

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до самостійної роботи**

з дисципліни

**«Розрахунки та проектування зварних конструкцій»**

для студентів спеціальності G9 Прикладна механіка  
освітньої програми «Технології та устаткування зварювання»  
усіх форм навчання

2024

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності G9 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 17 с.

Укладачі: Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент  
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Лаптева Г.М., канд. техн. наук, доцент

Редактор: Аверченко І.П., ст. лаб.

Відповідальний за випуск:  
Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
на засіданні кафедри ІТЗ та МК  
Протокол №5 від 29.11.2024 р.

Рекомендовано  
до видання НМК ІФФ  
Протокол №4  
від 17.12.2024 р.

**ЗМІСТ**

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ .....                                                              | 4  |
| 2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ .....                                                               | 7  |
| 3 ПЕРЕЛІК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДО<br>ЛАБОРАТОРНИХ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, КУРСОВОГО<br>ПРОЕКТУ ..... | 10 |
| 4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....                                                                       | 13 |
| 5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....                                                                 | 16 |
| Інформаційні ресурси .....                                                                       | 17 |

## 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**Мета** дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» – формування у студентів зварювальної спеціальності базових теоретичних знань з розрахунку та проектування зварних конструкцій.

**Завдання** – опанування методик інженерних розрахунків і основних правил проектування зварних конструкцій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

**Загальні компетентності:**

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність працювати в команді.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

СК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

СК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

СК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

СК9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

СК11. Здатність аналізувати та проектувати зварні конструкції, конструкції зварювального обладнання та технологічні процеси при виготовленні зварних конструкцій.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН1. Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи.

ПРН3. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин.

ПРН4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

ПРН5. Виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проекційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень.

ПРН6. Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин.

ПРН7. Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам.

ПРН16. Вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною мовою, включаючи знання спеціальної термінології.

Після вивчення дисципліни студент повинен

#### **знати:**

- номенклатуру й властивості матеріалів для зварних конструкцій;
- причини утворення зварювальних деформацій і напружень та їх вплив на міцність;
- характер напружено-деформованого стану зварних з'єднань;
- особливості роботи окремих елементів і цілісних зварних конструкцій;
- існуючі методики розрахунку на міцність;
- методики розрахунку з'єднань різного типу при статичному та змінному навантаженні;

#### **вміти:**

- вибирати матеріал для зварної конструкції в залежності від призначення і умов експлуатації;

- призначити тип зварного шва і з'єднання згідно ДСТУ в залежності від конструктивних форм і розмірів елементів конструкції;
- складати розрахункові схеми зварного з'єднання, використовуючи аналіз реального навантаження;
- визначити внутрішні зусилля, які діють у зварному з'єднанні в залежності від схеми його навантаження;
- вибирати значення граничних напружень або розрахункового опору матеріалу для зварного з'єднання, використовуючи відомості про матеріал, умови експлуатації та технологію виготовлення;
- складати умову міцності для зварного з'єднання, використовуючи розрахункову схему та діючі внутрішні зусилля;
- проводити розрахунки на міцність зварних з'єднань при дії змінного навантаження;
- спроектувати зварне з'єднання згідно ДСТУ, використовуючи розрахунки на міцність;
- здійснювати авторський нагляд за реалізацією прийнятих проектних рішень.

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є методи та принципи інженерних розрахунків і основних правил проектування зварних конструкцій.

**Міждисциплінарні зв'язки:** дисципліни, що передують вивченню цієї дисципліни – вища математика, фізика, опір матеріалів. Компетентності, які набуде та розвине в процесі навчання та результати навчання здобуті при вивченні цієї дисципліни майбутній технічний фахівець-механік може використати при вивченні наступних дисциплін: інженерні розрахунки та проектування в САЕ системах, складально-зварювальне оснащення, допоміжне обладнання зварювального виробництва, виробництво зварних конструкцій та при розв'язанні певної практичної проблеми в своїй кваліфікаційній роботі й у подальшій професійній діяльності на виробництві.

