

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра механіки

Затверджено

на засіданні кафедри механіки
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)



Завідувач кафедри:

 Олександр АНДРЕЙКІВ

Силабус з навчальної дисципліни
“Лабораторії спеціалізації зі статичного та динамічного
тензометрування”,
що викладається в межах першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти для здобувачів з спеціальності
113 – Прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Лабораторії спеціалізації зі статичного та динамічного тензометрування
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 Математика та статистика 113 Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Станкевич Володимир Зенонович, професор кафедри механіки, доктор фізико-математичних наук, доцент
Контактна інформація викладачів	volodymyr.stankevych@lnu.edu.ua https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/stankevych-v-z Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 148. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська, 1. Кафедра механіки, каб. 148.
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/laboratorii-spetsializatsii-zi-statychnoho-ta-dynamichnoho-tenzometruvannia-113-prykladna-matematyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Лабораторії спеціалізації зі статичного та динамічного тензометрування” є вибірковою навчальною дисципліною циклу професійної і практичної підготовки зі спеціальності 113 – Прикладна математика для освітньої програми “Математичне моделювання та комп’ютерна механіка”, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 5-и кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	“Лабораторії спеціалізації зі статичного та динамічного тензометрування” є частиною експериментальної механіки деформівного твердого тіла, в рамках якої розроблено методи експериментального визначення деформацій, напружень, фізичних характеристик матеріалів, частотних параметрів елементів конструкцій. Застосування цих методів на натурних конструкціях та їх моделях, виконаних у певному масштабі, уможливають проведення досліджень напружено-деформованого стану, міцності, витривалості деформівних елементів машин і конструкцій під дією статичних та динамічних навантажень. Вивчення дисципліни розвиває у студентів здатність перевірки адекватності і придатності числово-експериментальної моделі з метою технічної симуляції поведінки реальних конструкцій та оцінки розбіжностей між експериментом і теорією.
Мета та цілі дисципліни	Мета: освоєння студентами теоретичних засад і практичних основ використання електротензометрії стосовно моніторингу і діагностики конструктивних елементів в процесі експлуатації. Цілі: вміння студентів працювати з вимірювальною тензометричною системою; розвиток практичних навичок отримання експериментальних даних про напруження, деформації, переміщення, частотні характеристики, які виникають в елементах конструкцій під дією зовнішніх механічних навантажень; співставлення отриманих даних з відомими розрахунковими параметрами, отриманими аналітичними/

	числовими методами механіки.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стрижало В.О., Бородій М.В. Експериментальні методи в механіці деформівного твердого тіла. Навч. посібник – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 306 с. 2. Богданов В.Л., Жук Я.О., Богданова О.С. Основи експериментальних методів механіки деформівного твердого тіла. – Київ: Академперіодика, 2016. – 280 с. 3. Суранов О.В., Стефанов В.О., Суранов О.О. Основи автоматизації будівельних дорожніх і вантажно-розвантажувальних машин. Част. 1. Вимірювальні перетворювачі. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 146 с . 4. Андрейків О.Є., Штаюра С.Т. Експериментальна механіка матеріалів. Ч. 1 – Львів: В-во ЛНУ, 2003. – 272 с. . 5. Швабюк В.І. Опір матеріалів. Київ: Знання, 2016. – 400 с. 6. Freddi A., Olmi G., Cristofolini L. Experimental Stress Analysis for Materials and Structures. – Springer, 2015. – 509 p. 7. Subhash G., Ridgeway Sh. Mechanics of Materials Laboratory Course. – Morgan & Claypool Publ., 2018. – 228 p. 8. Strain Gage Technology. Student Manual. – 2020. – 88 p.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 150 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 години лекційних та 32 години лабораторних робіт. Самостійної роботи: 86 год.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде знати: вимірювальну тензометричну систему СИТТ-3; методику вимірювання деформацій за допомогою тензодавачів опору; види вимірювальних схем для вимірювання деформацій за допомогою тензодавачів опору; техніку наклеювання тензодавачів; методи розрахунку частот власних коливань складних конструкцій (метод Релея); розрахунок критичних швидкостей простих обертальних систем; методи визначення динамічної втрати стійкості.</p> <p>Вміти: працювати з вимірювальною тензометричною системою СИТТ-3; наклеювати тензодавачі на досліджувані конструктивні елементи; вимірювати деформації за допомогою тензодавачів опору з наступним визначенням напружень довільного елемента конструкції під статичним навантаженням; визначати частоти власних коливань круглих пластин із центральним защемленням; розраховувати моменти інерції тіл і критичні швидкості простих обертальних систем; визначати перехідні характеристики напівпровідникового тензодатчика; проводити комп'ютерну симуляцію для аналізу напружено-деформівного/частотного стану конструктивних елементів.</p> <p>Вивчення курсу сприяє розвитку таких надпрофесійних навичок (soft skills):</p> <ul style="list-style-type: none"> • навички роботи в команді; • навички критичного мислення.
Ключові слова	Тензодавач, деформація, вимірювання, частоти власних коливань, модуль пружності, балка рівного опору, гармоніка, фігури Ліссажу.
Формат курсу	Очний.
Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. Теоретичні засади статичного тензометрування. Теоретичні основи статичного тензометрування. Вступ. Організація і планування проведення експериментальних робіт. Оформлення і перевірка вірогідності результатів дослідження. Техніка безпеки на робочому місці. 2. Електричні вимірювальні прилади. Загальні відомості про електричні

прилади вимірювання неелектричних величин. Основні поняття.

