



# Інноваційні технології в зварюванні та споріднених процесах

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	13Механічна інженерія
Спеціальність	131-- прикладна механіка
Освітня програма	Технології та інжиніринг у зварюванні
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	150/5 кредитів ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, професор Квасницький Віктор Вячеславович, kvas69@ukr.net Практичні / Семінарські:- Лабораторні: -
Розміщення курсу	Платформа дистанційного навчання "Сікорський"

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Майбутньому фахівцю варто вчити саме цю дисципліну, оскільки інноваційні технології в проектуванні процесів з'єднання матеріалів, як сукупність новітніх підходів, методів і способів, забезпечують можливість на основі аналізу фазового складу, структурного і напружено-деформованого стану з використанням сучасних програмних комплексів контролюваним чином створювати нові технології виготовлення зварних і паяних з'єднань, отримання виробів з високими характеристиками якості з урахуванням експлуатаційних вимог.

**Метою дисципліни** є надання студентам/аспірантам розширених знань щодо методології проектування технологічних процесів при різних способах зварювання та паяння, закономірностей формування структурного та фазового складу, напружено-деформованого стану зварних та паяних з'єднань з матеріалів, що володіють незадовільною технологічною здатністю до зварювання плавленням, особливостей технологій з'єднання залежно від властивостей матеріалів, функціонального призначення та експлуатаційних вимог до виробів, а також набуття навичок практичного використання одержаних знань.

#### **Загальні компетентності (ЗК):**

- ЗК1. Вміння виявляти та вирішувати проблеми.
- ЗК2. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК4. Здатність розробляти та управляти проектами.

**Фахові компетентності (ФК):**

ФК1. Здатність критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та складних ідей в процесі досліджень механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі новітніх знань в галузі механіки та суміжних предметних галузей.

ФК2. Здатність представлення та обговорення результатів своєї наукової роботи, зокрема англійською мовою, в усній та письмовій формі, а також повного розуміння іншомовних наукових текстів за спеціальністю.

ФК3. Здатність генерувати нові ідеї та вміння обґрунтування нових інноваційних проектів та просування їх на ринку.

ФК4. Здатність критичного осмислення проблем у навчанні, професійній і дослідницькій діяльності на рівні новітніх досягнень інженерних наук та на межі предметних галузей.

ФК5. Здатність поставити задачу і визначити шляхи вирішення проблеми засобами прикладної механіки та суміжних предметних галузей, знання методів пошуку оптимального рішення за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК6. Здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження, обробляти результати експерименту на основі використання сучасних інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів.

**Програмні результати навчання:**

РН1. Знати загальну теорію і методики проведення наукових досліджень та вміння їх практично застосовувати для досліджень об'єктів в галузі механічної інженерії.

РН2. Виконувати науковий пошук і на основі аналізу його результатів визначити шляхи вирішення поставлених задач.

РН3. Знати теорію планування експериментів та методики оцінювання достовірності їх результатів.

РН4. Практичні навички академічного письма англійською мовою і представлення результатів своєї наукової роботи в зарубіжних наукових виданнях та матеріалах конференцій.

РН5. Читати та розуміти іншомовні тексти за спеціальністю та представляти і обговорювати свою наукову роботу іноземною мовою.

РН6. Знати процедури та володіти навичками підготовки проектів наукових досліджень за вітчизняними та міжнародними грантами і конкурсами.

РН7. Навички підготовки матеріалів заявок для захисту прав інтелектуальної власності.

РН8. Навички використання сучасних комп'ютерних засобів та інформаційних технологій у науковій діяльності, зокрема при виконанні експериментальних досліджень.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

*Перелік попередніх навчальних курсів, які необхідні фахівцю для успішного засвоєння дисципліни:*  
Теорія процесів зварювання; Здатність до зварювання конструкційних матеріалів; Зварювання високоміцних сталей; Матеріалознавство та термічна обробка матеріалів; Технології зварювання та споріднених процесів; Технологія зварювання плавленням; Обладнання для зварювання та споріднених процесів; Процеси і устаткування зварювання плавленням; Зварні конструкції; Методи ефективної презентації результатів наукових досліджень; Спеціальні способи зварювання плавленням; Спеціальні способи зварювання тиском; Паяння матеріалів; Механіка матеріалів і конструкцій; FEM аналіз термодформаційних процесів при зварюванні.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ З МАТЕРІАЛІВ З НЕЗАДОВІЛЬНОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО ЗВАРЮВАННЯ

Тема 1.1. Склад, особливості структурної будови та здатність до зварювання матеріалів

Тема 1.2. Застосування спеціальних способів зварювання та паяння для з'єднання важкозварюваних матеріалів. Особливості та вплив умов формування з'єднань.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ФОРМУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ ТА ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ.