З метою закріплення та узагальнення знань, отриманих при вивченні дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій», а також застосування цих знань до комплексного вирішення інженерного завдання з проектування зварних конструкцій, студенти повинні виконати курсовий проект.

Курсовий проект виконується відповідно з індивідуальним завданням, яке видається керівником проекту на початку семестру та під час установчої сесії.

Під час роботи над курсовим проектом слід керуватись ДСТУ, методичними вказівками та технічною літературою.

Для повного опанування предмету необхідно систематично і досконало вивчати поданий лекційний матеріал, виконувати лабораторні та практичні роботи, самостійно обґрунтовувати вибрані методи розрахунку, користуючись основною та допоміжною літературою, інформаційними ресурсами.

## **2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**

**Змістовий модуль 1. Рациональне проектування та технологічність зварних конструкцій.**

**Тема 1.** Вступ. Мета, завдання й порядок вивчення курсу «Розрахунки та проектування зварних конструкцій». Його зв'язок з іншими дисциплінами, значення для підготовки інженера-зварювальника.

Основні історичні етапи застосування зварювання при виготовленні конструкцій різного призначення.

Основні вимоги, що пред'являються до зварних конструкцій, їх техніко-економічні переваги.

Можливості комбінування в одній конструкції матеріалів різної міцності, заготовок, отриманих за різноманітними технологіями.

Роль зварних конструкцій і завдання їх удосконалення з метою інтенсифікації виробництва, підвищення якості роботи і економії паливно-енергетичних ресурсів. Значення комплексного рішення питань міцності, точності, технологічності і економічності при проектуванні зварних конструкцій.

Лекція – 1,5 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 2.** Матеріали, що застосовуються при виготовленні зварних конструкцій. Механічні властивості матеріалів. Основні марки низьколегованих, низьковуглецевих сталей, та сталей з особливими властивостями, алюмінієвих, титанових сплавів. Резерви економії

матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів при проектуванні зварних з'єднань.

Лекція – 1,5 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 3.** Ефективність застосування низьколегованих сталей середньої та високої міцності, мартенситно-старіючих високоміцних сталей, напівспокійних сталей замість спокійних, полімерів, композиційних матеріалів.

Методи оцінки опірності металу утворенню тріщин.

Лекція – 1,5 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 4.** Сортамент прокатних профілів. Гнуті, штамповані, пресовані профілі, їх переваги й значення для зниження металоємності конструкцій.

Застосування замкнутих прокатних коробчастих профілів, широкополочних двотаврів і таврів з паралельними гранями полиць, зварних двотаврів, гофрованого листового прокату, та прокату з протикорозійними покриттями.

Лекція – 1,5 години.

Самостійна робота – 5 годин.

**Змістовий модуль 2. Зварні з'єднання та розрахунок їхньої статичної міцності.**

**Тема 5.** Класифікація зварних швів та з'єднань. Принцип розрахунку з'єднань по допустимим напруженням та граничними станами.

Лекція – 1 год.

Самостійна робота – 4 год.

**Тема 6.** Визначення допустимих напружень і розрахункових опорів.

Розрахункові геометричні параметри швів. Зварні з'єднання, виконані дуговим зварюванням (ручним, напівавтоматичним та автоматичним під шаром флюсу і в середовищі захисних газів).

Лекція – 2 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 7.** Розрахунок на міцність з'єднань: стикових, таврових і внапуск. Розрахунок прикріплення кутникового профілю.

Лекція – 2 год.

Лабораторні роботи – 4 год.

Практичні роботи – 4 год.

Самостійна робота – 6 год.

**Тема 8.** Розрахунок на міцність з'єднань, отриманих електричним контактним зварюванням (точковим, рельєфним, шовним, стиковим).

Лекція – 1 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 9.** Оцінка міцності з'єднань, отриманих електрошлаковим, електронно-променевим, лазерним, плазмовим, дифузійним та іншими способами зварювання.

