



РОЗРАХУНОК АНІЗОТРОПНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс – 7 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити (лекції – 36 год.; лабораторні заняття – 36 год.; самостійна робота – 48 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Бондарець Олександр Анатолійович, Bondarets.o@gmail.com Лабораторні: доцент, Бондарець Олександр Анатолійович, Bondarets.o@gmail.com</i>

Програма навчальної дисципліни

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

В курсі розглядається теорія згину анізотропних пластин, поперечні коливання анізотропних пластин та основи теорії стійкості пластин. Дисципліна формує теоретичні та практичні знання студентів для раціонального проектування елементів машин, оцінки напружено-деформованого стану, стійкості та ресурсу з урахуванням анізотропії їх властивостей. Розглядаються загальні рівняння теорії пружності анізотропного тіла. Фізична анізотропія сучасних конструкційних матеріалів та методи її врахування в розрахунку на міцність і жорсткість. Студенти освоюють методи проектування та розрахунків напружено-деформованого стану анізотропних балок та пластинок в цілому. Засвоюють загальну методику розрахунку напружень та деформацій, навчаються визначати пружні сталі для різних видів анізотропії конструкційних матеріалів, та свідомо аналізувати результати виконаних ними розрахунків.

Курс “ Розрахунок анізотропних конструкцій” складається із лекційних та лабораторних занять, що дозволяє студентам оволодіти практичними навичками розрахунку типових анізотропних матеріалів.

Заключним етапом вивчення даного курсу являється складання заліку.

Метою навчальної дисципліни, є вивчення напружено-деформованого стану та стійкості анізотропних тіл в залежності від крайових умов. Освоєння методи проектування, оптимізації та розрахунків напружено-деформованого стану анізотропних балок та пластинок. Опанування загальної методики розрахунку напружень та деформацій, навчитись визначати пружні постійні для

основних випадків пружної симетрії, аналізувати результати виконаних власноруч розрахунків. Після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання

- загальних видів механічної анізотропії конструкційних матеріалів
- загальних принципів анізотропії склопластиків та інших матеріалів, які армовано волокнами
- загальних принципів конструкційної анізотропії
- загальних підходів щодо оцінки напружено-деформованого стану конструкційних елементів з урахуванням параметрів анізотропії властивостей
- методів розрахунку напружено-деформованого стану та стійкості анізотропних елементів конструкцій в залежності від крайових умов

Уміння

- правильно вибрати метод розрахунку та правильно визначити граничні умови
- визначати пружні постійні для різних видів анізотропії конструкційних матеріалів
- правильно застосувати наближений чи точний метод розрахунку анізотропного матеріалу
- використовувати в роботі електронні посібники, вітчизняну та іноземну технічну літературу

Навички

- розв'язання задач по розрахунку анізотропних елементів конструкцій на міцність і стійкість; визначенні напружень та деформацій при лінійному та плоскому напружених станах; визначення пружних сталих у різних напрямках, у різних системах координат; розрахунку комплексних параметрів у різних системах координат; виборі функцій напружень; знаходженні жорсткостей згину та кручення; розрахунку коливань; користуванні теорією стійкості пластин.
- самостійного розуміння можливості застосування точного чи наближеного методу розрахунку
- роботи з довідковою літературою

Програмні компетентності:

1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми
2. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
3. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.
4. Здатність створювати розрахункові моделі елементів конструкцій та вузлів виходячи з їх умов експлуатації з урахуванням браку даних
5. Здатність поставити задачу і визначити оптимальні шляхи вирішення проблеми засобами, прикладної механіки та суміжних предметних галузей.
6. Здатність оптимізувати конструкцію виходячи з техніко-економічних, експлуатаційних та технологічних вимог за параметрами міцності та надійності.

Програмні результати навчання:

1. Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення
2. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань

3. Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію
4. Оволодіти сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах
5. Обґрунтовано визначати вихідні дані для розробки технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Наявність освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка або суміжними спеціальностями, який включає дисципліни Вища математика, Теоретична механіка, Механіка матеріалів і конструкцій, Будівельна механіка стрижневих систем

Знання, здобуті студентами при вивченні цієї дисципліни, можуть бути використані в подальшому при виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Анізотропія конструкційних матеріалів. Основні поняття.

Тема 2, 3 Анізотропія матеріалів, що застосовуються в авіабудуванні. Переваги та недоліки, особливості застосування.

