

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія  
зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»  
«Механіка зварних з'єднань»**

**390 год / 13 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 45 год. практичних занять, 30 год. лабораторних занять)**

***Навчальний контент***

**5-й семестр**

**Модуль 1. Напруження та деформації при зварюванні  
Змістовий модуль 1. Загальні положення теорії зварювальних  
деформацій**

**Тема 1.** Предмет і зміст дисципліни, її роль у формуванні бакалавра-зварювальника. Основні поняття і визначення теорії зварювальних деформацій.

**Тема 2.** Механізм та причини утворення напружень та деформацій при зварюванні, інженерні гіпотези теорії зварювальних деформацій, термомеханічна та деформаційна задачі.

**Тема 3.** Вирішення термомеханічної задачі для поздовжнього скорочення (роботи Ніколаєва Г.О., Окерблома М.О., Вінокурова В. О. та ін.). Усадкова сила, об'єм поздовжнього скорочення, зона пружно-пластичних деформацій.

**Тема 4.** Рішення деформаційної задачі для поздовжнього скорочення: розрахунок деформацій балок при зварюванні поздовжніх швів - неперервних, перервних, коротких. Визначення деформацій при зварюванні декількох швів. Приведення скорочення до спільної осі.

**Тема 5.** Визначення напружень, що викликаються поздовжнім скороченням зварного з'єднання в різноманітних матеріалах. Вплив початкових напружень та багато прохідного (багатошарового) зварювання на поздовжнє скорочення.

**Тема 6.** Вирішення термомеханічної задачі для поперечного скорочення. Вплив конструктивних факторів на об'єм поперечного скорочення.

**Тема 7.** Вирішення деформаційної задачі для поперечного скорочення: розрахунок деформацій балок при зварюванні поперечних швів. Визначення деформацій при зварюванні декількох швів, у тому числі багатошарових.

**Тема 8.** Напруження, що викликаються поперечним скороченням у закріпленому та незакріпленому з'єднанні. Вибір раціональної послідовності зварювання.

## **Змістовий модуль 2. Деформації та напруження в конструкціях**

**Тема 9.** Механізм і основні причини утворення кутових деформацій. Методи їх визначення при наплавленні валика та зварюванні стикових з'єднань.

**Тема 10.** Кутові деформації при зварюванні таврових з'єднань, "ребристість" та «коробоватість» конструкцій внаслідок кутових деформацій.

**Тема 11.** Деформації втрати стійкості тонколистових конструкцій. Основні причини, методи визначення, шляхи регулювання.

**Тема 12.** Деформації крутіння балок відкритого та замкнутого профілю: основні причини, методи визначення, шляхи регулювання. Деформації при тепловому різанні.

**Тема 13.** Деформації тонкостінних і товстостінних оболонок. Особливості деформування, розрахунків та шляхи регулювання.

**Тема 14.** Схема розрахунку загальних та місцевих зварювальних деформацій плоских полотен, плоских секцій з набором одного та двох напрямів, секцій з криволінійними обводами.

**Тема 15.** Вплив зварювальних деформацій та напружень на зварну конструкцію. Загальні принципи регулювання зварювальних напружень та деформацій. Методи та засоби боротьби.

### **6 - й семестр**

#### **Модуль 2. Міцність зварних з'єднань**

##### **Змістовий модуль 1. Розрахунки міцності та проектування зварних з'єднань при статичному навантаженні**

**Тема 1.** Предмет і зміст дисципліни. Основні проблеми міцності та проектування. Схеми розрахунків за граничним станом, допустимими напруженнями та Єврономами. Призначення допустимих напружень. Основні типи задач розрахунку міцності, умова рівноміцності зварних з'єднань та основного металу.

**Тема 2.** Основні відомості з курсу "Опір матеріалів", на яких базується вивчення дисципліни. Геометричні характеристики перерізів.