Тема 2.1. Власні напруження та деформації, особливості та вплив умов формування з'єднань на їх кінетику.

Тема 2.2. Визначення компонент напружень та деформацій із застосуванням інженерних методів розрахунків.

## РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ ТА ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ.

Тема 3.1. Сучасні програмні комплекси, метод скінчених елементів.

Тема 3.2. Результати комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану.

Тема 3.3. Методи регулювання напружено-деформованого стану з'єднань.

## РОЗДІЛ 4. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСІВ.

Тема 4.1. Технології зварювання плавленням відповідальних конструкцій.

Тема 4.2. Технології з'єднання важкозварюваних матеріалів в твердій фазі.

Тема 4.3. Споріднені технології отримання виробів відповідального призначення.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова

3.1. Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Чигарьов Паяння матеріалів : підручник / Г. В. Єрмолаєв, В. В. Квасницький, В. Ф. Квасницький, С. В. Макси , В. Ф. Хорунов, В. В. Чигарьов; за загальною редакцією В. Ф. Хорунова і В. Ф. Квасницького.– Миколаїв : НУК, 2015. – 340 с. ISBN 978–966–321–307–1.

3.2. Л. М. Лобанов, Г. В. Єрмолаєв, В. В. Квасницький, О. В. Махненко та ін. Напруження та деформації при зварюванні і паянні: підручник Н 27 / Л. М. Лобанов, Г. В. Єрмолаєв, В. В. Квасницький, О. В. Махненко, Г. В. Єгоров, А. В. Лабарткава ; за заг. ред. Л. М. Лобанова. – Миколаїв : НУК, 2016. – 246 с. ISBN 978–966–321–310–1.

3.3. І. В. Кривцун, В.В. Квасницький Спеціальні способи зварювання [Текст] : підручник / І. В. Кривцун, В.В. Квасницький [та ін.] ; ред. Б. Є. Патон. - Миколаїв : НУК, 2017. - 348 с. - ISBN 978-966-321-321-7.

3.4. В.В. Квасницький, Г.В. Єгоров, Г.В. Єрмолаєв, М.В. Матвієнко Міцність зварних та спаяних з'єднань : підручник / В.В. Квасницький, Г.В. Єгоров, Г.В. Єрмолаєв, М.В. Матвієнко за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Л.М. Лобанова. - Миколаїв: НУК, 2019. - 294 с.

3.5. Квасницький, В. В. Механика соединений при диффузионной сварке, пайке и напылении разнородных материалов в условиях упругости [Текст] : монография / В. В. Квасницький, Г. В. Єрмолаєв, М. В. Матвиенко. - Николаев : НУК, 2017. - 176 с. : ил. - ISBN 978-966-321-322-4.

3.6. В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв, М.В. Матвиенко Механика соединений при диффузионной сварке и пайке разнородных материалов в условиях пластичности: монография / В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв, М.В. Матвиенко / Николаев: НУК, 2018. – 284 с.

3.7. Квасницький В.В. Влияние прочности и сопротивления ползучести металла на остаточное напряжённо-деформированное состояние металлокерамических соединений / В.В. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв, Ал.В. Лабарткава // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК. – 2009, № 4. – С. 20-28.

3.8. Спосіб паяння металокерамічних вузлів [Текст] / В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, О.М. Костін, Б.В. Бугаєнко // Патент на корисну модель № 67071. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Заявл. 23.08.2011, № U 2011 10301. В23К 1/00, В23К

35/30. Опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2.

3.9. Спосіб паяння оксидної кераміки з металом [Текст] / В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, О.М. Костін, Г.В. Ермолаев, Б.В. Бугаєнко, О.В. Лабарткава, А.В. Лабарткава // Патент на корисну модель № 72197. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Заявл. 31.01.2012, № у 2012 01005. В23К 1/00, В23К 35/30. Опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.

3.10. Производство сварных конструкций в судовом газотурбостроении / Ю.В. Бутенко, В.Ф. Квасницький, В.В. Квасницький, А.Ю. Бутенко, под общ. ред. В.Ф. Квасницкого. – Николаев, 2014 – 168 с.

