходи щодо їх недопущення. Порядок вибору сталі для несучих конструкцій за ДБН В.2.6-198:2014 з урахуванням небезпеки крихкого руйнування та інших вимог.</p>	<p>[3] – розділ 6, додатки В, Г</p> <p>[6] – с. 40 – 43, 55 – 70</p> <p>[7] – с. 17, 20 – 21</p> <p>[8]</p>
	<p><b>Тема 2 Робота і розрахунок елементів та з'єднань металевих конструкцій</b></p>	
2.1	<p><b><i>Робота і розрахунок елементів металевих конструкцій при центральному розтягу та стиску</i></b></p> <p>Робота центрально розтягнутого стержня під навантаженням. Граничні стани за надмірними пластичними деформаціями і за руйнуванням. Перевірка несучої здатності центрально розтягнутого стержня за ДБН В.2.6-198:2014.</p> <p>Робота й граничні стани центрально стиснутого стержня в пружній та пружно-пластичній стадії. Поняття про втрату стійкості та фактори, що впливають на стійкість. Формула Ейлера та межі її використання. Коефіцієнт стійкості, його фізичний смисл та залежність від параметрів стержня. Гнучкість стиснутого стержня та її вплив на несучу здатність. Перевірка несучої здатності центрально стиснутого стержня за ДБН В.2.6-198:2014.</p>	<p>[3] – розділ 8</p> <p>[6] – с. 95 – 105, 76 – 82</p> <p>[7] – с. 26 – 29</p> <p>[8]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
2.2	<p><b><i>Робота і розрахунок елементів металевих конструкцій при згині</i></b></p> <p>Напружено-деформований стан сталевого стержня при згині. Пружна, пружно-пластична й пластична стадії роботи. Пластичний шарнір та його властивості. Класи перерізів стержнів за ДБН В.2.6-198:2014 та граничні стани стержня при згині. Перевірка міцності стержня, що працює на згин, за ДБН В.2.6-198:2014 в пружній стадії роботи (клас перерізу 1) та з урахуванням пластичних деформацій (класи 2, 3). Перевірка жорсткості з урахуванням обмежень, встановлених ДСТУ Б В.1.2-3:2006.</p>	<p>[3] – розділ 9  [6] – с. 105 – 117  [7] – с. 29 – 32  [8]</p>
2.3	<p><b><i>Робота й розрахунок елементів металевих конструкцій при позацентровому розтягу та стиску</i></b></p> <p>Напружено-деформований стан стержня при одночасній дії поздовжньої сили та згинального моменту. Стадії розвитку пластичних деформацій. Граничні стани та перевірка міцності розтягнуто-зігнутого стержня за ДБН В.2.6-198:2014. Втрата стійкості стержня при позацентровому стиску та фактори, що впливають на стійкість. Коефіцієнт стійкості при позацентровому стиску, його залежність від гнучкості та ексцентриситету навантаження. Перевірки стійкості позацентрово стиснутого стержня за ДБН В.2.6-198:2014.</p>	<p>[3] – розділ 10  [6] – с. 118 – 127  [7] – с. 32 – 34  [8]</p>
2.4	<p><b><i>Види зварювання та типи зварних з'єднань металевих конструкцій</i></b></p> <p>Історія розвитку зварювання. Електродугове, контактне та газове зварювання. Види та технологія виконання електродугового зварювання несучих металевих конструкцій: ручне, автоматичне під флюсом, напівавтоматичне порошковим дротом та в середовищі вуглекислого газу. Типи зварних з'єднань: стикове, кутове, таврове, напускове тощо. Стикові та кутові зварні шви, їх використання та загальна характеристика. Зварювальні напруження й деформації та засоби зменшення їх впливу.</p>	<p>[3] – розділ 6,  п. 16.1,  додаток Д  [6] – с. 128 – 141  [7] – с. 35 – 37</p>
2.5	<p><b><i>Проектування з'єднань зі стиковими та кутовими зварними швами.</i></b></p> <p>Призначення, конструкція та технологія виконання стикових зварних швів. З'єднання прямим та косим стиковим швом, вивід шва на підкладки. Візуальні та фізичні способи контролю якості зварних швів. Вибір зварювальних матеріалів відповідно до класу міцності сталі. Визначення розрахункових опорів стикових швів за ДБН В.2.6-198:2014 з урахуванням виду деформації та способу контролю якості. Робота, розрахунок і конструювання з'єднань стиковими швами.</p> <p>Кутові шви, їх основні параметри, робота під навантаженням та граничні стани. Розрахункові перерізи кутових швів (по металу шва та по межі сплавлення). Розрахунок кутових швів за ДБН В.2.6-198:2014: перевірка несучої здатності, визначення довжини або катета шва. Розрахункові параметри кутового шва та їх визначення. Конструктивні вимоги до зварних з'єднань з кутовими швами.</p>	<p>[3] – п. 16.1,  додаток Д  [6] – с. 141 – 153  [7] – с. 37 – 43  [8]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
2.6	<p><b>Види і застосування болтових з'єднань металевих конструкцій.</b></p> <p>Болти як історично перший вид з'єднань металевих конструкцій. Класи точності (А, В, С) та класи міцності болтів. Високоміцні болти та їх використання у фрикційних з'єднаннях сталевих конструкцій. Переваги та недоліки з'єднань на болтах різних видів. Галузі використання болтів різного виду для з'єднання сталевих конструкцій. Заклепки, особливості їх роботи та галузі використання.</p>	<p>[3] – п. 16.2, 6.2.3...6.2.7, додаток Д</p> <p>[6] – с. 154 – 157</p> <p>[7] – с. 44 – 45</p>
2.7	<p><b>Проектування з'єднань на болтах грубої, нормальної та підвищеної точності.</b></p> <p>Робота болтового з'єднання на зсув та його граничні стани. Розрахунок несучої здатності болтів на зріз та з'єднаних елементів на зминання за ДБН В.2.6-198:2014. Розрахункові опори та коефіцієнти умов роботи болтових з'єднань. Визначення несучої здатності болтового з'єднання та необхідної кількості болтів у з'єднанні. Рациональний вибір класу міцності та діаметра болтів. Робота і розрахунок болтів при розтягу. Конструктивні вимоги до розміщення болтів у з'єднанні (відстані між болтами, місце під ключ).</p>	<p>[3] – п. 16.2, додаток Д</p> <p>[6] – с. 157 – 162, 165 – 167</p> <p>[7] – с. 45 – 49</p> <p>[8]</p>
2.8	<p><b>Проектування фрикційних з'єднань на високоміцних болтах.</b></p> <p>Принцип роботи, технологія виконання та галузі рационального використання фрикційних з'єднань на високоміцних болтах. Граничний стан і несуча здатність фрикційного болта при зсуві за ДБН В.2.6-198:2014. Коефіцієнт тертя, коефіцієнт надійності та коефіцієнт умов роботи фрикційного з'єднання. Визначення несучої здатності з'єднання та необхідної кількості болтів у з'єднанні. Робота і розрахунок високоміцних болтів на розтяг. Конструювання з'єднань на високоміцних болтах.</p>	<p>[3] – п. 16.3, додаток Д</p> <p>[6] – с. 162 – 167</p> <p>[7] – с. 47 – 49</p> <p>[8]</p>
<b>Тема 3 Балки і балкові клітки</b>		
3.1	<p><b>Типи балкових конструкцій та настили балкових кліток.</b></p> <p>Галузі застосування балок і балкових кліток. Конструктивні схеми балкових кліток спрощеного, нормального та ускладненого типу, їх переваги, недоліки та галузі використання. Використання з'єднань другорядних балок з головними зверху, в одному рівні та пониженого. Конструкція та використання прокатних і складених балок. Тонкостінні, бісталеві та перфоровані балки, їх конструкції та особливості роботи. Сталеві, залізобетонні та дерев'яні настили, їх загальна конструкція, можливі прольоти та галузі використання. Проектування сталевих настилів.</p>	<p>[7] – с. 51 – 54, 68 – 72</p> <p>[4] – розділ 5</p> <p>[6] – с. 170 – 182, 241 – 273</p> <p>[7] – с. 51 – 53</p> <p>[10], [13]</p>
3.2	<p><b>Проектування прокатних балок.</b></p> <p>Типи та галузі використання сталевих прокатних балок. Розрахунок прокатних балок у пружній та пружно-пластичній стадії роботи. Забезпечення загальної стійкості балок. Конструктивне оформлення опорних вузлів прокатних балок.</p>	<p>[3] – п. 9.1, 9.2, 9.4</p> <p>[4] – розділ 5</p> <p>[6] – с. 182 – 189, 201 – 203</p> <p>[7] – с. 54 – 55</p> <p>[10], [13]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
3.3	<p><b>Проектування перерізу складеної балки.</b>  Типові схеми перерізів зварних та клепаних складених балок. Оптимальна, мінімальна та конструктивна висота балки. Остаточний вибір висоти стінки та підбір поперечного перерізу складеного зварного двотавра. Перевірка міцності та жорсткості балки. Перевірка та забезпечення загальної стійкості зварної балки.</p>	<p>[3] – п. 9.1, 9.2, 9.4  [4] – розділ 5  [6] – с. 187 – 189, 211 – 216  [7] – с. 55 – 59  [10], [13], [15]</p>
3.4	<p><b>Забезпечення місцевої стійкості елементів та конструктивне оформлення складеної балки</b>  Поняття, способи забезпечення та розрахункова перевірка місцевої стійкості стиснутої полички складеної балки. Фізичний механізм втрати місцевої стійкості стінки. Вимоги до постановки поперечних і поздовжніх ребер жорсткості в складених балках. Розрахункова перевірка місцевої стійкості стінки зварної балки з поперечними ребрами жорсткості.  Доцільність і способи зміни перерізу по довжині складеної балки. Розрахунок поясних швів зварних складених балок. Підбір зміненого перерізу зварної балки. Необхідність постановки, перерізи та конструктивне оформлення поперечних ребер жорсткості..</p>	<p>[3] – пункти 9.5, 16.4, 17.6  [6] – с. 189 – 200, 216 – 217, 223 – 224  [7] – с. 59 – 64  [10]</p>
3.5	<p><b>Монтажні стики та опорні вузли балок.</b>  Необхідність монтажних укрупнювальних стиків балок. Конструкції монтажних стиків складених і прокатних балок на зварюванні та на високоміцних болтах. Конструкції, робота і розрахунок опорних вузлів складених і прокатних балок при їх обпиранні на сталеві й залізобетонні колони чи на цегляну кладку.</p>	<p>[3] – розділ 11, пункти 9.5.13, 16.1, 16.3, М.2  [6] – с. 225 – 228  [7] – с. 64 – 68  [10]</p>