Тема 4. Анізотропія склопластиків та інших матеріалів, які армовано волокнами

Тема 5. Анізотропія листових матеріалів

Тема 6. 7. Конструкційна анізотропія

Тема 8.. Анізотропія металевих сплавів

Тема 9. Анізотропія пошкоджуваності КМ

Тема 10. Наближена теорія згину анізотропних пластин (тонких плит).

Тема 11. Рівняння викривленої поверхні і граничні умови.

Тема 12. Зв'язок теорії згину пластини з теорією функцій комплексної змінної.

Тема 13. Знаходження жорсткостей згину та кручення пластин, які гофровані та підсилені ребрами.

Тема 14. Жорсткості та приведені модулі багатопарових пластин.

Тема 15. Поперечні коливання анізотропних пластин.

Тема 16.. Вільні коливання пластини. Визначення частот прямокутної ортотропної пластини.

Тема 17, 18 Основи теорії стійкості пластин. Загальна постановка задачі про стійкість пластин. Основні методи визначення критичного навантаження

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Методичні вказівки з практичних занять з дисципліни «Механіка анізотропних конструкцій». Частина 1. Класичні задачі. / Укладач О.П. Халімон – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 105 с.
2. Courtney, Thomas H. (2005). Mechanical Behavior of Materials (2nd ed.). Waveland Pr Inc. ISBN 978-1577664253.
3. Шидловський М.С. Нові матеріали: частина 1. Структура і механічні властивості конструкційних полімерів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» спеціалізації «Динаміка і міцність машин» / М. С. Шидловський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 193 с. Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20880>
4. M.C.Niu Composite Airframe Structures. Practical design information and data.- Hong Kong Conmilit Press Ltd., 2000. – 664 p.

5. M.C.Niu Airframe stress analysis and sizing Hong Kong Conmilit Press Ltd., 1997. – 795 p.

Додаткова література

1. Ашкенази Е.К., Ганов З.В. Анизотропия конструкционных материалов: Справочник. -2-е изд., перераб. И доп. Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. -247с.
2. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. Изд. 2-е, главная редакция физико-математической литературы издательства. М.: Наука, 1977. -416с.
3. M.C.Niu Composite Airframe Structures. Practical design information and data.- Hong Kong Conmilit Press Ltd., 2000. – 664 p.
3. M.C.Niu Airframe Structural Design (2nd Edition) Hong Kong Conmilit Press Ltd., 1999. – 615 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція 1. Анізотропія конструкційних матеріалів. Основні поняття.

Лекція 2 Анізотропія матеріалів, що застосовуються в авіабудуванні.

Лекція 3 Переваги та недоліки матеріалів, що застосовуються в авіабудуванні, особливості застосування (Корисна та «шкідлива» анізотропія).

Лекція 4. Анізотропія склопластиків та інших матеріалів, які армовано волокнами

Лекція 5. Анізотропія листових матеріалів

Лекція 6. Конструкційна анізотропія

Лекція 7. Конструкційна анізотропія (продовження)

Лекція 8.. Анізотропія металевих сплавів

Лекція 9. Анізотропія пошкоджуваності КМ

Лекція 10. Наближена теорія згину анізотропних пластин (тонких плит).

Лекція 11. Рівняння викривленої поверхні і граничні умови.

Лекція 12. Зв'язок теорії згину пластини з теорією функцій комплексної змінної.

Лекція 13. Знаходження жорсткостей згину та кручення пластин, які гофровані та підсилені ребрами.

Лекція 14. Жорсткості та приведені модулі багатошарових пластин.

Лекція 15. Поперечні коливання анізотропних пластин.

Лекція 16.. Вільні коливання пластини. Визначення частот прямокутної ортотропної пластини.

Лекція 17, 18 Основи теорії стійкості пластин. Загальна постановка задачі про стійкість пластин. Основні методи визначення критичного навантаження

Лабораторні заняття

Лабораторне заняття №1. Знаходження жорсткостей пластинки з модулями пружності, які змінюються по товщині.

Лабораторне заняття №2. Розрахунок жорсткостей для довільних напрямків.

Лабораторне заняття №3. Згин ортотропної прямокутної пластини з опертими сторонами..

Лабораторне заняття №4. Згин круглої криволінійно-анізотропної пластини симетричним навантаженням.