3.11. Махненко В.И. Влияние физико-механических свойств соединяемых материалов и геометрии деталей на распределение напряжений при диффузионной сварке в вакууме / В.И. Махненко, В.В. Квасницький, Г.В. Ермолаев // Автоматическая сварка. – 2008. – № 1. – С. 5-11.

3.12. Кузнецов В.Д. Напряженно-деформированное состояние при диффузионной сварке разнородных металлов в узлах втулка-фланец / В.Д. Кузнецов, В.Ф. Квасницький, М.В. Матвиенко // Вестник НТУУ „КПИ”. Машиностроение. – 2009. – № 55 – С. 134–142.

3.13. Совершенствование технологии диффузионной сварки корпусов электромагнитных клапанов / В.В. Квасницький, Г.В. Ермолаев, М.В. Матвиенко, Б.В. Бугаєнко, В.Ю. Волошин // Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. праць. – Маріуполь: ПДТУ. – 2006. – Вип. 9. – С. 178-183.

3.14. Квасницький В.В. О кинетике образования соединения при диффузионной сварке в вакууме нержавеющей стали с армко-железом / В.В. Квасницький // Зб. наук. праць НУК. – 2007. – № 4. – С. 51-57.

3.15. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера [Текст] / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева // Практическое руководство. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.

#### **Додаткова**

3.16. V.V. Kvasnytskyi, M.V. Korzhyk, V.F. Kvasnytskyi, M.V. Matviienko Mechanics of joists under diffusion welding and brazing of dissimilar materials under plastic conditions: monography; Edited by G.V. Yermolaev / V.V. Kvasnytskyi, M.V. Korzhyk, V.F. Kvasnytskyi, M.V. Matviienko / Mykolaiv: Publisher Torubara V.V. – 2019. – 254 p.

3.17. Квасницький В.Ф. Влияние элементов-депрессантов на свойства никелевых припоев и жаропрочных сплавов / В.Ф. Квасницький, А.М. Костин, В.В. Квасницький // Адгезия расплавов и пайка материалов, 2002, № 35. – С. 129-139.

3.18. Симс Ч. Жаропрочные сплавы / Ч. Симс, В. Хагель. – М.: Металлургия, 1976. – 576 с.

3.19. Экспериментальное исследование деформации сварного узла типа втулка-втулка из разнородных материалов / В.В. Квасницький, Ю.Г. Золотой, А.В. Лабарткава, М.В. Матвиенко, А.С. Карпенюк // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008, № 4. – С. 65-73.

3.20. Актуальные проблемы исследования физико-механических свойств материалов для сварных и паянных конструкций / Г.М. Григоренко, В.В. Квасницький, С.Г. Григоренко и др. // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009, № 5. – С.78-85.

3.21. Квасницький В. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні матеріалів з різними фізико-механічними властивостями / В. Квасницький, Г. Ермолаев, М. Матвієнко // Машинознавство: Всеукр. щоміс. наук.-техн. і виробн. журнал. – 2007. – № 7. – С. 30-39.

3.22. Квасницький В.В. Влияние пластических деформаций на напряженно-деформированное состояние при диффузионной сварке разнородных материалов / В.В. Квасницький, Г.В. Ермолаев, М.В. Матвиенко // Зб. наук. праць Національного університету кораблебудування (НУК) імені адмірала Макарова. – 2008. – № 1. – С. 100-107.

3.23. Термодинамический анализ процессов испарения и возгонки при сварке и родственных технологиях / В.В. Квасницький, М.В. Матвиенко, В.В. Спихтаренко, И.В. Тихонов // Зб. наук. праць НУК. – 2006, № 4. – С. 87-96.

3.24. Квасницький, В.В. Проблема компьютерного моделирования напряженно-

деформированного состояния при изготовлении конструкций с использованием сварки и родственных технологий / В.В. Квасницкий, М.В. Матвиенко, С.Н. Михайлов // Зб. наук. праць НУК. – 2011. – № 1. – С. 89 - 95.

3.25. Матвиенко, М.В. Структура і механічні властивості з'єднань сталей 10895 та 12Х18Н10Т при дифузійному зварюванні у вакуумі [Текст] / М.В. Матвиенко // Зб. наук. праць НУК. – 2009. – № 6. – С. 83 - 91.

3.26. Матвиенко, М. В. Формирование соединения при диффузионной сварке с термоциклированием сталей 12Х18Н10Т и 10864 [Текст] / М.В. Матвиенко, Л.И. Маркашова, В.В. Квасницкий / Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2012. – № 4. – С. 40 - 45.