3.6	<p><b>Вузли з'єднання елементів балкових кліток.</b>  Конструкції та робота вузлів обпирання балок настилу на другорядні чи головні балки. Конструкції, робота й розрахунок вузлів обпирання балок настилу та другорядних балок на головні (на зварюванні, звичайних та фрикційних болтах).</p>	<p>[3] – розділ 16, пункти 9.2.2, 17.14  [6] – с. 229 – 240  [7] – с. 53, 55, 95  [10]</p>
<b>Тема 4 Центрально стиснуті колони</b>		
4.1	<p><b>Проектування центрально стиснутих колон суцільного перерізу.</b>  Види перерізів центрально стиснутих колон і галузі їх раціонального використання. Розрахункова довжина колони. Порядок підбору прокатного перерізу стержня центрально стиснутої колони. Необхідність використання та порядок підбору складеного перерізу стержня центрально стиснутої колони. Перевірка і забезпечення місцевої стійкості полички і стінки центрально стиснутої колони двотаврового перерізу.</p>	<p>[3] – п. 8.1, 8.3, 13.3.1...13.3.3, 13.4, 17.4  [6] – с. 274 – 290  [7] – с. 89 – 91  [8], [10], [14]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
4.2	<p><b>Проектування центрально стиснутих колон наскрізного перерізу.</b></p> <p>Типи і галузі використання центрально стиснутих колон наскрізного перерізу. Поняття про матеріальну та вільну ось перерізу. Порядок підбору наскрізного двогілкового перерізу центрально стиснутої колони на планках. Робота і розрахунок з'єднувальних планок центрально стиснутої колони. Особливості проектування центрально стиснутих колон наскрізного перерізу з решітками.</p>	<p>[3] – п. 8.2, 17.4 13.3.1...13.3.3 13.4 [6] – с. 291 – 303 [7] – с. 91 – 94 [8], [14]</p>
4.3	<p><b>Оголовки центрально стиснутих колон.</b></p> <p>Конструкції оголовоків центрально стиснутих колон суцільного та наскрізного перерізу при обпиранні головних балок зверху і збоку. Вплив конструкції оголовка на розрахункову довжину колони. Розрахунок опорного столика та ребер жорсткості оголовка.</p>	<p>[3] – пункти 16.1 17.14 [6] – с. 318 – 321 [7] – с. 94 – 96 [10]</p>
4.4	<p><b>Бази центрально стиснутих колон.</b></p> <p>Призначення бази колони, робота і розрахунок основних елементів бази: визначення площі опорної плити в плані з умови стиску бетону фундаменту, товщини опорної плити з умови згину, вибір перерізу траверс і розрахунок зварних швів кріплення траверс до колони. Необхідність установки, конструювання та розрахунок додаткових ребер жорсткості. Анкерні болти і прикріплення опорної плити до фундаменту.</p> <p>Конструкція, порядок монтажу, переваги й недоліки баз колон з фрезерованим торцем. Визначення площі опорної плити в плані з умови стиску бетону фундаменту й товщини опорної плити з умови згину. Прикріплення стержня колони до опорної плити та плити до фундаменту.</p>	<p>[3] – розділ 11, п. 16.1, 17.13 табл. М.2 [6] – с. 306 – 314 [7] – с. 96 – 99 [10]</p>
<b>Тема 5 Каркаси та колони одноповерхових будівель</b>		
5.1	<p><b>Компоновка каркасу та системи в'язей одноповерхових будівель.</b></p> <p>Призначення й типи одноповерхових будівель. Загальна конструктивна схема та елементи каркаса. Кроквяні та підкроквяні ферми, огорожувальні конструкції, фахверк, колони та підкранові балки, їх функції. Сітка колон, температурні шви та їх конструктивні рішення. Типи з'єднання ригеля з колонами. Вихідні технологічні та архітектурні дані та порядок компоновки поперечної рами та визначення розмірів її елементів.</p> <p>Призначення та схеми в'язей каркаса одноповерхової будівлі. Функції, вимоги до постановки, схеми та конструктивні рішення в'язей по колонах і фермах. Навантаження, що сприймаються в'язями, принципи підбору перерізів та конструкція вузлів.</p>	<p>[3] – п. 17.2, 17.5 [6] – с. 386 – 441 [7] – с. 103 – 110 [9]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
5.2	<p><b>Навантаження та зусилля в елементах каркасу одноповерхової будівлі.</b></p> <p>Перелік і порядок визначення навантажень, що діють на каркас за ДБН В.1.2-2:2006 (постійні, кліматичні, кранові, технологічні). Виконання статичного розрахунку поперечної рами на дію постійних, атмосферних і технологічних навантажень. Комбінації навантажень, правила урахування їх спільної дії та визначення коефіцієнта сполучення навантажень за ДБН В.1.2-2:2006. Визначення зусиль в розрахункових перерізах колон, вибір розрахункових комбінацій зусиль для проектування колон постійного перерізу та ступінчастих колон.</p>	<p>[2] – розділи 4, 5, 7, 8, 9 [6] – с. 442 – 481 [7] – с.128 – 138 [9], [16]</p>
5.3	<p><b>Типи та розрахункові довжини колон одноповерхових будівель</b></p> <p>Колони постійного перерізу як елемент громадських та безкранових виробничих будівель. Колони з консолями для мостових кранів малої вантажопідйомності. Ступінчаті колони виробничих будівель. Суцільні й наскрізні перерізи колон, їх порівняльний аналіз, принципи вибору типу колони та компоновки поперечного перерізу.</p> <p>Забезпечення стійкості колон в площині та з площини поперечної рами каркаса. Ідеалізовані схеми закріплення кінців колон у складі однопролітних і багатопролітних рам та розрахункові довжини колон постійного перерізу в площині рами. Визначення розрахункової довжини верхньої й нижньої частин ступінчатих колон за ДБН В.2.6-198:2014. Визначення розрахункової довжини колон з площини рами за схемою вертикальних в'язей по колонах.</p>	<p>[3] – п. 13.3 [6] – с. 398 – 400 482 – 486 [7] – с. 136 – 138 [9]</p>
5.4	<p><b>Проектування суцільних позацентрово стиснутих колон.</b></p> <p>Типи поперечних перерізів прокатних і складених позацентрово стиснутих колон. Граничні стани позацентрово стиснутого стержня та вихідні дані для розрахунку. Компоновка перерізу, перевірка міцності та стійкості в площині дії згинального моменту (в площині рами) за ДБН В.2.6-198:2014. Перевірка стійкості з площини дії згинального моменту. Забезпечення місцевої стійкості стінки та полицки позацентрово стиснутої колони складеного двотаврового перерізу. Постановка поперечних і поздовжніх ребер жорсткості.</p>	<p>[3] – п. 10.1, 10.2 10.4 [6] – с. 486 – 496 [7] – с. 138 – 139 [8], [9], [16]</p>
5.5	<p><b>Проектування наскрізних позацентрово стиснутих колон.</b></p> <p>Типи та принципи компоновки поперечних перерізів наскрізних позацентрово стиснутих колон. Граничні стани позацентрово стиснутого наскрізного стержня та вихідні дані для розрахунку. Порядок підбору перерізу окремих гілок колони з умов стійкості в площині та з площини рами як центрально стиснутих стержнів. Розроблення схеми з'єднувальної решітки та її вплив на стійкість гілок колони в площині поперечної рами. Перевірка стійкості колони в цілому в площині дії згинального моменту (в площині рами) за ДБН В.2.6-198:2014. Постановка діафрагм жорсткості.</p>	<p>[3] – п. 8.1, 10.3 [6] – с. 496 – 501 [7] – с. 139 – 141 [16]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
5.6	<p><b>Решітки позацентрово стиснутих колон.</b></p> <p>Вибір схеми решітки з урахуванням ширини наскрізної колони та забезпечення стійкості гілок у площині поперечної рами. Силкові фактори для розрахунку решітки: фактична та умовна поперечна сила. Визначення зусиль в розкосах і стійках решітки колони. Підбір перерізів елементів решітки на центральний стиск з урахуванням додаткового коефіцієнта умов роботи за ДБН В.2.6-198:2014. Конструкція вузлів прикріплення елементів решітки до гілок колони.</p>	<p>[3] – п. 10.3.7, 8.1.3, 8.1.4, 8.2.7, 8.2.9</p> <p>[6] – с. 500 – 501</p> <p>[7] – с. 141</p>
5.7	<p><b>Оголовки колон при шарнірному та жорсткому обпиранні ригеля.</b></p> <p>Конструкції оголовоків при шарнірному обпиранні ригеля зверху та збоку. Розрахунок товщини ребра оголовка та його прикріплення до стержня колони. Конструкція вузла жорсткого з'єднання кроквяної ферми з колоною. Розрахунок опорного столика на вертикальне навантаження від ригеля. Конструкція та розрахунок вузла прикріплення верхнього пояса на фланці та болтах, або на накладках. Конструкції та розрахунок вузла жорсткого прикріплення ригеля-балки.</p>	<p>[3] – п. 16.1, 16.2, 17.4, 17.14</p> <p>[6] – с. 572 – 581</p> <p>[7] – с. 119 – 120, 123, 141 – 142</p> <p>[9]</p>
5.8	<p><b>Бази позацентрово стиснутих колон і розрахунок анкерних болтів.</b></p> <p>Функції та типи баз позацентрово стиснутих колон. Конструкція роздільної бази наскрізної колони та об'єднаної бази для колони суцільного перерізу. Порядок проектування роздільної бази під окрему гілку та її відмінності від бази центрально стиснутої колони. Визначення розмірів опорної плити бази під колону суцільного перерізу з умови міцності фундаменту. Розрахунок зварних швів прикріплення траверс до стержня суцільної колони з урахуванням дії поздовжньої сили та згинального моменту.</p> <p>Призначення анкерних болтів та вибір комбінації зусиль для їх розрахунку. Визначення зусиль в анкерних болтах та їх перерізу з умов роботи на розтяг. Конструктивні вимоги до анкерних болтів та їх установки в фундаменті. Розрахунок плити для кріплення анкерних болтів до траверс.</p>	<p>[2] – пункти 4.15...4.20</p> <p>[3] – розділи 11, 16 та таблиці М.2, Д.6</p> <p>[6] – с. 506 – 515</p> <p>[7] – с. 143 – 145</p> <p>[9]</p>
<b>Тема 6 Кроквяні ферми та покриття великих прольотів</b>		