Лекція – 2 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 10.** З'єднання клепано-зварні, паяні та клеє-зварні. Забезпечення рівномірності метала шва основному металу.

Лекція – 1 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 11.** Умовні позначення зварних швів на кресленнях.

Лекція – 1 год.

Самостійна робота – 4 год.

### **Змістовий модуль 3. Зварні балки.**

**Тема 12.** Загальні відомості про балки, вимоги до них. Еволюція конструктивних форм. Типи перерізів. Алгоритм розрахунку і конструювання балок.

Лекція – 1 год.

Самостійна робота – 4 год.

**Тема 13.** Лінії впливу та їх призначення. Лінії впливу опорних реакцій, згинаючих моментів та поперечних сил двоопорної балки. Принципова різниця ліній впливу від епюр силових факторів.

Лекція – 2 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 14.** Визначення по лінії впливу сумарної дії системи зосереджених та розподільних сил. Визначення висоти балки з умов жорсткості і міцності. Підбір перерізу балки з урахуванням забезпечення міцності, жорсткості, економічності при мінімальній масі.

Лекція – 2 год.

Лабораторні роботи – 2 год.

Самостійна робота – 4 год.

**Тема 15.** Загальна й місцева стійкість. Ребра жорсткості. Робота балок на кручення. Розрахунок балок з урахуванням пластичних деформацій.

Лекція – 2 год.

Лабораторні роботи – 2 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 16.** Зварні з'єднання балок. Стики балок. Опорні частини балок. Умовні позначення зварних швів на кресленнях.

Лекція – 2 год.

Самостійна робота – 5 год.

**Тема 17.** Шляхи підвищення опору балок втомленості. Застосування штампованих, пресованих і гнутих профілів. Балки з алюмінієвих сплавів.

Лекція – 1 год.

Самостійна робота – 4 год.

**Змістовий модуль 4. Решітчасті конструкції (ферми).**

**Тема 18.** Типи ферм. Вибір геометричної схеми. Поперечні перерізи стержнів. Вузли ферм.

Лекція – 2 год.

Самостійна робота – 4 год.

**Тема 19.** Визначення навантажень і зусиль стержнів ферми аналітичним методом. Підбір перерізів стиснутих і розтягнутих поясів. Підбір перерізу розкосів і стояків. Стикові з'єднання поясів.

Лекція – 2 год.

Лабораторні роботи – 2 год.

Самостійна робота – 5 год.

### **З ПЕРЕЛІК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДО ЛАБОРАТОРНИХ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЬ, КУРСОВОГО ПРОЄКТУ**

При вивченні дисципліни студенти повинні надбати практичні навички з розрахунку і проектуванню зварних конструкцій. Це забезпечується проведенням лабораторних і практичних робіт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік лабораторних і практичних робіт

| № | Назва робіт                                                                                                                                  | Кількість годин | Графік виконання, тиждень |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1 | Лабораторна робота №1 «Дослідження міцності зварних стикових з'єднань, виконаних зварюванням плавленням»                                     | 2               | 1                         |
| 2 | Лабораторна робота №2 «Порівняльне дослідження міцності напускових і таврових зварних з'єднань, виконаних зварюванням плавленням»            | 2               | 3                         |
| 3 | Лабораторна робота №3 «Дослідження розподілення напружень у зварній двотавровій балці»                                                       | 2               | 5                         |
| 4 | Лабораторна робота №4 «Дослідження розподілення напружень в елементах зварної ферми»                                                         | 2               | 7                         |
| 5 | Лабораторна робота №5 «Дослідження стійкості стояків з одинарними та складеними перерізами при жорсткому й шарнірному закріпленні їх кінців» | 2               | 9                         |
| 6 | Практична робота №1 «Розрахунок міцності зварних з'єднань зі стиковими швами»                                                                | 2               | 11                        |
| 7 | Практична робота №2 «Розрахунок міцності зварних з'єднань з кутовими швами»                                                                  | 2               | 13                        |

