

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань і спеціальності:**

**- галузь знань 13 «Механічна інженерія» ;**

**•Спеціальність 131 «Прикладна механіка»;**

**•Спеціалізація «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»**

**«Опір матеріалів»**

**240 год./8 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 15 год. практичних занять, 15 год. лабораторних занять)**

***Навчальний контент***

**3-й семестр**

**Модуль 1**

**Змістовний модуль 1 «Основи опору матеріалів»**

**Тема 1.** Вступ до дисципліни: мета, предмет; задачі дисципліни; розрахункові схеми, основні гіпотези.

**Тема 2.** Геометричні характеристики плоских перерізів.

**Тема 3.** Геометричні характеристики відносно паралельних осей, повороту осей. Радіуси і еліпс інерції.

**Тема 4.** Визначення внутрішніх силових факторів методом перерізів.

Побудова епюр внутрішніх силових факторів.

**Тема 5.** Визначення напружень, деформацій і переміщень для простіших видів пружних тіл.

**Тема 6.** Механічні характеристики матеріалів і методи їх експериментального визначення. Допустимі напруження, коефіцієнт запасу міцності.

**Змістовний модуль 2. « Простий опір»**

- Тема 7.** Визначення продольних зусиль, напружень і переміщень у статично визначеному ступеневому брусі. Побудова епюр параметрів розтягування (стискання) бруса.
- Тема 8.** Статично невизначені задачі продольного навантаження ступеневого бруса з врахуванням в ньому технологічної щілини.
- Тема 9.** Статично невизначені задачі продольного навантаження ступеневого бруса з врахуванням температурного поля.
- Тема 10.** Деформації зрізу і зминання у з'єднувальних листах при продольному навантаженні (гвинтові закріплення, шпоночні, шлицеві та зварні з'єднання).
- Тема 11.** Деформація кручення валів та їх розрахунки на міцність і жорсткість.
- Тема 12.** Основи теорії напруженого і деформованого стану : напруження в точці ; закон парності дотичних напружень; головні площадки; головні напруження; лінійний і об'ємний напружені стани; узагальнений закон Гука.
- Тема 13.** Деформація згинання балок. Типи опор балок. Поперечні сили і згинальні моменти, побудова їх епюр. Диференційні залежності між параметрами згинання.
- Тема 14.** Нормальні та дотичні напруження при плоскому згинанні балки. Допустимі напруження.

#### **4-й семестр**

#### **Модуль 2**

#### **Змістовний модуль 3 «Визначення переміщень балок»**

- Тема 15.** Диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки

та методом початкових параметрів.

**Тема 16.** Загальні теореми про пружні системи. Потенціальна енергія пружної деформації. Узагальнені сили і узагальнені переміщення.

**Тема 17.** Теорема Кастільяно, інтеграл Мора, спосіб Верещагіна обчислення переміщень балок.

**Тема 18.** Згинання статично невизначених багатопрогонних балок. Теорема трьох моментів.

Побудова епюр поперечних сил і згинальних моментів.

#### **Змістовний модуль 4. «Складний опір та динамічна дія сил»**

**Тема 19.** Складний опір: косе згинання; згинання з розтягуванням(стисканням); згинання з крученням.

**Тема 20.** Стійкість стиснутих стержнів. Види рівноваги стиснутого стержня.

Формула Ейлера для визначення критичної сили та межі її

використання. Втрата стійкості стержня за границею

пропорціональності матеріалу: формула Ясинського, графік акад.

Ю.А.Шиманського; розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнтів

зменшення допустимого напруження.

**Тема 21.** Ударне навантаження. Переміщення і напруження пружної системи

при ударі одиничним вантажем. Поняття про коефіцієнт динамічності.