6.1	<p><b>Конструкції дахів виробничих і цивільних будівель та система в'язей по фермах.</b></p> <p>Огороджувальні конструкції при прогінному та безпрогінному рішенні покрівлі. Можливі конструкції холодних та утеплених покриттів при різних видах огорожень. Основні конструктивні елементи покрівель, їх призначення і конструктивні форми. Вибір конструктивної схеми кроквяних ферм з урахуванням конструкції покрівлі, встановлення генеральних розмірів та схеми решітки ферм. Призначення та основні функції системи в'язей покрівлі. Правила постановки в'язей в будівлях різного призначення. Горизонтальні в'язі по верхніх і нижніх поясах ферм, вертикальні в'язі, розпірки та розтяжки. Особливості проектування в'язей по фермах різних конструктивних форм. Робота і розрахунок в'язей покрівлі.</p>	<p>[3] – п. 17.2, 17.5</p> <p>[6] – с. 324 – 333, 403 – 412, 546 – 552</p> <p>[7] – с. 105 – 106, 109 – 113</p> <p>[9]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
6.2	<p><b>Визначення навантажень, зусиль та розрахункових довжин стержнів ферм.</b></p> <p>Навантаження, що діють на дахи виробничих і громадських будівель. Визначення розрахункових значень постійних, кліматичних і технологічних навантажень за ДБН В.1.2-2:2006. Розрахункова схема і статичний розрахунок кроквяних ферм. Визначення розрахункових зусиль в стержнях з урахуванням невідгидних комбінацій навантажень. Обґрунтування коефіцієнтів приведення довжини стержнів ферм з парних кутників і прокатних таврів, круглих та прямокутних труб (гнутозварних замкнутих профілів). Визначення розрахункової довжини поясів і стержнів ґратки в площині та з площини ферми. Необхідність встановлення та норми граничної гнучкості стержнів ферм у ДБН В.2.6-198:2014.</p>	<p>[2] – розділи 5, 7, 8, 9</p> <p>[3] – п. 13.1, 13.4</p> <p>[4] – розділ 5</p> <p>[6] – с. 336 – 342</p> <p>[7] – с. 113 – 116</p> <p>[9]</p>
6.3	<p><b>Вибір типу та підбір перерізів стержнів легких ферм.</b></p> <p>Типи перерізів стержнів легких ферм, їх порівняльний аналіз та галузі раціонального використання. Вибір типу перерізів стержнів з парних кутників, прокатних таврів та прямокутних труб для поясів і ґраток ферм відповідно до співвідношення розрахункових довжин та конструктивних вимог. Розрахунок стержнів ферм на центральний стиск і розтяг, вибір перерізів для забезпечення міцності, стійкості, граничної гнучкості та конструктивних вимог. Конструкція і постановка з'єднувальних прокладок у стержнях ферм з парних кутників.</p>	<p>[3] – пункти 8.1, 13.1, 13.4</p> <p>[6] – с. 333 – 336, 342 – 346</p> <p>[7] – с. 116 – 117</p> <p>[8], [9]</p>
6.4	<p><b>Проектування проміжних вузлів ферм.</b></p> <p>Конструкція і розрахунок проміжних вузлів кроквяних ферм з парних кутників та ферм з поясами із прокатних таврів (порядок визначення розмірів зварних швів прикріплення стержнів ґратки до фасонки). Основи конструювання та розрахунку вузлів ферм з квадратних, прямокутних і круглих труб (безфасоночні з'єднання стержнів ґратки з поясами кутовими чи стиковими зварними швами). Проміжні вузли ферм у місцях зміни перерізів поясів.</p>	<p>[3] – п. 16.1, 17.3</p> <p>[6] – с. 346 – 351, 355 – 379</p> <p>[7] – с. 117 – 128</p> <p>[9]</p>
6.5	<p><b>Опорні та укрупнювальні вузли легких ферм.</b></p> <p>Конструкція опорних вузлів ферм з парних кутників і прокатних таврів, круглих та прямокутних труб при шарнірному обпиранні на сталеві колони. Розрахунок перерізу опорного фланця та зварних швів його прикріплення. Конструкція й розрахунок опорних вузлів ферм при обпиранні на залізобетонні колони та цегляну кладку.</p> <p>Необхідність улаштування та вимоги до конструкції укрупнювальних монтажних вузлів ферм. Конструкції укрупнювальних вузлів: з накладками на зварюванні чи на фрикційних високоміцних болтах, з фланцями та високоміцними болтами. Порядок розрахунку та особливості конструювання вузлів вказаних типів.</p>	<p>[3] – розділ 11, пункти 16.1, 16.3, 17.3, 17.12, 17.14</p> <p>[6] – с. 352 – 357, 355 – 379</p> <p>[7] – с. 117 – 128</p> <p>[9]</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
6.6	<p><b>Особливості проектування важких ферм великих прольотів.</b></p> <p>Призначення й конструктивні ознаки важких ферм, типи перерізів стержнів. Особливості роботи, розрахунку й конструювання верхніх поясів при наявності позавузлових навантажень. Розділення важких ферм на відправні марки та їх транспортування. Принципи конструювання вузлів важких ферм на монтажному зварюванні та на високоміцних болтах.</p> <p>Призначення великопролітних покриттів та їх типи. Конструктивні схеми великопролітних ферм (габаритні розміри, схеми ґраток, особливості роботи верхніх поясів, типи перерізів стержнів) та можливі прольоти.</p>	<p>[2] – розділи 5, 8, 9</p> <p>[3] – розділ 12, пункти 17.11 17.2...17.5</p> <p>[4] – розділ 5</p> <p>[6] – с. 644 – 652</p> <p>[7] – с. 187 – 192</p>
6.7	<p><b>Великопролітні рами та сітчасті структурні плити.</b></p> <p>Конструктивні схеми та можливі прольоти рам суцільного та наскрізного перерізу. Поперечні перерізи колон і ригелів. Регулювання зусиль в рамах. Діючі навантаження, принципи розрахунку та конструювання великопролітних рам. Проміжні та опорні вузли важких ферм і рам.</p> <p>Загальна схема сітчастих плит як просторових ферм регулярної структури. Типи "кристала" структури. Можливі прольоти, габаритні розміри та галузі використання сітчастих структурних плит. Переваги й недоліки структур порівняно з плоскими фермами. Особливості роботи і розрахунку структурних плит. Типи і підбір перерізів стержнів, конструктивні рішення рядових та опорних вузлів.</p>	<p>[2] – розділи 5, 8, 9</p> <p>[3] – розділ 12, пункти 17.11 17.2...17.5</p> <p>[4] – розділ 5</p> <p>[6] – с. 653 – 656, 645</p> <p>[7] – с. 187 – 192, 195 – 197</p>
6.8	<p><b>Арки і куполи.</b></p> <p>Характер роботи, історія використання, переваги й недоліки арок. Конструктивні схеми металевих арок (трьох- двох- і безшарнірних, суцільного та наскрізного перерізу) їх порівняльний аналіз, можливі прольоти та галузі раціонального використання.</p> <p>Ребристі, ребристо-кільцеві та сітчасті куполи, їх конструктивні схеми, прольоти та типи перерізів основних елементів. Особливості навантажень на арки та куполи. Робота куполів та арок під навантаженням, проблема сприйняття розпірних зусиль. Забезпечення загальної стійкості арок і куполів.</p>	<p>[2] – розділи 5, 8, 9</p> <p>[3] – розділ 12, пункти 17.11 17.2...17.5</p> <p>[7] – с. 192 – 195,</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
	<b>Тема 7 Спеціальні споруди та конструкції</b>	
7.1	<p><b>Висячі та вантові системи</b></p> <p>Переваги використання високоміцних сталей при роботі на розтяг та основна ідея висячих і вантових конструкцій. Однопоясні висячі конструкції, їх загальна конструктивна схема, матеріали та види перерізів несучих елементів, конструкція основних вузлів. Навантаження, основи роботи й розрахунку, сприйняття розпірних навантажень на опори. Переваги круглих та еліптичних у плані будівель з висячими конструкціями покрівлі. Проблема забезпечення аеродинамічної стійкості та жорсткості при дії локальних навантажень. Удосконалені схеми висячих конструкцій покриттів великих прольотів: конструкції з жорсткими вантами, двопоясні системи, перехресні сідловидні системи, мембрани. Можливі прольоти, галузі використання та особливості компоновки будівель з висячими покрівлями. Схеми, робота і галузі використання вантових систем покриттів.</p>	<p>[2] – розділи 5, 8, 9  [3] – пункти 17.9 17.10  [4] – розділ 5  [6] – с. 656 – 672  [7] – с. 197 – 203</p>
7.2	<p><b>Номенклатура та особливості проектування висотних споруд.</b></p> <p>Призначення, види і приклади висотних споруд (антенні споруди, димові труби, опори повітряних ліній електропередачі, радіотелескопи, атракціони тощо. Башти і щогли, їх конструктивні схеми та галузі використання. Особливості динамічних характеристик висотних споруд та їх взаємодії з вітровим потоком. Необхідність урахування навантаження від ожеледі. Визначення вітрового та ожеледно-вітрового навантаження за ДБН В.1.2-2:2006. Перерізи елементів та конструкції вузлів башт і щогл.</p>	<p>[2] – розділи 5, 9, 10  [4] – розділ 7</p>
7.3	<p><b>Сталеві каркаси багатоповерхових будівель.</b></p> <p>Галузі раціонального використання сталі в каркасах багатоповерхових будівель. Конструктивні схеми каркасів: в'язева, рамно-в'язева та просторова рамна. Схеми в'язей та їх узгодження з архітектурно-планувальними рішеннями об'єкта. Особливості визначення вітрового навантаження на висотні будівлі та корисного навантаження на перекриття з урахуванням ефекту сполучення по площі та по поверххах. Типи перерізів ригелів і колон, конструкції вузлів їх шарнірного й жорсткого з'єднання. Проблема захисту елементів сталевих каркасу від пожежі.</p>	<p>[2] – розділи 5, 6, 8, 9  [4] – розділ 7  [6] – с. 618 – 644  [7] – с. 204 – 207</p>
7.4	<p><b>Особливості роботи й проектування листових конструкцій.</b></p> <p>Номенклатура, призначення та галузі використання листових металевих конструкцій. Особливості використання й роботи листових конструкцій: великий внутрішній тиск, складна форма, вимоги до непроникності, значні обсяги зварювання, плоский напружений стан, крайові ефекти, концентрація напружень, стійкість оболонок при вакуумі, підвищений ризик крихкого руйнування. Вибір сталі для листових конструкцій, зварювальних матеріалів і технології зварювання. Основи розрахунку циліндричних сталевих оболонок та оболонок подвійної кривизни. Особливості технології виготовлення й монтажу листових металевих конструкцій.</p>	<p>[2] – розділи 5, 6  [3] – розділ 14, п. 17.8.1  [7] – с. 208 – 210</p>