1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №1 «Дослідження міцності зварних стикових з'єднань, виконаних зварюванням плавленням» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 13 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11415>

2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №2

«Порівняльне дослідження міцності напускових і таврових зварних з'єднань, виконаних зварюванням плавленням» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 10 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11416>

3. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №3 «Дослідження розподілення напружень у зварній двотавровій балці» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 17 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11417>

4. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №4 «Дослідження розподілення напружень в елементах зварної ферми» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 15 с. <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11418>

5. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №5 «Дослідження стійкості стояків з одинарними та складеними перерізами при жорсткому й шарнірному закріпленні їх кінців» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 13 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11419>

6. Методичні вказівки до виконання практичної роботи №1 «Розрахунок міцності зварних з'єднань зі стиковими швами» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька

політехніка», 2024. – 16 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11420>

7. Методичні вказівки до виконання практичної роботи №2 «Розрахунок міцності зварних з'єднань з кутовими швами» з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 15 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11421>

8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 55 с.

<http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11422>

## 4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

В процесі самостійної роботи при вивченні даного предмету можна користуватися не тільки рекомендованою літературою. Можна аналізувати інформацію, подану в Інтернеті, сучасних періодичних технічних виданнях тощо.

1. Механічні властивості матеріалів, що застосовуються для зварних конструкцій. Межа міцності, межа плинності, відносне подовження, ударна в'язкість. Основні механічні властивості сталі ВСтЗсп.

2. Класифікація сталей для зварних конструкцій: за вмістом вуглецю, по нормованих властивостях, за способом виробництва. Основні властивості сталі ВСтЗсп.

3. Сортамент: основні поняття, приклади. Одиниці виміру моменту інерції і моменту опору перерізів.

4. Які механічні властивості маловуглецевих сталей і як вони змінюються при термообробці? Як змінюються властивості сталі Ст3 при термообробці?

5. У чому відмінність фізичних і механічних властивостей кольорових сплавів від сталей?

6. Балки з алюмінієвих сплавів, принципи конструювання та розрахунку.

7. Визначення розрахункових зусиль в балках методом ліній впливу. Суть методу.

8. Використання ліній впливу для визначення зусиль від системи зосереджених сил  $P$  і рівномірно розподіленого навантаження  $q$ .

9. Втомна міцність. Шляхи підвищення втомної міцності балок.

10. Вузли ферм, принципи конструювання та розрахунку.

11. Загальна стійкість балки.

12. Загальні відомості про балки, вимоги до них. Еволюція конструктивних форм. Типи перетинів.

13. Застосування штампованих і гнутих профілів, зварених точковим зварюванням. Принципи розрахунку.

14. Зварні з'єднання балок: типи швів, принципи розрахунку міцності.

15. З'єднання з лобовими і фланговими швами. Принципи розрахунку міцності.

16. З'єднання під час зварювання пластмас. Принципи розрахунку міцності.

17. З'єднання при спеціальних методах зварювання (електрошлакове зварювання, тертям, дифузійне, холодне, ультразвукове, електронно-променеве, вибухом, лазером). Принципи розрахунку міцності.

18. З'єднання при шовному зварюванні. Принципи розрахунку міцності.

19. Клеє-зварні з'єднання. Принципи розрахунку міцності.

20. Кутові з'єднання. Принципи розрахунку міцності.

21. Лінії впливу і їх призначення. Лінії впливу опорних реакцій, згинальних моментів і поперечних сил двоопорної балки.

22. Місцева стійкість поясів і стінок балки.

23. Напускові з'єднання. Принципи розрахунку міцності.

24. Опорні вузли, принципи конструювання та розрахунку.

25. Опорні частини балок: конструкції, принципи розрахунку.

26. Особливості конструювання вузлів конструкцій з точковими сполуками. Принципи розрахунку міцності.

