

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи з дисципліни
«Розрахунки та проектування зварних конструкцій»
для студентів освітньої програми «Технології та устаткування
зварювання» усіх форм навчання

2018

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Розрахунки та проектування зварних конструкцій» для студентів освітньої програми "Технології та устаткування зварювання" усіх форм навчання / Укл. Осіпов М.Ю., О.Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 – 14 с.

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

Рецензент: Савонов Ю. 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 ОТЗВ
Протокол №9 від 26.04.2018 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №9 від 12.05.2018 р.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	4
2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ	7
3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ	9
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ	10
5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	13
5.1 Основна	13
5.2 Додаткова	13

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Дисципліна "Розрахунки та проектування зварних конструкцій" входить у состав освітньої програми «Технології та устаткування зварювання».

Вона забезпечує спеціальну підготовку, яка полягає в рішенні типових задач проектно-конструкторської діяльності фахівця.

Предмет – методи та принципи інженерних розрахунків зварних конструкцій.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліни, що передують вивченню цієї дисципліни – опір матеріалів, матеріалознавство, теоретична механіка, деталі машин і ПТМ, теорія зварювальних процесів; дисципліни, вивчення яких спирається на цю дисципліну – напруження та деформації при зварюванні, виробництво зварних конструкцій, проектування зварних конструкцій.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Раціональне проектування та технологічність зварних конструкцій.
2. Зварні з'єднання та розрахунок їхньої статичної міцності.
3. Зварні балки.
4. Решітчасті конструкції (ферми).

Мета: формування у студентів базових теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку та проектування зварних конструкцій.

Завдання: вивчення основних методів і принципів інженерних розрахунків зварних конструкцій, що проектуються.

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.

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 стандартом підприємства, методичними вказівками та технічною літературою.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u>	за вибором	
Модулів – 4	Спеціальність (професійне спрямування): <u>131 Прикладна механіка</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання курсовий проект (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		5-й	5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних —3 год. самостійної роботи студента – 6,6 год.		Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>бакалавр</u>	Лекції
	28 год.		4 год.
	Практичні, семінарські		
	0 год.		0 год.
	Лабораторні		
	14 год.		2 год.
	Самостійна робота		
	90 год.		129 год.
	Індивідуальні завдання: 45 год.		
Вид контролю: іспит, КП			

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Раціональне проектування та технологічність зварних конструкцій.

Тема 1. Вступ. Мета, завдання й порядок вивчення курсу. 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.

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.

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.

Тема 4. Сортамент прокатних профілів. Гнуті, штаповані, 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.

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 напругам та граничними станами.

Тема 6. Визначення допустимих напруг 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).

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

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

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

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

Тема 11. Умовні позначення зварних швів на кресленнях.

Змістовий модуль 3. Зварні балки.

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

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.

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 маси.

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

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

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

Змістовий модуль 4. Решітчасті конструкції (ферми).

Тема 18. Типи ферм. Вибір геометричної схеми. Поперечні перерізи стрижнів. Вузли ферм.

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

3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

При вивченні дисципліни студенти повинні надбати практичні навички.

Надбання практичних навичок відбувається при проведенні практичних занять і лабораторних робіт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік лабораторних робіт

№	Назва лабораторних робіт	Кількість годин	Графік виконання, тиждень
1	Дослідження міцності зварних стикових з'єднань, виконаних зварюванням плавленням	4	1
2	Порівняльне дослідження міцності на пускових і таврових зварних з'єднань, виконаних зварюванням плавленням	4	5
3	Дослідження розподілення напружень у зварній двотавровій балці	4	9
4	Дослідження розподілення напружень в елементах зварної ферми	4	13

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Виконання контрольного завдання має на меті забезпечити ритмічність самостійної роботи студентів заочної форми навчання.

На всі питання слід давати чіткі, вичерпні відповіді згідно з програмою курсу; при необхідності ілюструвати відповіді рисунками, схемами, діаграмами і т.п. Перед кожним питанням повинен стояти його номер, а сам текст питання повністю переписаний.

В процесі вивчення даного предмету можна користуватися не тільки рекомендованою літературою. Можна аналізувати інформацію, подану в Інтернеті, сучасних періодичних технічних виданнях тощо. Контрольне завдання підписує студент.

Заміна питань або варіантів контрольного завдання без дозволу викладача неприпустима.

Питання для контрольних завдань:

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 СтЗ 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. Клеєзварні 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. Нахлесточні 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 напруги. 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, що сприймають момент, що вигинає.

46.Розрахунок міцності зварного з'єднання з одним лобовим швом, що 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

5.1 Основна

1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. - М.: Высшая школа, 1990.-446 с.
2. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформаций конструкций: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1982 - 272с.
3. Николаев Г.А., Куркин С.А.. Сварные конструкции. Технология изготовления, автоматизация производства и проектирование сварных конструкций. Учебное пособие. - К.: Высшая школа, 1983. - 344 с.
4. Серенко А.Н., Крумбольдт М.Н., Багрянский К.В. Расчет сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи: Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1977.-336 с.
5. Чертов І.М. Зварні конструкції: Підручник. - К.: Арістей, 2006. – 376с.

5.2 Додаткова

6. Проектирование сварных конструкций в машиностроении. / Под ред. С.А. Куркина. - М.: Машиностроение, 1975.-376 с.
7. Муханов К.К. Металлические конструкции - М.: Стройиздат, 1978. - 576 с.
8. Строительные нормы и правила (СНиП-П-23-81).
9. Металлические конструкции. Справочник проектировщика. / Под ред. Н.П. Мельникова - М.: Стройиздат, 1980. - 776 с.
10. Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др. Материаловедение. / Под ред. Б.Н. Арзамасова. - М.: Машиностроение, 1986. - 384 с.

11. Навроцкий Д.И. Прочность сварных соединений. - Л.: Машгиз, 1961. - 175 с.
12. Малышев Б.Д., Акулов А.И. и др. Сварка и резка в промышленном строительстве Справочник монтажника. Под ред. Б. Д. Малышева. - М.: Стройиздат, 1977. - 780 с.
13. Сахновский М.М. Справочник конструктора строительных сварных конструкций Днепропетровск: Промінь, 1975. - 239 с.
14. Таблицы несущей способности сварных угловых швов Ленинградский ПРОМСТРОЙПРОЕКТ стр. 9
15. SFS 1268 Арматурный прокат. Свариваемый горячекатаный арматурный прокат периодического профиля В500В
16. SFS 1269 Арматурный прокат. Свариваемый горячекатаный арматурный прокат периодического профиля В500С1
17. SFS 1300 Арматурный прокат. Минимальные требования для арматурного проката и сварной стальной сетки
18. Руководство по проектированию сварных ферм из одиночных уголков М.: Стройиздат, 1977г. -14с.
19. Троицкий П.Н., Левитанский И.В. Исследование действительной работы сварного рамного узла крепления и рекомендации по его расчету Выпуск 19, Москва: 1977. - 14 с. ЦНИИпроектстальконструкция.
20. <https://www.twirpx.com/files/pgs/structures/metallic/?ft=guideline>