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань і спеціальності:**

- галузь знань 13 «Механічна інженерія» ;

•Спеціальність 131 «Прикладна механіка»;

•Спеціалізація «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

**«Опір матеріалів»**

**240 год./8 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 15 год. практичних занять, 15 год. лабораторних занять)**

***Теми лабораторних занять (15 год)***

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>3-й семестр</b>		
<b>1</b>	Техніка безпеки при проведенні лабораторних занять	1
<b>2</b>	Випробування зразків матеріалу на розтягування та кручення	2
<b>3</b>	Дослідна перевірка теорії чистого вигину балок	2
<b>4</b>	Визначення величин прогину кінцевого перерізу балки при косому вигині	2
<b>5</b>	Визначення прогинів і кутів повороту перерізів при прямому вигині	2
<b>6</b>	Визначення положення центру величини тонкостінної балки незамкнутого профілю	2
<b>7</b>	Випробування циліндричної гвинтової пружини на розтягування-стискання	1
<b>8</b>	Дослідна перевірка теореми про взаємність переміщень	1
<b>9</b>	Визначення опорного моменту в защемленні однопрогонної статично невизначеної балки	2
<b>Разом за семестр</b>		<b>15</b>

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань і спеціальності:**

- галузь знань 13 «Механічна інженерія» ;

•Спеціальність 131 «Прикладна механіка»;

•Спеціалізація «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

**«Опір матеріалів»**

**240 год./8 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 15 год. практичних занять, 15 год. лабораторних занять)**

**Теми практичних занять (15 год)**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>4-й семестр (30 год)</b>		
<b>1</b>	Визначення геометричних характеристик простих перерізів: статичних моментів, координат центру ваги, моментів інерції, моментів опору	0,5
<b>2</b>	Визначення внутрішніх силових факторів методом перерізів. Побудова епюр. Приклади розрахунків.	0,5
<b>3</b>	Визначення напружень, деформацій і переміщень. Закон Гука.	1
<b>4</b>	Розтягання(стискання) ступеневого статично визначеного бруса. Побудова епюр продольних зусиль, напружень і переміщень	1
<b>5</b>	Розрахунок статично невизначених стержнів при розтяганні та стисканні. Врахування температурного поля	1
<b>6</b>	Розрахунки на зсув і злиття заклепкових і зварних з'єднань. Перевірка їх міцності	1
<b>7</b>	Розрахунки на міцність і жорсткість валів при деформації кручення. Побудова епюр $M_k$ і $\gamma$	1
<b>8</b>	Визначення реакцій при згинанні статично визначених балок	1
<b>9</b>	Побудова епюр $Q$ та $M$ статично визначених балок	2
<b>10</b>	Розрахунки нормальних та дотичних напружень при згинанні балок. Побудова епюр $\sigma$ і $\tau$	1
<b>11</b>	Визначення переміщень при згинанні балок методом	1

	інтегрування диференціального рівняння пружної лінії	
12	Визначення переміщень балок методом початкових параметрів	1
13	Розрахунок статично невизначених багатопрогонних балок за теоремою 3-х моментів	1
14	Розрахунки на стійкість призматичних стержнів. Визначення ейлеревих та критичних напружень	1
15	Розрахунки стержнів на ударне навантаження. Визначення коефіцієнту динамічності	1
<b>Разом за семестр</b>		15

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань і спеціальності:**

- галузь знань 13 «Механічна інженерія» ;

•Спеціальність 131 «Прикладна механіка»;

•Спеціалізація «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

**«Опір матеріалів»**

**240 год./8 кредитів ЕКТС**

**(60 год. лекцій, 15 год. практичних занять, 15 год. лабораторних занять)**

*Завдання для самостійної роботи*

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>3-й семестр</b>		
1	Розрахункові схеми та основні гіпотези опору матеріалів	3
2	Геометричні характеристики плоских перерізів	6
3	Визначення внутрішніх силових факторів методом перерізів	6
4	Визначення напружень, деформацій і переміщень простіших видів пружних тіл	6
5	Механічні характеристики матеріалів і методи їх експериментального визначення	6
6	Визначення продольних зусиль, напружень і переміщень у статично визначеному ступеневому брусі	6
7	Статично невизначені задачі прокольного навантаження	6