Лабораторне заняття №5. Дія зосередженого моменту. Згин пластини з еліптичним отвором, край якого завантажений довільно.

Лабораторне заняття №6. Чистий згин пластини, яка ослаблена круговим отвором.

Лабораторне заняття №7. Чистий згин пластини, яка ослаблена круговим отвором. Інші випадки деформації ортотропної пластини з круговим отвором (продовження)..

Лабораторне заняття №8. Згин пластини з матеріалу з циліндричною анізотропією.

Лабораторне заняття №9. Стійкість прямокутної ортотропної пластини, яка має чотири оперті сторони та стиснута в головному напрямку.

Лабораторне заняття № 10. Стійкість прямокутної пластини, дві сторони якої оперті, при стиску в головному напрямку.

Лабораторне заняття № 11. Стійкість прямокутної пластини, яка стиснута в двох напрямках

Лабораторне заняття № 12. Стійкість прямокутної ортотропної пластини з поздовжніми ребрами при стиску в головному напрямку. Випадок одного поздовжнього ребра..

Лабораторне заняття № 13. Знаходження жорсткостей згину та кручення пластин, які гофровані та підсилені ребрами.

Лабораторне заняття № 14. Поперечні коливання анізотропних пластин.

Лабораторне заняття № 15. Визначення частот прямокутної ортотропної пластини.

Лабораторне заняття № 16. Наближені методи визначення частот. Приклади визначення частот в першому наближенні.

Лабораторне заняття № 17. Вимушені коливання пластини.

Лабораторне заняття № 18. Залікове заняття.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Характеристики міцності та пружності композитних матеріалів та їх зв'язок з технологією (пресування, викладка, намотка) <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	10
2	Визначення пружних та міцностних констант анізотропних матеріалів. Прямі та непрямі методи. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	16
3	Непрямі експериментально-аналітичні методи визначення механічних властивостей моношарів композитів. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	4
4	Визначення пружних та міцностних констант анізотропних матеріалів. Прямі та непрямі методи. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	4
5	Діаграми деформування шаруватих пакетів з різним укладанням шарів. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	10
6	Трьох шарові (сотові) конструкції <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	6

7	Критерії міцності та їх застосування до композиційних матеріалів <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	6
8	Забезпечення міцності при виготовленні, експлуатації та ремонті виробів з ПКМ <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	4
9	Кінцево-елементне моделювання і розрахунок деталей з ПКМ. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	8
10	Забезпечення міцності при виготовленні <i>.Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	4
11	Забезпечення міцності при експлуатації виробів з ПКМ. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	2
12	Забезпечення міцності при та ремонті виробів з ПКМ. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	4

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів бажаним, оскільки дозволяє більш детально ознайомитися з навчальним матеріалом та отримати консультації і роз'яснення за його змістом.

Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем наприкінці заняття.

Матеріали пропущених занять мають бути відпрацьованими самостійно.

Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізень.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти. Під час проведення лекційних занять та на лабораторних заняттях не допускаються сторонні розмови, користування комп'ютерами, смартфонами, мобільними телефонами без дозволу викладача.

Правила оцінювання лабораторних робіт

Контроль засвоєння матеріалу лабораторних робіт здійснюється шляхом оцінювання виконання студентами розрахунково-графічної роботи (див. п.8)

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання (див. п. 8)

Політика дедлайнів та перескладань

Оцінювання ступені та якості виконання завдання відбувається відповідно до вимог п.8.

Політика щодо академічної доброчесності

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують завдання з розрахунково-графічної роботи та індивідуальні завдання. При цьому студенти і викладачі на взаємній основі керуються принципами академічної доброчесності стосовно неприпустимості плагіату, фальсифікації результатів роботи, корупційних проявів тощо. У разі виявлення плагіату або фальсифікації результатів роботи під час виконання студентом завдань бали за це завдання автоматично анулюються.

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

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

- **Поточний контроль.** Включає оцінювання виконання завдань з розрахунково-графічної роботи
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Залік.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання індивідуального семестрового завдання
- 2) написання модульної контрольної роботи;
- 3) штрафних та заохочувальних балів.

8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

8.1.1. Виконання індивідуального семестрового завдання

Оцінювання якості виконання індивідуального семестрового завдання та степені опанування теоретичного матеріалу, необхідного для виконання цих завдань, здійснюється шляхом аналізу правильності виконання розрахунків та опитування по тематиці виконаних завдань. Вагові бали за завдання та теоретичні питання наведені у таблиці.