3.27. Фазово-структурна стабільність жароміцного корозійностійкого сплаву для литих робочих лопаток ГТУ / А. М. Верховлюк, І. І. Максютя, Ю. Г. Квасницька, Г. П. Мьяльница, О. В. Михнян // Металознавство та обробка металів. - 2016. - № 3. - С. 3-9.

3.28. Технологические особенности высокохромистого никелевого сплава комплексно-легированного рением и танталом / И.И. Максютя, О.В. Клясс, Ю.Г. Квасницкая и др. // Современная электрометаллургия. – 2014. – № 1. С. 41-48.

3.29. Kvasnytskyi, V. Designing brazing filler metal for heat-resistant alloys based on Ni<sub>3</sub>Al intermetallide / Viktor Kvasnytskyi, Volodymyr Korzhyk, Viacheslav Kvasnytskyi, Heorhii Mialnitsa, Chunlin Dong, Tetiana Pryadko, Maksym Matviienko, Yevhen Buturlia // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – Vol. 6, №12 (108). - P. 6-19.

3.30. Квасницкий В.Ф., Костин А.М., Квасницкий В.В. Влияние элементов-депрессантов на свойства никелевых припоев и жаропрочных сплавов. // Адгезия расплавов и пайка материалов, №35, 2002. – С.129 – 139.

3.31. Напряженное состояние сварных и паяных узлов из однородных материалов с мягкой прослойкой при осевой нагрузке / В.В. Квасницкий, В.Ф. Квасницкий В.Ф., Dong Chunlin, М.В. Матвиенко, Г.В. Ермолаев // Автоматическая сварка, 2018, №4. – С.7-19.

3.32. Исследование взаимодействия сплава на основе Ni<sub>3</sub>Al с прослойками различных систем легирования для TLP-соединения / В. В. Квасницкий, Г. Ф. Мьяльница, М. В. Матвиенко, Е. А. Бутурля, Ch. Dong // Автоматическая сварка. - 2019. - № 8. - С. 22-29.

3.33. Обеспечение фазово-структурной стабильности высокохромистых сплавов для лопаток ГТУ // И.И. Максютя, Ю.Г. Квасницкая, Г.Ф. Мьяльница и др. // Металл и литье Украины. – 2012. – № 11. – С. 16 – 20.

Базовими для вивчення дисципліни є джерела 3.1-3.15, решта – факультативні.

Зазначені джерела є у вільному доступі у бібліотеці КРІ та інтернеті.

Наведені джерела повністю відображають зміст вказаних для вивчення тем.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### 5.1. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ.

Найменування розділів, тем	Розподіл начального часу				
	Всього	Лекц.	Прак.	Лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Семестр 2</b>					
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ З МАТЕРІАЛІВ З НЕЗАДОВІЛЬНОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО ЗВАРЮВАННЯ Тема 1.1. Склад, особливості структурної будови та		6			18

здатність до зварювання матеріалів		4			12
Тема 1.2. Застосування спеціальних способів зварювання та паяння для з'єднання важкозварюваних матеріалів. Особливості та вплив умов формування з'єднань.		2			6
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ФОРМУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ ТА ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ.		10			26
Тема 2.1. Власні напруження та деформації, особливості та вплив умов формування з'єднань на їх кінетику.		2			6
Тема 2.2. Визначення компонент напружень та деформацій із застосуванням інженерних методів розрахунків.		8			20
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ ТА ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ.		8			22
Тема 3.1. Сучасні програмні комплекси, метод скінчених елементів.		2			6
Тема 3.2. Результати комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану.		4			12
Тема 3.3. Методи регулювання напружено-деформованого стану з'єднань.		2			4
РОЗДІЛ 4. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСІВ.		15			43
Тема 4.1. Технології зварювання плавленням відповідальних конструкцій.		8			20
Тема 4.2. Технології з'єднання важкозварюваних матеріалів в твердій фазі.		2			6
Тема 4.3. Споріднені технології отримання виробів відповідального призначення.		5			17
<b>Всього лекцій</b>		<b>39</b>			
<b>Залік</b>		<b>2</b>			
<b>Всього</b>	<b>150</b>	<b>41</b>			<b>109</b>