	ступеневого бруса	
8	Деформації зрізу і змінання з'єднувальних елементів листових матеріалів	6
9	Деформація кручення призматичних валів	6
10	Деформація згинання балок. Опори балок. Визначення реакцій опор	6
11	Поперечні сили і згинальні моменти при згинанні однопрогонних балок	6
12	Диференціальні залежності між параметрами згинання балок	6
13	Нормальні та дотичні напруження при косому згинанні балок	6
<b>Разом за семестр</b>		75
<b>4-й семестр</b>		
14	Визначення переміщень балок інтегруванням диференціального рівняння пружності ліній балки	9
15	Визначення переміщення балок методом початкових параметрів	9
16	Визначення переміщень балок енергетичними методами за теоремою Кастільяно, інтегралом Мора, способом Верещагіна	9
17	Згинання багатопрогонних балок за теоремою 3-х моментів	9
18	Визначення параметрів згинання бруса при складному опорі	9
19	Визначення ейлеревих зусиль і нормальних напружень в пружній області	9
20	Визначення критичних зусиль і нормальних напружень в упруго-пластичній області. Формула Ясинського, графік акад. Ю.А.Шиманського	9
21	Визначення ударних переміщень і напружень прямолінійних стержнів	9
<b>Разом за семестр</b>		75
<b>Разом за дисципліною</b>		150

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань і спеціальності:**

- галузь знань 13 «Механічна інженерія» ;

•Спеціальність 131 «Прикладна механіка»;

•Спеціалізація «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

«Опір матеріалів»

240 год./8 кредитів ЕКТС

(60 год. лекцій, 15 год. практичних занять, 15 год. лабораторних занять)

*Завдання для поточного і підсумкового контролю*

№ з/п	Назва індивідуального завдання
1	Геометричні характеристики плоских поперечних перерізів
2	Розрахунок ступеневого бруса на розтягування-стискання
3	Розрахунок валів на міцність і жорсткість при крученні
<b>4-й семестр</b>	
4	Розрахунок на згинання статично визначених балок
5	Розрахунок на міцність просторово навантаженого бруса

*Питання для модульного контролю*

**Контрольні питання до 1-го модуля**

1. Викласти предмет і задачі дисципліни «Опір матеріалів».
2. Описати основні види деформацій тіла (стержня) і вказати на параметри, якими оцінюють їх кількісну величину.
3. Пояснити, що називають нормальним та дотичним напруженням, відносною лінійною деформацією, позначення, знак, розмірність.
4. Пояснити, яку величину називають статичним моментом площі плоскої фігури і як його використовують для визначення центра ваги цієї фігури. Вказати позначення цих величин і їх розмірність.
5. Пояснити, яку величину називають осьовим, відцентровим і полярним моментом інерції площі плоскої фігури. Вказати позначення цих величин, їх знак і розмірність.



6. Навести формули для визначення осьових і відцентрового моментів інерції площі відносно паралельних осей і пояснити, як ними користуватись.

7. Викласти властивості головних моментів інерції площі фігури.

8. Пояснити, які величини називають осьовими моментами опору. Вказати позначення цих величин, їх знак і розмірність.

9. Пояснити, які величини називають радіусами інерції, вказати їх позначення, знак і розмірність.

10. Пояснити, як визначається нормальне напруження при розтягуванні, його позначення, розмірність.

11. Пояснити, що називають границею пропорціональності матеріалу, вказати її позначення і розмірність.

12. Пояснити, що називають границею плинності матеріалу, вказати її позначення і розмірність.

13. Пояснити, що називають границею міцності матеріалу, вказати її позначення і розмірність.

14. Пояснити фізичний і геометричний зміст модуля пружності матеріалу при розтягуванні, вказати його позначення і розмірність.

15. Пояснити, яку величину називають внутрішньою осьовою силою стержня, вказати її позначення, розмірність і сформулювати правило знаків.

16. Пояснити, яку величину називають нормальним напруженням при продольному навантаженні бруся, вказати її позначення, розмірність і сформулювати правило знаків.

17. Пояснити суть методу перерізів і показати на прикладі його використання для визначення внутрішньої осьової сили стержня.