Вагові бали за виконання індивідуального семестрового завдання та відповіді на теоретичні питання

завдання	Максимальний бал за практичну частину	Максимальна кількість теоретичних питань по тематиці завдання РГР	Максимальний бал за одне питання
1 (Згин багатошарової балки. Визначення напруження кожного шару)	21	4	2,5
2 (визначення рівняння зігнутої вісі)	21	4	2,5
3 (визначення жорсткості згину)	11	2	2
4 (побудова епюр розподілу напружень)	7	2	1,5

Кількість теоретичних питань по кожному завданню, за бажанням студента, може бути меншою за максимальну, проте максимальний ваговий бал кожного питання залишається без змін.

Величина коригувального коефіцієнта $K_{гр}$, що враховує якість виконання завдань та точність відповідей на питання наведена у таблиці нижче.

Критерії оцінювання якості індивідуального семестрового завдання:

<i>Критерій</i>	<i>Коригувальний коефіцієнт $K_{гр}$</i>
завдання виконано повністю вірно/вірна та повна відповідь на питання	1
завдання виконано з незначними неточностями/відповідь містить деякі неточності або несуттєві помилки (механічна помилка, невірно відображений результат арифметичної дії, необгрунтовано консервативний розрахунок, тощо)	0,85-0,95
завдання виконано зі значними помилками/відповідь неповна (помилка в розмірності, невірно використані довідкові коефіцієнти або параметри, суть питання розкрита поверхнево та у загальних рисах, тощо)	0,75-0,84
завдання виконано, проте використаний невірний підхід/відповідь на питання лише частково торкається суті питання	0,6-0,74
завдання не виконано	0

8.1.2. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується на останньому практичному занятті та містить 12 теоретичних запитань за матеріалами курсу 11 з яких є тестовими питаннями, що передбачають можливість вибору студентом відповіді на питання з запропонованих варіантів, та одного запитання для самостійної відповіді. Час виконання модульної контрольної роботи становить 15 хвилин. У разі здачі студентом роботи пізніше ніж за 15 хвилин від початку її виконання бали за модульну контрольну роботу не виставляються. Перездача модульної контрольної роботи з метою підвищення балів не передбачена.

Максимальна кількість балів за кожне тестове питання становить 1 бал, за запитання для самостійної відповіді – 2 бали.

Величина коригувального коефіцієнта $K_{кр}$, що враховує точність відповідей на питання наведена у таблиці нижче.

Критерії оцінювання правильності відповідей на питання контрольної роботи:

<i>Критерій</i>	<i>Питання 1-11</i>	<i>Питання 12</i>
	<i>Коригувальний коефіцієнт $K_{кр}$</i>	
Вірна відповідь на питання	1	1
Відповідь містить деякі неточності або несуттєві помилки	-	0,9
Відповідь неповна, відсутні основні або базові моменти, що стосуються суті питання	-	0,75
Відповідь на питання лише частково торкається суті питання	-	0,5

Невірна відповідь на питання	0	0
------------------------------	---	---

8.1.3. Заохочувальні бали нараховуються за:

Участь в розробці нових завдань з лабораторних робіт, допомозі у підготовці наочного лекційного матеріалу, допомозі у створенні електронного методичного матеріалу (за умови виконання навчальної програми з дисципліни) - від +1 до +10 балів.

8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума набраних рейтингових балів може бути розрахована як:

$$R = \sum_{i=1}^4 (IP_i \times K_{РГР_i}) + \sum_{i=1}^{12} (TIP_i \times K_{ТРГР_i}) + \sum_{i=1}^{12} (KP_i \times K_{КР_i}) + ЗБ$$

Де IP_i – бали, набрані за виконання практичної частини i -го завдання індивідуальної роботи;
 TIP_i – бали, набрані за відповіді на теоретичні питання за тематикою завдань індивідуальної розрахунково-графічної роботи;

KP_i – бали, набрані за відповіді на питання модульної контрольної роботи; сума

балів, набраних за відповіді на питання модульної контрольної роботи;

$K_{РГР}$, $K_{КР}$ – відповідні коригувальні коефіцієнти;

ЗБ – сума заохочувальних балів.