**Тема 3.** Розрахунок міцності та проектування стикових з'єднань.

**Тема 4.** Розрахунок міцності та проектування таврових з'єднань без скося крайок.

**Тема 5.** Розрахунок міцності та проектування таврових з'єднань зі скося крайок.

**Тема 6.** Розрахунок міцності та проектування з'єднань внапусток.

**Тема 7.** Розрахунок міцності та проектування точкових контактних з'єднань.

**Тема 8.** Розрахунок міцності та проектування комбінованих з'єднань. Комбіновані клепаано-зварні з'єднання.

**Тема 9.** Особливості розрахунків міцності та проектування зварних з'єднань за Європейськими нормами.

**Тема 10.** Особливості проектування зварних з'єднань корпусу судна за Правилами Регістра судноплавства.

## **Змістовий модуль 2. Міцність зварних з'єднань у різноманітних умовах навантаження**

**Тема 11.** Механічні випробування металу шва і зварних з'єднань.

**Тема 12.** Концентрація напружень в зварних з'єднаннях.

**Тема 13.** Міцність при циклічному навантаженні.

**Тема 14.** Загальні поняття механіки руйнування.

**Тема 15.** Вплив температури на механічні властивості основного металу і зварних з'єднань.

## **Модуль 3. Курсовий проект**

### **Змістовий модуль 1. Розрахунки міцності зварних з'єднань**

**Тема 1.** Розрахунок та проектування стикових і таврових з'єднань.

**Тема 2.** Розрахунок та проектування з'єднань внапусток.

### **Змістовий модуль 2. Розрахунок деформацій при зварюванні**

**Тема 3.** Розрахунок загальних деформацій.

**Тема 4.** Розрахунок місцевих деформацій.

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія  
зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»**

**«Механіка зварних з'єднань»**

**390 год / 13 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 45 год. практичних занять, 30 год. лабораторних занять)**

***Теми практичних занять***

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>5-й семестр</b>		
1.	Розрахункове визначення напружень і деформацій штаби при наплавленні поздовжніх валиків.	2
2.	Розрахункове визначення напружень і деформацій штаби при наплавленні поздовжнього валика з урахуванням початкових напружень.	2
3.	Розрахункове визначення загальних поздовжніх деформацій в балках.	2
4.	Розрахункове визначення деформацій штаби при наплавленні поперечних валиків.	2
5.	Визначення напружень і деформацій при наплавленні поперечних валиків в закріпленій пластині.	2
6.	Визначення кутових деформацій при наплавленні валика та зварюванні стикових й таврових з'єднань.	2
7.	Визначення деформацій втрати стійкості тонколистових конструкцій.	1
8.	Визначення зварювальних деформацій судових конструкцій.	2
<b>Разом</b>		<b>15</b>
<b>6-й семестр</b>		
1.	Визначення геометричних характеристик плоских перерізів: положення центру ваги, статичних моментів, моментів інерції, моментів опору.	4
2	Розрахунок міцності та проектування стикових з'єднань при дії поздовжніх (осьових) та поперечних сил, згинальних та крутних моментів.	4
3	Розрахунок міцності та проектування таврових з'єднань без скосу крайок при дії поздовжніх (осьових) та поперечних сил, згинальних та крутних моментів.	4

4	Розрахунок міцності та проектування таврових з'єднань зі скосом крайок при дії поздовжніх (осьових) та поперечних сил, згинальних та крутних моментів.	4
5	Розрахунок міцності та проектування з'єднань внапусток: при дії поздовжніх (осьових) та поперечних сил, згинальних та крутних моментів.	2
6	Розрахунок міцності та проектування точкових з'єднань при дії поздовжніх (осьових) та поперечних сил, згинальних та крутних моментів.	4
7	Розрахунок міцності та проектування зварних з'єднань за Європейськими нормами.	2
8	Проектування зварних з'єднань корпусу судна за Правилами Регістра судноплавства.	2
9	Розрахунок міцності та проектування з'єднань при дії циклічного навантаження.	4
<b>Разом</b>		<b>30</b>

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія  
зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»  
«Механіка зварних з'єднань»**

**390 год / 13 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 45 год. практичних занять, 30 год. лабораторних занять)**

***Теми лабораторних занять***

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>5-й семестр</b>		
1	Вивчення методів виміру деформацій з оцінкою їх точності.	4
2	Температурні та залишкові деформації і напруження при нагріванні стрижня.	4
3	Поздовжні зварювальні деформації та напруження при наплавленні валика на крайку пластини.	4
4	Поперечна усадка при наплавленні валика на пластину.	4
5	Експериментальне визначення зварювальних напружень магнітним методом.	6
6	Визначення кутової деформації при наплавленні валика на пластину.	4
7	Визначення кутової деформації в тавровому з'єднанні.	4
Разом		30

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія  
зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»**

**«Механіка зварних з'єднань»**

**390 год / 13 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 45 год. практичних занять, 30 год. лабораторних занять)**