## 5.2 ЛЕКЦІЇ.

### Семестр 3

#### РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ З МАТЕРІАЛІВ З НЕЗАДОВІЛЬНОЮ ЗДАТНІСТЮ ДО ЗВАРЮВАННЯ

Тема 1.1. Склад, особливості структурної будови та здатність до зварювання матеріалів

**Лекція 1** Класифікація та вплив хімічного складу і структурної будови на здатність до зварювання легированих сталей, сплавів титану та жароміцних сплавів.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 11-38, [3.1], с. 236-238, [3.17], [3.18], [3.27],[3.28], [3.30],[3.33]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

**Лекція 2** Особливості отримання з'єднань з різнорідних, композиційних та інтерметалідних матеріалів і металів з неметалами.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.1], с. 6-12, с. 270-271, с. 275, с. 277-278, с. 280-284, с. 287-289, с. 291-292, с.296-297, [3.32]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

Тема 1.2. Застосування спеціальних способів зварювання та паяння для з'єднання важкозварюваних матеріалів. Особливості та вплив умов формування з'єднань.

**Лекція 3** Вплив параметрів процесів, швидкості деформації та інтенсивності силової дії при зварюванні в твердій фазі. Активація поверхонь з'єднання. Вплив фізико-механічних характеристик матеріалів на формування з'єднань.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.3], с. 15-19, 112-121, [3.1], с. 96-103, [3.11], [3.12], [3.20], [3.23], [3.32]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

**РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ФОРМУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ ТА ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ.**

Тема 2.1. Власні напруження та деформації, особливості та вплив умов формування з'єднань на їх кінетику.

**Лекція 4** Механізм утворення власних напружень та деформацій при дифузійному зварюванні та паянні. Основні спрощення та гіпотези інженерної теорії зварювальних деформацій. Інженерні методи розрахунків.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 19 -28, 175– 183.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

Тема 2.2 Визначення компонент напружень та деформацій із застосуванням інженерних методів розрахунків.

**Лекція 5** Деформації поздовжнього скорочення. Вирішення термомеханічної задачі. Зона пружно-пластичних деформацій, деформаційна задача. Напруження від поздовжнього скорочення. Вплив вихідного напружено-деформованого стану, багатопрохідного зварювання та зварювання кількох з'єднань.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 44 – 69.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

**Лекція 6** Деформації поперечного скорочення. Термомеханічна та деформаційна задачі. Вплив конструктивних чинників та умов закріплення. Приклади послідовності отримання з'єднань.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 86 – 105.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

**Лекція 7** Кутові деформації, механізм та причини їх виникнення. Визначення величини кутового зламу зварних з'єднань, заходи зі зменшення кутових зламів.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 112 – 122.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

**Лекція 8** Специфічні види зварювальних деформацій. Деформації втрати стійкості, скручування. Деформації в оболонкових конструкціях та при термічному різанні заготовок.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 128 – 139.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

### РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ ТА ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ.

Тема 3.1. Сучасні програмні комплекси, метод скінчених елементів.

**Лекція 9** Програмні комплекси для моделювання напружено-деформованого стану. Основні принципи і залежності, вибір типових вузлів та моделей, типу скінчених елементів.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 28 - 41, 175 - 183, [3.5], с. 6 – 12, [3.15], [3.21], [3.24]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

Тема 3.2. Результати комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану.

**Лекція 10** Двошаровий брус, двошарова втулка, металографітове кільце, вплив умов охолодження на формування напружено-деформованого стану з'єднань різнорідних матеріалів.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.1], с. 219 – 220, [3.2], с. 183 – 188, с. 195 – 208, [3.16], [3.19]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

**Лекція 11** Складений циліндр та брус, складена втулка, вплив прошарку припою на напружено-деформований стан після охолодження та міцність паяного з'єднання.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 188 – 195, [3.1], с. 221 – 223, [3.4], с. 204 – 214, [3.16], [3.29], [3.30], [3.31]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

Тема 3.3. Методи регулювання напружено-деформованого стану з'єднань.

**Лекція 12** Методи зменшення власних напружень та деформацій.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.2], с. 208, с. 214 – 228.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 4 год.

### РОЗДІЛ 4. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСІВ.

Тема 4.1. Технології зварювання плавленням відповідальних конструкцій.

**Лекція 13** Виготовлення великогабаритних кільцевих заготовок та тонкостінних конструкцій.

Застосування дугового, електрошлакового та електронно-променевого зварювання.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 41-61

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

**Лекція 14** Виготовлення роторів, валів та діафрагм електронно-променевим зварюванням.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 61-75.



Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

**Лекція 15** Виготовлення оболонкових конструкцій автоматичним імпульсно-дуговим зварюванням в контрольованій атмосфері та електронно-променевим зварюванням.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 75-98,

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

**Лекція 16** Виготовлення та відновлення лопаток газотурбінних двигунів з нікелевих та титанових сплавів, вибір способів зварювання, режимів та присадкових матеріалів.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 98-112, [3.17], [3.18]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

Тема 4.2 Технології з'єднання важкозварюваних матеріалів в твердій фазі.

**Лекція 17** Технологія дифузійного зварювання у вакуумі з керованим напружено-деформованим станом.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.3], с. 144-170, [3.13], [3.14], [3.20], [3.21], [3.22], [3.25][3.26]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

Тема 4.3 Споріднені технології отримання виробів відповідального призначення.

**Лекція 18** Виготовлення та відновлення відповідальних вузлів газотурбінних двигунів паянням у вакуумі.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 121-139, [3.17]

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

**Лекція 19** Виготовлення з'єднань металів з неметалами паянням у вакуумі.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.1], с. 296-305, [3.7], [3.8], [3.9].

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 6 год.

**Лекція 20** Виготовлення та відновлення відповідальних вузлів газотурбінних двигунів наплавленням зносостійких та спеціальних сплавів.

Дидактичний матеріал: слайди.

Основна література: [3.10], с. 139 – 152.

Завдання СРС: опрацювання лекції, підготовка та виконання тестових завдань - 5 год.

## **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

Самостійна робота спрямована на засвоєння лекційного матеріалу - 39 год., рекомендованої літератури, підготовки до експрес-контролю на лекціях, для самостійної роботи – 111 год.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### **Правила відвідування занять**

Вивчення кредитного модуля відбувається згідно графіку навчального процесу з обов'язковим відвідуванням всіх видів занять.

Як виняток, **для студентів, які беруть на себе відповідальність** за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати кредитний модуль у **змішаному режимі**: ознайомлюватись з теоретичним матеріалом лекцій – самостійно, з можливістю проведення консультацій викладачем.

#### **Правила поведінки на заняттях.**

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

#### **Правила призначення заохочувальних та штрафних балів**

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання.

**Політика щодо академічної доброчесності** докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

#### **Поточний контроль.**

На лекціях студент виконує письмову самостійну роботу у вигляді Експрес тестів - надає відповіді на контрольні питання.

#### **Календарний контроль.**

Календарний контроль не передбачено.

#### **Семестровий контроль.**

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання заліку.

#### **Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:**

Рейтинг студента по дисципліні складається з балів, отриманих їм за:

1. Експрес-контроль на лекції.
2. Відповідь на заліку.

Система нарахування рейтингових (вагових) балів і критерії оцінювання.

##### 1. Експрес-контроль на лекції.

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів, які можна одержати за позитивні результати експрес-контролю на лекціях (20 занять – 9 питань (перше заняття не враховується):  $4 \times 19 = 76$  балів.

##### Штрафні та заохочувальні бали:

1. За несвоєчасне виконання певного виду робіт знімається 20% від максимального балу.
2. Заохочувальні бали нараховуються за розв'язок студентом індивідуальних завдань (за бажанням студента/аспіранта) з дисципліни «+1...5 балів».

**Розрахунок шкали (R) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = \sum r_k = 76 \text{ балів}$$

Залікова складова шкали дорівнює — 24 балів

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає  $R = R_c + R_{зал} = 100$  балів

Необхідною умовою допуску до заліку є стартовий рейтинг не менший 60% від  $R_c$  тобто 46 балів.

Семестровий контроль: **залік.**

Максимальна кількість балів за правильні відповіді на заліку – 24.

На заліку студенти/аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три питання. Кожне питання оцінюється у 8 балів,

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) 7–8 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) 6 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) 5 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь 0 балів.

Сума стартових балів і балів за залікову контрольну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Таблиця для переведення рейтингової оцінки по навчальній дисципліні.

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

**9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

В умовах **on-line** лекційні заняття проводяться з використанням платформи дистанційного навчання «Сікорський» <https://www.sikorsky-distance.org/>.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** завідувач кафедри, д.т.н., професор Квасницький Віктор Вячеславович

**Ухвалено** кафедрою зварювального виробництва (протокол № 10 від 12.01.2021)

**Погоджено** Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 7 від 19.02.2021)