8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконані завдання з початку навчального семестру і до моменту проведення атестації. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконані завдання за інтервал від першої атестації і до моменту проведення другої атестації.

8.4. Критерії оцінювання:

Набрані протягом навчального семестру бали переводяться до залікової оцінки згідно таблиці:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно (виконується залікова робота за умови допуску до заліку)
Невиконані всі завдання РГР, кількість набраних балів за завдання РГР менша за 30	Не допущено

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. У разі, якщо кількість набраних балів складає менше 60 або студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку «Достатньо» або «Задовільно» – виконується залікова робота. При цьому всі набрані бали протягом семестру анулюються і кількість рейтингових балів стає рівною 0. Залікова робота складається з двох теоретичних питань та двох практичних завдань.

Кожне теоретичне питання максимально оцінюється в 20 балів за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – 20 балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 15-19 балів;
- неповна відповідь – 12-14 балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0-12 балів.

Кожне практичне завдання оцінюється максимально в 30 балів з урахуванням співбесіди з викладачем за наступними критеріями:

- повністю правильно виконане завдання – 30 балів;
- завдання виконане з незначними помилками – 23-29 балів;
- завдання виконане зі значними помилками – 18-23 бали;
- завдання не виконане або містить лише кілька виконаних вірних кроків – 0-18 балів.

У разі, якщо студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку «Добре» або «Дуже добре» – проводиться залікова співбесіда з викладачем за матеріалами пройденого курсу, що складається з 5 додаткових базових питань або базових завдань. За результатами співбесіди до рейтингу студента можуть бути додані додаткові бали за кожен вірну відповідь на запитання/кожен вірно виконане завдання. При цьому максимальна кількість балів, що може бути отримана за одне запитання/завдання складає:

$$ЗР = \frac{100 - R}{5}$$

Кожне питання/завдання оцінюється за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – ЗР балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – $0,75 \cdot ЗР \dots 0,95 \cdot ЗР$ балів;
- неповна відповідь – $0,65 \cdot ЗР \dots 0,75 \cdot ЗР$ балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – $0 \dots 0,6 \cdot ЗР$ балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

«Розрахунок анізотропних конструкцій», ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАЛІК

- 1) Основні види механічної анізотропії матеріалів.
- 2) Початкова та деформаційна анізотропія.
- 3) Розтяг стрижня під дією осьової сили та власної ваги.

- 4) Згин балки навантаженням, яке розподілено по лінійному закону. Згин складаної (багатошарової) балки. Згин балки з змінними модулями пружності.
- 5) Деформація клиновидної консолі силою, яка прикладена до вершини.
- 6) Згин клиновидної консолі моментом. Згин клиновидної консолі розподіленим навантаженням.
- 7) Чистий згин кривого бруса з циліндричною анізотропією.
- 8) Згин кривого криволінійно-анізотропного бруса силою, яка прикладена до кінця.
- 9) Згин кривого криволінійно-анізотропного бруса розподіленим навантаженням.
- 10) Розподіл напружень в кільцеподібній пластині з циліндричною анізотропією.
- 11) Розподіл напружень в складеному криволінійно-анізотропному кільці.
- 12) Розподіл напружень в кільці з змінними модулями пружності.
- 13) Основні випадки розподілу напружень в ортотропній пластинці з круговим отвором.
- 14) Знаходження жорсткостей пластинки з модулями пружності, які змінюються по товщині.
- 15) Розрахунок жорсткостей для довільних напрямків.
- 16) . Згин ортотропної прямокутної пластини з опертими сторонами.
- 17) Згин круглої криволінійно-анізотропної пластини симетричним навантаженням.
- 18) Згин пластини з еліптичним отвором, край якого завантажений довільно.
- 19) Чистий згин пластини, яка ослаблена круговим отвором
- 20) Згин пластини з матеріалу з циліндричною анізотропією.
- 21) Стійкість прямокутної ортотропної пластини
- 22) Стійкість прямокутної пластини, дві сторони якої оперті, при стиску в головному напрямку.
- 23) Стійкість прямокутної пластини, яка стиснута в двох напрямках.
- 24) Стійкість прямокутної ортотропної пластини з поздовжніми ребрами при стиску в головному напрямку.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав доцент кафедри ДММ та ОМ, к.т.н. **Бондарець О.А.**,

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 5 від 16 грудня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 5 від 17 грудня 2021 р.)