№ з/п	Зміст програмних питань	Рекомендована література
7.5	<p><b>Типи та конструкції резервуарів і газгольдерів.</b></p> <p>Призначення резервуарів. Схеми конструкції вертикальних циліндричних резервуарів без надлишкового тиску, з герметичною та з плаваючою покрівлею, їх призначення, діючі навантаження, основи розрахунку та конструювання. Рулонний спосіб транспортування та монтажу вертикальних циліндричних резервуарів. Конструктивні схеми, навантаження та основи розрахунку горизонтальних циліндричних і сферичних резервуарів. Вибір типу днища та рішення основних вузлів горизонтальних циліндричних резервуарів.</p> <p>Призначення й типи газгольдерів: газгольдери постійного та змінного об'єму. Газгольдери постійного об'єму, відмінності їх роботи і проектування від горизонтальних циліндричних резервуарів. Мокрі та сухі газгольдери змінного об'єму, їх експлуатаційні характеристики, конструктивні схеми, навантаження та особливості проектування.</p>	<p>[2] – розділи 5, 6, 8, 9</p> <p>[3] – розділ 14, п. 17.8</p> <p>[7] – с. 208 – 215</p>
7.6	<p><b>Бункери і силоси.</b></p> <p>Призначення бункерів та силосів, їх спільні риси та відмінності. Схеми конструкцій бункерів і силосів, їх основні елементи і вибір геометричних параметрів. Навантаження на бункери і силоси від власної ваги, ваги сипучих матеріалів, кліматичні навантаження. Конструктивні рішення та принципи розрахунку бункерів і силосів.</p>	<p>[2] – розділи 5, 6</p> <p>[3] – розділ 14, п. 17.8</p> <p>[7] – с. 216 – 217</p>
7.7	<p><b>Оцінка технічного стану сталевих конструкцій, що перебувають в експлуатації</b></p> <p>Обстеження несучих металевих конструкцій. Виявлення, опис та класифікація дефектів і пошкоджень. Уточнення властивостей сталі, навантажень і впливів на конструкції. Перевірні розрахунки конструкцій з урахуванням виявлених дефектів і пошкоджень. Оцінка технічного стану за досвідом експлуатації, результатами розрахунків та випробувань. Визначення категорії технічного стану конструкції, можливості та умов її подальшої експлуатації.</p>	<p>[3] – розділ 18</p> <p>[5]</p> <p>[6] – с. 709 – 726</p> <p>[7] – с. 257 – 258</p>
7.8	<p><b>Підсилення та відновлення пошкоджених сталевих конструкцій</b></p> <p>Аварійні, тимчасові, капітальні та перспективні підсилення конструкцій. Підсилення шляхом зміни конструктивної схеми та перерізів елементів: приклади можливих варіантів підсилення кроквяних ферм, балок, колон та каркасу в цілому. Особливості розрахунку підсилених конструкцій</p>	<p>[3] – розділ 18</p> <p>[5] – розділ 7, додатки В, Г</p> <p>[6] – с. 726 – 747</p> <p>[7] – с. 258 – 261</p>