18. Пояснити фізичну і геометричну суть модуля пружності при розтягуванні, вказати його позначення і розмірність та спосіб визначення.

19. Пояснити, яку величину називають коефіцієнтом Пуассона, вказати його позначення і розмірність та спосіб визначення.

20. Викласти закон Гука при повздовжньому деформуванні в аналітичній формі, пояснити всі величини та вказати їх розмірність.

21. Пояснити, які стержні при лінійному деформуванні є статично невизначеними.

22. Пояснити, як розкривається статична невизначеність стержнів при продольному навантаженні.

23. Пояснити і показати на прикладі, як будують епюру внутрішніх осьових сил ступеневого бруса.

24. Пояснити і показати на прикладі, як будують епюру нормальних напружень при осьовому деформуванні ступеневого бруса.

25. Пояснити і показати на прикладі, як будують епюру осьового переміщення перерізів ступеневого бруса при розтягуванні-стисканні.

26. Пояснити умови, за яких має місце деформація зсуву. Записати формулу для визначення напружень при зсуві та умову міцності, пояснити всі величини та вказати їх розмірність.

27. Записати в аналітичній формі закон Гука при чистому зсуві, пояснити всі величини, вказати їх розмірність.

28. Виписати формули для визначення повної і питомої потенціальної деформації при зсуві, пояснити всі величини і вказати їх розмірність.

29. Пояснити, як перевіряється міцність на зріз і зминання болтових, заклепкових, шпонкових з'єднань: записати формули для визначення напружень, умову міцності та пояснити величини, які до них входять.

30. Пояснити, як перевіряється міцність на зріз зварних з'єднань: записати формулу для визначення напружень, умову міцності та пояснити величини, які до них входять.

31. Пояснити умови виникнення деформації кручення і означити внутрішній силовий фактор при крученні.

32. Записати формулу для визначення напружень при крученні круглого вала, пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Зобразити епюру цих напружень у випадку суцільного і трубчатого перерізів.

33. Записати формулу для визначення кута закручування вала, пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Пояснити, який кут закручування називають повним і погонним.

34. Пояснити на прикладі побудову епюри крутних моментів вала з використанням методу перерізів.

35. Пояснити на прикладі побудову епюри кутів закручування вала.

36. Записати умови міцності і жорсткості вала при крученні і пояснити, як їх використовують для визначення діаметра круглого вала суцільного і трубчатого перерізів.

37. Пояснити, які вали називають статично визначними і невизначними та показати розкриття статичної невизначеності вала на прикладі.

38. Пояснити, які напруження називають головними та як визначають їх величину і напрямки.

39. Сформулювати закон парності дотичних напружень і записати його в аналітичному вигляді для об'ємного напруженого стану.

40. Пояснити умови виникнення лінійного напруженого стану, вказати склад компонентів напружень для такого випадку.

41. Пояснити умови виникнення плоского напруженого стану, вказати склад компонентів напружень для такого випадку.

42. Пояснити умови виникнення об'ємного напруженого стану, вказати склад компонентів напружень для такого випадку.

43. Записати закон Гука при простих видах деформування (розтягання, зсув) і об'ємному напруженому стані, пояснити всі величини та вказати їх розмірність.

44. Записати формули для визначення повної потенціальної енергії деформації та питомої потенціальної енергії деформації об'єму і форми у випадку об'ємного напруженого стану, пояснити всі величини і вказати їх розмірність.

45. Пояснити суть теорій міцності, назвати класичні теорії та записати формули для визначення еквівалентних напружень за цими теоріями.

46. Пояснити умови виникнення деформації згину в балках і означити внутрішні силові фактори у випадку плоского згинання.

47. Записати диференціальні залежності технічної теорії згинання балок, пояснити всі величини і вказати їх розмірність.

48. Означити поняття поперечної сили, вказати її позначення, пояснити визначення її величини в поперечному перерізі балки, сформулювати правило знаків і вказати розмірність.

49. Означити поняття згинального моменту, вказати його позначення, пояснити визначення величини в поперечному перерізі балки, сформулювати правило знаків і вказати розмірність.