3. Вимірювальна система. Елементи вимірювальної системи. Перетворювачі механічних величин в електричні.

4. Вимірювання характеристик напружено-деформівного стану. Вимірювання деформацій і напружень за допомогою тензодавачів.

5. Кріплення тензодавачів. Клеї для наклеювання тензодавачів. Технологія наклеювання тензодавачів.

6. Тензометричні підсилювачі сигналів. Тензометричні підсилювачі, реєструвальні прилади. Область їх застосування та основні параметри.

7. Лабораторні роботи.

7.1. Вимірювальна тензометрична система СИТТ-3. Вивчення приладів;

7.2. Визначення пружних характеристик ізотропного матеріалу та побудова експериментальних кривих для деформацій на основі досліду на поперечний згин шарнірно опертої консольної балки;

7.3. Тарування тензодавачів на рівномічній балці;

7.4. Визначення пружних характеристик ізотропного матеріалу за допомогою тензодавачів опору на основі досліду поперечного згину рівномічної балки;

7.5. Визначення поперечної сили на основі досліду на поперечний згин балки;

7.6. Визначення напружень в пакеті пластин (ресорі) під час згину;

7.7. Визначення модуля зсуву на основі досліду на кручення;

7.8. Визначення головних напружень в деформованому тілі за допомогою розеток тензодавачів;

7.9. Сумісна дія згину з крученням;

7.10. Визначення напружень в циліндричній оболонці.

8. Теоретичні основи динамічного тензометрування. Загальні відомості про динамічне тензометрування. Вимірювальний тракт, його основні частини. Техніка безпеки під час проведення лабораторних робіт у лабораторії динамічного тензометрування.

9. Класифікація давачів. Види давачів. Поділ давачів за вимірювальними величинами. Механічні давачі. Давачі переміщень, швидкостей, прискорень. Електромеханічні, контактні, реостатні, електродинамічні, електромагнітні, трансформаторні, дросельні, ємнісні, п'єзоелектричні та магнітопружні давачі.

10. Тензодавачі опору, схеми включення.

11. Тензопідсилювачі. Блок-схема тензопідсилювача, його принцип роботи. Промислові типи тензопідсилювачів та тензостанції, їх основні параметри. Операційні підсилювачі, їх основні параметри. Методи компенсації дрейфу.

12. Реєструвальні пристрої. Самописці. Осцилографи: електронні, світлопроменеві, стуменеві, електрографічні, електромеханічні. Електронний осцилограф: блок-схема і принцип роботи. Основні параметри електронного осцилографа. Призначення органів керування і робота з ним. Вимірювання за допомогою електронного осцилографа.

13. Генератори звукових і ультразвукових коливань. Блок-схема і принцип роботи. Органи управління і робота з генератором звукових коливань.

14. Цифрові вимірювальні прилади. Частотоміри. Блок-схеми і робота з частотоміром. Цифрові мультиметри.

15. Автоматична обробка результатів експерименту за допомогою комп'ютера.

16. Лабораторні роботи.

16.1. Тензопідсилювачі ТА-5, 8АНЧ;

	<p>16.2. Електронні осцилографи СІ-54, С9-1, СІ-20;</p> <p>16.3. Генератори звукових і ультразвукових частот ГЗ-33, ГЗ-18, ЗГ-10;</p> <p>16.4. Стробоскоп СШ-2. Частотомір-хронометр цифровий Ф-5041;</p> <p>16.5. Визначення критичних швидкостей обертання вала;</p> <p>16.6. Згинальні коливання круглих пластин із жорстко зацемленим центром. Метод порошкових фігур;</p> <p>16.7. Поздовжні коливання стрижня. Визначення модуля Юнга методом вільних поздовжніх коливань стрижня;</p> <p>16.8. Коливання шарнірно закріпленої балки з вантажем. Застосування методу Релея для розрахунку коливань балок;</p> <p>16.9. Визначення параметрів удару та амплітуди, часу зростання та тривалості імпульсу переміщення торця стрижня Гопкінсона.</p>
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру.
Пререквізити	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теорії пружності та пластичності; – теоретичної механіки; – механіки суцільного середовища; – розділу “електродинаміка” курсу фізики, матеріали спецкурсів “плоска задача теорії пружності” і “механіка руйнування”.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація, експеримент);</p> <p>дедуктивні методи на основі узагальнень;</p> <p>інтерактивні методи (дискусія)</p>
Необхідне обладнання	<p>Тензометрична вимірювальна система СПТ-3, стенди зі статичного тензометрування, тензодавачі з опором 100 Ом, тензопідсилювач ТА-5, електронні осцилографи СІ-54, С9-1, СІ-20, генератори звукових і ультразвукових частот ГЗ-33, ГЗ-18, ЗГ-10, стробоскоп СШ-2, частотомір-хронометр цифровий Ф-5041, стенди з динамічного тензометрування, АЦП.</p> <p>Комп’ютер із загально вживаним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.</p>
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Очікується, що студенти виконають 15 аудиторних лабораторних робіт.</p> <p>Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оцінювання 10 лабораторних робіт по 5 балів: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50; • оцінювання 5 лабораторних робіт по 10 балів: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50; <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні зайняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У</p>

будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані під час поточного контролю. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Оцінювання лабораторної роботи відбувається шляхом її захисту.