### **3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ І З'ЄДНАНЬ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Практичні навички розрахунку елементів та з'єднань сталевих конструкцій здобувачі освіти отримують у процесі самостійного розв'язання типових задач, які часто зустрічаються при проектуванні, а саме: розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині, центральному та позацентровому розтягу й стиску, розрахунок і конструювання зварних і болтових з'єднань.

Кожен здобувач освіти отримує індивідуальне завдання з необхідними вихідними даними за зразком додатка Б, яке необхідно розв'язати та відзвітуватися перед викладачем. Здобувачі освіти денної форми навчання в основному виконують ці завдання на практичних заняттях. Здобувачі освіти, які навчаються за індивідуальним навчальним планом, а також здобувачі освіти дистанційної форми навчання виконують завдання самостійно, оформлюють їх у вигляді контрольної роботи (якщо вона передбачена навчальним планом) та захищають протягом семестру або на екзамені. При виконанні індивідуального завдання слід керуватися методичними рекомендаціями [8] та навчальною, нормативною й довідковою літературою, посилання на яку наведені в цих методичних рекомендаціях.

Для самостійної підготовки та отримання навичок розв'язання типових задач можна скористатися зразками екзаменаційних задач з додатку А, а також зразками індивідуальних завдань, які наведені в додатку Б.