***Завдання для самостійної роботи***

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>5-й семестр</b>		
1	Предмет і зміст дисципліни, її роль у формуванні бакалавра-зварювальника. Основні поняття і визначення теорії зварювальних деформацій.	5
2	Механізм та причини утворення напружень та деформацій при зварюванні, інженерні гіпотези теорії зварювальних деформацій, термомеханічна та деформаційна задачі.	6
3	Вирішення термомеханічної задачі для поздовжнього скорочення (роботи Ніколаєва Г.О., Окерблома М.О., Вінокурова В. О. та ін.). Усадкова сила, об'єм поздовжнього скорочення, зона пружно-пластичних деформацій.	5
4	Рішення деформаційної задачі для поздовжнього скорочення: розрахунок деформацій балок при зварюванні поздовжніх швів - неперервних, перервних, коротких. Визначення деформацій при зварюванні декількох швів. Приведення скорочення до спільної осі.	6
5	Визначення напружень, що викликаються поздовжнім скороченням зварного з'єднання в різноманітних матеріалах. Вплив початкових напружень та багато прохідного (багатошарового) зварювання на поздовжнє скорочення	6
6	Вирішення термомеханічної задачі для поперечного скорочення. Вплив конструктивних факторів на об'єм поперечного скорочення.	5
7	Вирішення деформаційної задачі для поперечного скорочення: розрахунок деформацій балок при зварюванні поперечних швів. Визначення деформацій	6

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	при зварюванні декількох швів, у тому числі багат шарових.	
8	Напруження, що викликаються поперечним скороченням у закріпленому та незакріпленому з'єднанні. Вибір раціональної послідовності зварювання.	5
9	Механізм і основні причини утворення кутових деформацій. Методи їх визначення при наплавленні валика та зварюванні стикових з'єднань.	7
10	Кутові деформації при зварюванні таврових з'єднань, «ребристість» та «коробоватість» конструкцій внаслідок кутових деформацій.	7
11	Деформації втрати стійкості тонколистових конструкцій. Основні причини, методи визначення, шляхи регулювання.	6
12	Деформації крутіння балок відкритого та замкнутого профілю: основні причини, методи визначення, шляхи регулювання. Деформації при тепловому різанні.	6
13	Деформації тонкостінних і товстостінних оболонок. Особливості деформування, розрахунок та шляхи регулювання.	6
14	Схема розрахунку загальних та місцевих зварювальних деформацій плоских полотен, плоских секцій з набором одного та двох напрямів, секцій з криволінійними обводами.	7
15	Вплив зварювальних деформацій та напружень на зварну конструкцію. Загальні принципи регулювання зварювальних напружень та деформацій. Методи та засоби боротьби.	7
<b>Разом:</b>		<b>90</b>
<b>6-й семестр</b>		
№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Схеми розрахунків за граничним станом, допустимими напруженнями та Єврономами. Призначення допустимих напружень.	5
2.	Геометричні характеристики перерізів.	6
3.	Розрахунок міцності та проектування стикових з'єднань	6



№ з/п	Назва теми	Кількість годин
4.	Розрахунок міцності та проектування таврових з'єднань без скосу крайок.	6
5.	Розрахунок міцності та проектування таврових з'єднань зі скосом крайок.	6
6.	Розрахунок міцності та проектування з'єднань внапусток.	6
7.	Розрахунок міцності та проектування точкових контактних з'єднань.	6
8.	Розрахунок міцності та проектування комбінованих з'єднань.	6
9.	Особливості розрахунків міцності та проектування зварних з'єднань за Європейськими нормами.	6
10.	Особливості проектування зварних з'єднань корпусу судна за Правилами Регістра судноплавства.	6
11.	Механічні випробування металу шва і зварних з'єднань.	9
12.	Концентрація напружень в зварних з'єднаннях.	9
13.	Міцність при циклічному навантаженні.	10
14.	Коефіцієнт інтенсивності напружень, його визначення для дефектів зварних з'єднань. Критичний коефіцієнт інтенсивності напружень (в'язкість руйнування), методи його визначення.	9
15.	Вплив температури на механічні властивості основного металу і зварних з'єднань.	9
<b>Разом</b>		<b>105</b>

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія  
зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»  
«Механіка зварних з'єднань»**

**390 год / 13 кредитів ЕКТС  
(60 год. лекцій, 45 год. практичних занять, 30 год. лабораторних занять)**

***Завдання для поточного та підсумкового контролю***

**5-й семестр**

**Модуль 1**

**Контрольні питання до 1-го змістового модуля**

1. Основні причини утворення зварювальних напружень і деформацій
2. Які види напружень і напружених станів розглядаються в теорії зварювальних деформацій?
3. Власні напруження та їх особливості.
4. Які види деформацій розглядаються в теорії зварювальних деформацій?
5. Основні параметри, що визначають деформації поздовжнього скорочення в інженерних розрахунках
6. Залежність між усадочною силою і об'ємом поздовжнього скорочення.
7. Параметри, що впливають на величину усадочної сили після зварювання.
8. Властивості основного металу, що визначають усадочну силу в інженерних розрахунках.
9. Властивості основного металу, що визначають обсяг поздовжнього скорочення в інженерних розрахунках.
10. Параметри режиму, що визначають обсяг поздовжнього скорочення в інженерних розрахунках
11. Зона, у межах якої зосереджені усі пластичні деформації, що виникають в процесі зварювання.
12. Основні причини утворення поперечного скорочення при зварюванні.
13. Основні фактори, що впливають на величину поперечного скорочення при зварюванні.
14. Властивості основного металу, що визначають поперечне скорочення в інженерних розрахунках.