50. Записати формулу для визначення нормальних напружень при згинанні балок, пояснити всі величини і вказати розмірність. Зобразити епюру напружень по висоті поперечного перерізу.

51. Записати формулу для визначення дотичних напружень при згинанні балок, пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Зобразити епюру напружень по висоті прямокутного і двотаврового перерізу.

52. Викласти процедуру розрахунку на міцність балок при згинанні і навести розрахункові формули, якими користуються на відповідних етапах.

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

1. Записати формули для визначення лінійних і кутових переміщень перерізів балки методом початкових параметрів та пояснити, в якому випадку цей метод використовують і як визначають початкові параметри.

2. Записати формулу для визначення роботи зовнішніх сил у випадку лінійного деформування тіла і показати цю роботу на графіку.

3. Записати формули для визначення потенціальної енергії деформації стержня в загальному випадку і для плоского згинання та пояснити суть складових у вказаних формулах.

4. Сформулювати теорему про взаємність робіт і переміщень, проілюструвати її на прикладі згинання балки і вказати, для яких пружних систем вона справедлива.

5. Сформулювати теорему Кастільяно. Вказати, для яких систем вона справедлива і як її практично використовують.

6. Сформулювати принцип можливих переміщень. Вказати, для яких систем він справедливий і як його практично використовують.

7. Яким чином реалізується метод Мора для визначення переміщень поперечних перерізів балки при її згинанні.

8. Яким чином реалізується метод Верещагіна для визначення переміщень поперечних перерізів балки при її згинанні.

9. В чому суть методу сил при розкритті статичної невизначеності рамних конструкцій.

10. Як формуються канонічні рівняння методу сил?

11. Як визначається переміщення, що входить в канонічні рівняння методу сил

12. Яким чином розкривається статична невизначеність багато-прогонної нерозрізної балки за допомогою теореми трьох моментів?

13. Записати рівняння трьох моментів для двох сусідніх прогонів балок

14. Пояснити, який згін називають складним і косим. Показати на прикладах.

15. Записати формули для визначення нормальних напружень при складному згині, пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Зобразити епюри напружень в поперечному перерізі.

16. Пояснити, як знаходять положення площини згинання при складному згинанні.

17. Записати і пояснити умову міцності при складному згинанні з урахуванням дотичних напружень.

18. Пояснити умови, за яких в тілах має місце згинання з розтяганням (стисканням). Показати на прикладах.

19. Записати формули для визначення нормальних напружень при згинанні з розтяганням (стисканням) тіл, пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Зобразити епюри напружень в поперечному перерізі стержня.

20. Записати і пояснити умову міцності при згинанні з розтягуванням (стисканням).

21. Пояснити умови виникнення в стержнях позацентрового розтягування (стискання) і які деформації виникають при цьому.

22. Записати формули для визначення нормальних напружень при позацентровому розтягуванні (стисканні), пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Зобразити епюри нормальних напружень в поперечному перерізі стержня.

23. Пояснити, що називають ядром перерізу. Виписати формули для побудови ядра перерізу і пояснити, як ними користуватись. Зобразити ядро перерізу, коли його форма є прямокутник і круг.

24. Пояснити умови виникнення в тілах згинання з крученням. Показати на прикладах.

25. Записати формули для визначення напружень при плоскому згинанні з крученням, пояснити всі величини і вказати їх розмірність. Зобразити епюри напружень в поперечному перерізі круглого вала.

26. Записати і пояснити умову міцності при плоскому згинанні з крученням.

27. Пояснити, що представляє собою зведений момент при згинанні з крученням і за якими формулами визначають діаметр суцільного круглого і трубчатого вала.

28. Пояснити структуру формули Ейлера при стисканні стержня.

29. Як знайти межі використання формули Ейлера?

30. Як розраховується критичні напруження при стисканні стержня в пружнопластичній стадії роботи матеріалу?

31. Яку особливість вносить в розрахунки ударне навантаження балки?

32. Що називають коефіцієнтом динамічності і як він враховується в розрахунках?