При розв'язанні проектних задач слід дотримуватися загальних правил розрахунку металевих конструкцій:

1. Усі розрахунки виконуються за вказівками ДБН В.2.6-198:2014 [3], посилання на які наведені в алгоритмах розв'язання задач.
2. При виконанні розрахунків слід уважно відноситися до узгодження розмірності величин, що входять до розрахункових формул. Досвід показує, що значна частина помилок у розрахунках виникає саме внаслідок використання неправильних розмірностей. Як правило, рекомендується статичні розрахунки конструкцій виконувати в метрах і кілоньютонах, а в формули ДБН [3] для розрахунків елементів та з'єднань усі величини підставляти в кілоньютонах і сантиметрах.
3. При виконанні розрахунків сталевих конструкцій рекомендується користуватися системою одиниць вимірювання, які є похідними одиницями міжнародної системи одиниць СІ. Рекомендовані одиниці вимірювання описані в наступній таблиці:

Величини		Одиниці виміру	Позначення	Перетворення величин
Габаритні розміри конструкцій		метри	м	1 м = 100 см
Розміри і геометричні характеристики поперечних перерізів		сантиметри	см	1 см = 10 мм
Навантаження, рівномірно розподілені по площі		паскалі	Па	1 кН/м <sup>2</sup> = 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
	у перевірках перерізів	кілоньютони і сантиметри	кН·см	
Характеристичні й розрахункові опори, напруження в конструкціях		кілоньютони і сантиметри	кН/см <sup>2</sup>	1 кН/см <sup>2</sup> = 10 МПа

Алгоритми розв'язання всіх задач з посиланнями на нормативну та довідкову літературу, якою потрібно користуватися в процесі роботи над завданням, наведені в методичних рекомендаціях [8]. З метою детального роз'яснення порядку виконання розрахунків, набуття практики користування табличними даними норм проектування та сортаментів, правильного встановлення та перетворення розмірностей усіх розрахункових параметрів алгоритми супроводжуються числовими прикладами.

Результати розрахунків оформлюються у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, яка містить вихідні дані, розрахункові формули й таблиці, стислі пояснення, графічні ілюстрації, аналіз результатів, а також висновки щодо рівня надійності та можливості подальшої експлуатації проаналізованої конструкції. Зразком стилю оформлення розрахункової роботи можуть служити алгоритми розрахунків, наведені в методичних рекомендаціях до практичних занять [8].

## 4. ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Навички проектування сталевих конструкцій поширених типів здобувачі освіти набувають у процесі виконання курсової роботи, яка за рішенням керівника проектування та ведучого лектора може виконуватися на одну з двох тем: "Сталевий каркас одноповерхової будівлі", або "Робоча площадка виробничої будівлі". Курсова робота виконується за індивідуальним завданням, яке містить вихідні дані для проектування конструкцій.

При виконанні курсової роботи слід користуватися нормами проектування [1...4], підручниками [6, 7], довідковими матеріалами [11] та методичними рекомендаціями [9, 10], у яких детально викладено порядок виконання курсової роботи з посиланнями на нормативну, довідкову та навчальну літературу. При необхідності здобувач освіти може отримати консультацію викладача.

Курсова робота складається з пояснювальної записки з необхідними розрахунками та обґрунтуваннями прийнятих технічних рішень, а також креслень розроблених сталевих конструкцій марок КМ і КМД.

Зміст і порядок виконання курсової роботи на тему: **"Сталевий каркас одноповерхової будівлі"** відображено в методичних рекомендаціях [9]. Пояснювальна записка до курсової роботи містить:

- обґрунтування загальної компоновки каркасу та системи в'язей;
- вибір загальних розрахункових параметрів, збір навантажень та визначення розрахункових зусиль в елементах поперечної рами;
- підбір перерізу позацентрово стиснутої колони з прокатного двотавра;
- розрахунок бази та оголовка колони;
- статичний розрахунок і підбір перерізів стержнів кроквяної ферми;
- розрахунок проміжних, опорного та укрупнювального вузлів ферми.

Креслення виконуються на двох аркушах формату А 2, які повинні містити:

- загальну схему каркасу (план колон, схема поперечного перерізу будівлі, схема в'язей по колонах і фермах);
- креслення колони на стадії КМ (переріз, база, оголовок);
- монтажні (укрупнювальні) вузли ферми та вузол з'єднання ферми з колоною;
- креслення відправних марок кроквяної ферми на стадії КМД зі специфікацією сталі.

Креслення КМД відправної марки кроквяної ферми можна також розмістити на аркуші формату А 1, якщо це зручніше з огляду на масштаби та розміщення елементів креслення.

Зміст і рекомендації щодо виконання курсової роботи **"Робоча площадка виробничої будівлі"** висвітлено в методичних рекомендаціях [10]. Пояснювальна записка до роботи містить:

- вибір схеми балкової клітки, розрахунок настилу й другорядних балок;
- підбір перерізу складеної головної балки та зміна її перерізу по довжині;
- перевірка місцевої стійкості полиці та стінки головної балки;
- розрахунок опорного та укрупнювального вузла головної балки;
- підбір перерізу центрально стиснутої колони;
- розрахунок бази та оголовка колони.

Креслення виконуються на одному аркуші формату А 1 або на двох аркушах формату А 2, які повинні містити:

- схему балкової клітки (план колон і балок, перерізи, схему в'язей);
- креслення головної балки й колони на стадії КМД зі специфікацією сталі;
- вузли з'єднання елементів балкової клітки.