15. Параметри режиму, що визначають обсяг поперечного скорочення в інженерних розрахунках.

16. Геометричні параметри конструкції, що впливають на обсяг поперечного скорочення в інженерних розрахунках.

17. Причина утворення "будиночків" по кінцях шва при зварюванні "напрохід" полотнини з довгих листів .

18. Причина утворення "опуклості" у середній частині шва при зварюванні "напрохід" полотнини з довгих листів.

19. Причина утворення тріщини після вварюванні фланця в плоску секцію.

### **Контрольні питання до 2-го змістового модуля**

1. Основні причини утворення кутових деформацій при зварюванні.
2. Параметри режиму та фактори, що впливають на кутові деформації.
3. Геометричні параметри конструкції та параметри режиму зварювання, що впливають на кутові деформації в інженерних розрахунках.
4. Основні причини утворення деформацій втрати стійкості при зварюванні.
5. Параметри режиму, властивості матеріалу і конструктивні фактори, що впливають на деформації втрати стійкості.
6. Основні причини утворення деформацій закручування при зварюванні таврових балок.
7. Основні причини утворення деформацій закручування при зварюванні коробчатих балок.
8. Основні причини утворення деформацій закручування при зварюванні балок хрестоподібного профілю.
9. Основна причина деформації зламу осі товстостінних оболонок при зварюванні кільцевих швів.
10. Основна причина деформації зламу твірної товстостінних оболонок при зварюванні кільцевих швів.
11. Основна причина деформації зламу кола товстостінних оболонок при зварюванні подовжніх швів.
12. Основна причина деформації зламу твірної тонкостінних оболонок при зварюванні кільцевих швів.
13. Основна причина деформації зламу кола тонкостінних оболонок при зварюванні подовжніх швів.
14. Шкідливий вплив зварювальних напружень та деформацій на конструкцію.

15. Основні принципи, на яких ґрунтуються усі методи регулювання зварювальних напружень та деформацій.

16. Методи зменшення зварювальних напружень та деформацій.

## **6-й семестр**

### **Модуль 2**

#### **Контрольні питання до 1-го змістового модуля**

1. Схема розрахунку міцності зварних з'єднань за допустимими напруженнями
2. Схема розрахунку міцності зварних з'єднань за граничним станом
3. Схема розрахунку міцності зварних з'єднань за Європейськими нормами
4. Призначення допустимих напружень в зварних з'єднаннях
5. Геометричні характеристики плоского перерізу та схема їх розрахунку
6. Схеми розрахунку стикового з'єднання на осьову та поперечну сили, на згинальний та крутний моменти, по еквівалентним напруженням
7. Схема розрахунку таврового з'єднання без розроблення крайок на осьову та поперечну сили, на згинальний та крутний моменти, по еквівалентним напруженням
8. Схема розрахунку таврового з'єднання з розробленням крайок на осьову та поперечну сили, на згинальний та крутний моменти, по еквівалентним напруженням
9. Схема розрахунку з'єднання внапусток на осьову та поперечну сили, на згинальний та крутний моменти, по еквівалентним напруженням
10. Схема розрахунку точкового з'єднання на осьову та поперечну сили, на згинальний та крутний моменти, по еквівалентним напруженням
11. Схема розрахунку комбінованого з'єднання, що складається зі швів різного типу.

#### **Контрольні питання до 2-го змістового модуля**

12. Характеристики міцності, пластичності, тріщиностійкості металу шва та методи їх визначення
13. Характеристики міцності, пластичності, тріщиностійкості зварного з'єднання та методи їх визначення
14. Концентрація напружень в зварних з'єднаннях. Теоретичний коефіцієнт концентрації
15. Міцність зварних з'єднань при циклічному навантаженні. Ефективний коефіцієнт концентрації
16. Границя витривалості зварного з'єднання, фактори, що впливають на її величину

17. Діаграма граничних напружень
18. Засоби підвищення міцності при циклічному навантаженні
19. Коефіцієнт інтенсивності напружень, методи його визначення
20. Критичний коефіцієнт інтенсивності напружень, методи його визначення
21. Вплив низької температури на механічні властивості основного металу та зварних з'єднань
22. Вплив високої температури на механічні властивості основного металу та зварних з'єднань