27. Особливості конструювання з'єднань алюмінієвих і титанових сплавів дуговими методами зварювання. Принципи розрахунку міцності.

28. Паяні з'єднання. Принципи розрахунку міцності.

29. Підбір перерізу балки з урахуванням забезпечення міцності, жорсткості, економічності при мінімальній масі.

30. Підбір поперечних перерізів стержнів ферм.

31. Позначення зварних швів на кресленнях.

32. Приклади стикових з'єднань. Принципи розрахунку міцності.

33. Принцип розрахунку міцності швів, що прикріплюють куточок до пластини.

34. Принципи розрахунку зварних з'єднань: за граничними станами, по навантаженням, що допускаються. Відмінності і схожість застосовуваних методів розрахунку.

35. Принципи розрахунку з'єднань внапуск з комбінованими швами (лобові, флангові, косі).

36. Принципи розрахунку кутових з'єднань (не плутати з кутовими швами!).

37. Принципи розрахунку міцності комбінованих з'єднань (клепані + зварні, болтові + зварні).

38. Принципова відмінність ліній впливу від епюр силових факторів. Визначення по лінії впливу сумарної дії системи зосереджених і розподілених сил.

39. Проплавні з'єднання або з'єднання проплавними електрозаклепками. Принципи розрахунку міцності.

40. Ребра жорсткості, діафрагми.

41. Робота балок на кручення.

42. Робочі і зв'язуючі напруження. Приклади.

43. Розподіл зусиль в елементах ферм різних обрисів.

44. Розрахунок балок з урахуванням пластичних деформацій.

45. Розрахунок міцності зварного з'єднання з двома фланговими швами, які сприймають момент, що вигинає.

46. Розрахунок міцності зварного з'єднання з одним лобовим швом, які сприймає момент, що вигинає.

47. Стики балок: заводські і монтажні. Принципи розрахунку.

48.Стикові з'єднання з косими швами. Принципи розрахунку при розтягуванні і стисненні.

49.Стикові з'єднання з прямими швами. Принципи розрахунку міцності при вигині і при зрізі.

50.Стикові з'єднання з прямими швами. Принципи розрахунку міцності при розтягуванні і стисненні.

51.Стикові з'єднання поясів ферм.

52.Суть методу розрахунку зварних конструкцій за граничними станами.

53.Суть методу розрахунку зварних конструкцій по напрузі, що допускається.

54.Таврові з'єднання. Принципи розрахунку міцності.

55.Ферми і їх розрахунок методом вирізання вузлів.

56.Ферми і їх розрахунок методом наскрізних перетинів.

57.Що називається балкою? Загальні відомості, вимоги до балок.

## **5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Чертов І.М. Зварні конструкції: Підручник / І.М. Чертов. – Київ: Арістей. – 2006. – 376 с.

2. Єрмолаєв Г.В. Міцність зварних з'єднань [Текст] : підручник / Г.В. Єрмолаєв. – Миколаїв: НУК, 2007. – 220 с.

3. Махненко В.И. Ресурс безпечної експлуатації зварних з'єднань та вузлів сучасних конструкцій [Текст] / В.И. Махненко. – Київ: Наукова думка, 2006. – 620 с.

4. Напруження та деформації при зварюванні [Текст] : навчальний посібник / В.І. Махненко, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, А.В. Лабарткава. – Миколаїв: НУК, 2011. – 240 с.

### Інформаційні ресурси

1. Журнал «Автоматичне зварювання». Вид. Міжнародна Асоціація "Зварювання". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/as> – 27.11.2024. Заголовок з екрану.
2. Журнал «Сварщик». Вид. ІЕЗ ім. Е.О. Патона. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://welder.stc-paton.com/ru/> – 27.11.2024. Заголовок з екрану.
3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/> – 27.11.2024. Заголовок з екрану.
4. Наукова бібліотека НУ "Запорізька політехніка". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://library.zntu.edu.ua/> – 27.11.2024. Заголовок з екрану.