У процесі виконання курсової роботи вона поетапно перевіряється викладачем під час консультацій з метою виявлення й усунення помилок на ранніх стадіях розрахунків, обговорення та вибору доцільних технічних рішень. Виконана курсова робота оформлюється згідно з викладеними нижче вимогами і захищається перед комісією, призначеною завідувачем кафедри.

**Оформлення курсових робіт** здійснюється у вигляді довільним способом переплетеного альбому документів, який містить:

- титульний аркуш за доданим зразком;
- завдання на виконання курсової роботи з необхідними вихідними даними;
- зміст розрахунково-пояснювальної записки з переліком креслень;
- текст роботи, структурований та оформлений згідно з чинними методичними рекомендаціями [9, 10] з виконання даної курсової роботи;
- креслення, роздруковані на аркушах формату А3.

Креслення до курсової роботи виконуються з використанням комп'ютерних систем моделювання чи проєктування в обсязі, вказаному в методичних рекомендаціях [9] чи [10]. Розроблені креслення роздруковуються на аркушах формату А3 (допускається склеювання двох аркушів формату А4) і підшиваються в кінці альбому документів. Пояснювальна записка та креслення в електронному вигляді передаються керівнику курсового проєктування і зберігаються ним до завершення навчання здобувачем освіти. За бажанням здобувача освіти, допускається друк креслень на аркушах формату А1 чи А2.

*Зразок титульного аркуша альбому документів  
курсowego проєкту чи курсової роботи:*

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет будівництва, транспорту та енергетики  
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

**КУРСОВА РОБОТА**

з дисципліни "Металеві конструкції" на тему:  
**"Сталевий каркас одноповерхової будівлі"**

**Виконав:** студент групи БІ-22  
спеціальності "Будівництво та цивільна  
інженерія"

Євген АХРАМЄЄВ

**Керівник проєктування** – д.т.н., професор  
Віктор ПАШИНСЬКИЙ

Оцінка за національною шкалою \_\_\_\_\_

Оцінка за 100-бальною шкалою \_\_\_\_\_

Оцінка за шкалою ЄКТС \_\_\_\_\_

Члени комісії:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Кропивницький – 202\_ рік

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Нормативна література:

1. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд із Зміною №1. – К., 2022. – 35 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199634775304307868?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199634775304307868?doc_type=2)
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі зміною №1 і №2. К.: Мінбуд України, 2020. – 68 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199621970136139233?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233?doc_type=2)
3. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі зміною № 1. – К., 2022. – 220 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200869840512354218?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200869840512354218?doc_type=2)
4. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. К., 2006 – 15 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
5. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ : Мінрегіон України, 2016 – 53 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>

### Базова література:

6. Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В. та ін. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання 2-е, перероблене і доповнене. – К.: Видавництво "Сталь", 2010. – 869 с. Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
7. Клименко Ф. Є., Барабаш В. М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції: / За ред. Ф.Є Клименка : Підручник. – 2-ге видання, випр. і доп. – Львів: Світ, 2002. – 312 с. Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>

### Методичне забезпечення:

8. Металеві конструкції. Методичні рекомендації до практичних занять для здобувачів освіти спеціальності 192 – "Будівництво та цивільна інженерія" усіх форм навчання. / [Уклад.: В.А. Пашинський]. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. – 45 с. Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
9. Металеві конструкції. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи "Сталевий каркас одноповерхової будівлі" для здобувачів освіти усіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. / [Уклад.: В.А. Пашинський]. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. - 64 с.. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>

10. Робоча площадка промислової будівлі. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу «Металеві конструкції» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія усіх форм навчання. / Укл.: Портнов Г.Д., Пашинський В.А., Пашинський М.В.– Кропивницький: ЦНТУ, 2025. – 123 С. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
  11. Металеві конструкції. Методичні рекомендації та інформаційні матеріали для курсового проектування та виконання кваліфікаційних робіт здобувачами вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. / [Уклад.: В.А. Пашинський]. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. - 38 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
- Додаткова література:**
12. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. EN 1993-1-1:2005/AC:2009 (Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. – К., 2011). [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
  13. Пашинський В.А. Вагові характеристики та області раціонального використання сталевих балок у будівлях та конструкціях вантажопідйомних машин / В.А. Пашинський, І.О. Скриннік, І.В. Харченко, С.Л.Хачатурян // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Вип. 1(32). Кропивницький: ЦНТУ. 2019. – С 228-235. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9075>
  14. Пашинський В.А. Вагові характеристики та галузі раціонального використання сталевих центрально стиснутих колон / В.А. Пашинський, М.В. Пашинський, І.О. Скриннік, В.В. Дарієнко // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві : Збірник наукових праць. Випуск 12. – Луцьк: ЛНТУ, 2019. – С. 146–154. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/article/view/152/125>
  15. Портнов Г.Д. Вибір раціональних перерізів складених двотаврових балок з урахуванням конструктивних і технологічних обмежень / Г.Д. Портнов, В.А. Пашинський, В.А. Настоящий, І.О. Скриннік // Науковий вісник будівництва, 2020. – т. 101, № 3. – С. 107 – 115. [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/3\\_101\\_2020/17.pdf](https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/3_101_2020/17.pdf)
  16. Pashynskiy V.A. Influence of spatial orientation of frame buildings on metal capacity of steel columns // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2021, no. 82, page 56-63. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://visnyk-odaba.org.ua/2021-82/82-6.pdf>

### Додаток А. Зразки екзаменаційних задач

Умови задач	Вказівки з розв'язання з посиланнями на ДБН В.2.6-198:2014 [3]
Визначити несучу здатність при центральному розтягу смуги перерізом 100×10 мм, виконаної зі сталі С 235.	Перевірка – (8.1) R <sub>y</sub> – пункт 7.1
Визначити несучу здатність при центральному стиску стержня з одиночного кутника 125×10 мм, виконаного зі сталі С 235, при розрахунковій довжині 2,47 м.	Перевірка – (8.3) R <sub>y</sub> – 7.1 $\lambda_{max} = \frac{l_x}{i_{min}} \quad \bar{\lambda} = \lambda_{max} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ φ – табл. 8.1, табл. Ж.1
Визначити несучу здатність при згині двотаврової балки перерізом 24Б1, виконаної зі сталі С 235. Балка прольотом 3 м з шарнірним обпиранням на кінцях навантажена зосередженою силою посередині прольоту.	$F = \frac{4 \times M}{L}$ M – із формули (9.1) R <sub>y</sub> – п. 7.1, R <sub>yn</sub> = 360 МПа W – сортамент
Визначити несучу здатність стикового зварного шва, що з'єднує дві смуги зі сталі С 245 перерізом 220×12 мм. Шов виконаний ручним зварюванням без виводу на підкладки і без використання фізичних методів контролю.	N – із формули (16.1) R <sub>wy</sub> = 0,85 × R <sub>y</sub> R <sub>y</sub> – п. 7.1 R <sub>yn</sub> = 370 МПа
Визначити несучу здатність (за металом шва) напускного з'єднання двох смуг 220×12 мм зі сталі С 245. Два кутових шви катета 8 мм виконані ручним зварюванням по усій ширині смуги.	N – із формули (16.2) R <sub>wf</sub> – табл. Д.2 β <sub>f</sub> – табл. 16.2
Визначити несучу здатність напускного з'єднання (з умови зрізу болта) двох смуг 160×12 мм, з'єднаних трьома болтами класу точності В, класу міцності 8.8 діаметром 20 мм.	N = n <sub>b</sub> × N <sub>bs</sub> N <sub>bs</sub> – формула (16.12) A <sub>b</sub> – п. 16.2.9 R <sub>bs</sub> – табл. Д.4
Визначити несучу здатність напускного з'єднання (з умови зминання з'єднаних елементів) двох смуг 220×12 мм, виконаних зі сталі С 235 і з'єднаних трьома болтами класу точності В, діаметром 16 мм.	N = n <sub>b</sub> × N <sub>bp</sub> N <sub>bp</sub> – формула (16.13) R <sub>bp</sub> – табл. Д.5 R <sub>un</sub> = 360 МПа
Визначити несучу здатність фрикційного напускного з'єднання двох смуг 180×10 мм, з'єднаних двома високоміцними болтами зі сталі 40Х "селект" діаметром 16 мм. З'єднувані поверхні оброблені сталевими щітками, натяг болтів контролюється за моментом закручування, діаметр отвору – 17 мм.	N = n <sub>b</sub> × Q <sub>bh</sub> Q <sub>bh</sub> – формула (16.17) R <sub>bh</sub> – табл. Д.7 A <sub>bn</sub> = 1,57 см <sup>2</sup> μ і γ <sub>h</sub> – табл. 16.5

## Додаток Б. Приклади індивідуальних розрахункових завдань

### ПРИКЛАДИ УМОВ ЗАДАЧ:

#### Задача 1. Розрахунок елемента при згині.

Виконати перевірку міцності та жорсткості шарнірно обпертої балки при таких даних: проліт  $L = 8,2$  м; крок  $B = 2,4$  м; переріз – прокатний двотавр 30Б1; матеріал – сталь С 245; коефіцієнт умов роботи  $\gamma_c = 1$ ; експлуатаційне та граничне розрахункове значення навантаження на перекриття  $p_e = 3400$  Па;  $p_m = 4200$  Па; коефіцієнт відповідальності  $\gamma_n$  врахований при визначенні навантаження; допустимий прогин –  $[f / L] = 1/250$ .

#### Задача 2. Розрахунок центрально навантаженого стержня.

Виконати перевірку стійкості та визначити несучу здатність стержня, шарнірно закріпленого на кінцях, при центральному стиску та розтягу при таких даних: довжина стержня  $L = 2,4$  м; переріз – кутник  $\perp 100 \times 8$ ; матеріал – сталь С 255; граничне розрахункове значення поздовжньої сили  $N = 150$  кН; коефіцієнт умов роботи  $\gamma_c = 1$ ; коефіцієнт відповідальності  $\gamma_n$  врахований при визначенні навантаження.

#### Задача 3. Розрахунок з'єднання кутовими зварними швами.

Визначити величину напуску смуги перерізом  $b_c \times t_c = 120 \times 16$  мм на лист товщиною  $t_l = 10$  мм, необхідну для прикріплення смуги лобовими та фланговими зварними швами згідно з рисунком, наведеним в алгоритмі розв'язання задачі. З'єднання розрахувати на величину несучої здатності смуги при розтягу з урахуванням коефіцієнта умов роботи  $\gamma_c = 1$ . Матеріал з'єднаних елементів – сталь С 245, зварювання ручне. Катети швів прийняти максимально можливими з урахуванням стандартних розмірів:  $k_f = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16$  мм.

#### Задача 4. Розрахунок з'єднання на болтах, що працюють на зріз.

Визначити несучу здатність з'єднання смуг із сталі С 255 перерізом  $140 \times 16$  мм двосторонніми наладками перерізом  $140 \times 12$  мм на болтах, що працюють на зріз, за зразком наведеного рисунка. З'єднання виконане на болтах діаметра 16 мм класу точності В, класу міцності 5.6. Загальна кількість болтів у з'єднанні – 8. Коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання прийняти рівним: при зрізі –  $\gamma_b = 1$ , при зминанні елементів під болтами класу точності А –  $\gamma_b = 1$ , при зминанні елементів під болтами класів точності В, С в багатоболтовому з'єднанні –  $\gamma_b = 0,9$ . Загальний коефіцієнт роботи конструкції  $\gamma_c = 1$ .

## ПРИКЛАДИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДО ЗАДАЧ:

### Індивідуальне завдання з навчальної дисципліни "Металеві конструкції"

студенту групи \_\_\_\_\_

Керуючись методичними рекомендаціями до практичних завдань, розв'язати розрахунково-проектні задачі при таких вихідних даних:

Задача 1	Варіант	Переріз	Сталь	L, м	B, м	$\rho_e$ , Па	$\rho_m$ , Па	[L/f]
	1	16Б1	С 235	4	1	4000	5000	150

Задача 2	Варіант	Переріз	Сталь	L, м	N, кН
	1	50x5	С 235	1,5	35

Задача 3	Варіант	$t_l$ , мм	$b_c$ , мм	$t_c$ , мм	Сталь	Електроди
	1	6	100	6	С 235	Э-42А

Задача 4	Варіант	Ширина, мм	Товщина смуги, мм	Товщина накладки, мм	Сталь	Діаметр болтів, мм	Клас точності	Клас міцності	Загальна кількість болтів
	1	200	8	6	С 235	16	А	6.6	6

Викладач

Віктор ПАШИНСЬКИЙ

### Індивідуальне завдання з навчальної дисципліни "Металеві конструкції"

студенту групи \_\_\_\_\_

Керуючись методичними рекомендаціями до практичних завдань, розв'язати розрахунково-проектні задачі при таких вихідних даних:

Задача 1	Варіант	Переріз	Сталь	L, м	B, м	$\rho_e$ , Па	$\rho_m$ , Па	[L/f]
	5	30Б1	С 235	5	2	8000	10000	250

Задача 2	Варіант	Переріз	Сталь	L, м	N, кН
	5	125x10	С 235	3	200

Задача 3	Варіант	$t_l$ , мм	$b_c$ , мм	$t_c$ , мм	Сталь	Електроди
	5	14	200	14	С 245	Э-42А

Задача 4	Вар.	Ширина, мм	Товщина смуги, мм	Товщина накладки, мм	Сталь	Діаметр болтів, мм	Клас точності	Клас міцності	Загальна кількість болтів
	5	180	16	6	С 245	24	В	5.6	4

Викладач

Віктор ПАШИНСЬКИЙ

Навчально-методичне видання

## МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

Методичні рекомендації до самостійної роботи  
з вивчення навчальної дисципліни для здобувачів освіти  
за спеціальністю 192 "Будівництво та цивільна інженерія".

Електронне видання

Укладач – д.т.н., професор Пашинський В.А.

© ЦНТУ, Кропивницький, пр. Університетський, 8

© Пашинський В.А.