Бали оцінювання виконаної та захищеної студентом лабораторної роботи (без комп'ютерної симуляційної складової) нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – робота цілком і повністю виконана згідно вимог, містить правильні висновки і числові/експериментальні результати, ілюстрована відповідними рисунками, які правильно відображають суть виконаного завдання, студент має повне розуміння розглянутої теми, володіє лекційним матеріалом, надає правильні відповіді на запитання по темі;

4 – робота цілком і повністю виконана згідно вимог, містить правильні висновки, але незначні хибні числові/експериментальні результати, ілюстрована відповідними рисунками, які правильно відображають суть виконаного завдання, студент має повне розуміння розглянутої теми, володіє лекційним матеріалом, надає правильні відповіді на запитання по темі;

3 – робота частково виконана згідно вимог, містить допустимі висновки, ілюстрована рисунками, які частково відображають суть виконаного завдання, студент достатньо розуміє суть виконаної ним роботи, наявні неточності числових/експериментальних результатів, незначні помилки у відповідях на запитання по темі;

2 – робота містить загальні формулювання завдання, висновки нечіткі, частково відсутні необхідні рисунки, студент не досить добре розуміє теоретичний матеріал, наявні похибки числових/експериментальних результатів, плутається у відповідях на запитання по темі;

1 – робота не містить формулювання завдання, висновки необґрунтовані/неповні, потрібні рисунки відсутні, студент погано розуміє опрацьований матеріал, в більшості випадків надає хибні відповіді на питання по темі;

0 – робота не виконана/не відповідає темі, студент зовсім не володіє матеріалом.

Бали оцінювання комп'ютерно-симуляційної складової відповідної аудиторної лабораторної роботи нараховуються за наступним принципом:

5 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; коректно задано крайові умови закріплення та навантаження; вірно вибрано матеріал об'єкту, вид розрахунку та скінченно-елементне розбиття геометричної моделі; отримано правильні числові результати, які відображають фізичну суть поведінки досліджуваного об'єкту; студент має повне розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає правильні відповіді на запитання по темі;

4 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту;

	<p>коректно задано крайові умови закріплення та навантаження; похибка у виборі матеріалу об'єкту/виду розрахунку/скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано частково хибні числові результати; студент має повне розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає правильні відповіді на запитання по темі;</p> <p>3 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; частково неправильний вибір крайових умов закріплення та навантаження; коректне задання матеріалу об'єкту, виду розрахунку, скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано частково хибні числові результати; студент має часткове розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає нечіткі відповіді на запитання по темі;</p> <p>2 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; частково неправильний вибір крайових умов закріплення та навантаження; похибка у виборі матеріалу об'єкту/виду розрахунку/скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано хибні числові результати; студент має часткове розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає нечіткі відповіді на запитання по темі;</p> <p>1 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; частково неправильний вибір крайових умов закріплення та навантаження; невірний вибір матеріалу об'єкту/виду розрахунку/скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано хибні числові результати; студент не розуміє процес комп'ютерного моделювання, не дає відповіді на запитання по темі;</p> <p>0 – робота не виконана, студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал.</p>
<p>Питання до лабораторних робіт</p>	<p>Теоретичні основи статичного тензометрування.</p> <p>Організація і планування проведення експериментальних робіт.</p> <p>Оформлення і перевірка вірогідності результатів дослідження.</p> <p>Техніка безпеки на робочому місці.</p> <p>Електричні вимірювальні прилади.</p> <p>Елементи вимірювальної системи.</p> <p>Перетворювачі механічних величин в електричні.</p> <p>Вимірювання деформацій і напружень за допомогою тензодавачів.</p> <p>Клеї для наклеювання тензодавачів.</p> <p>Технологія наклеювання тензодавачів.</p> <p>Тензометричні підсилювачі, їх основні параметри.</p> <p>Вимірювальна тензометрична система СИТТ-3.</p> <p>Тарування тензодавачів на балці рівного опору.</p> <p>Напруження в пакеті пластин (ресорі) під час згину.</p> <p>Визначення модуля зсуву на основі дослідів на кручення.</p> <p>Визначення головних напружень в деформованому тілі за допомогою розеток тензодавачів.</p> <p>Напруження та деформації при сумісній дії згину з крученням.</p> <p>Напруження в циліндричній оболонці.</p> <p>Загальні відомості про динамічне тензометрування.</p> <p>Вимірювальний тракт, його основні частини.</p> <p>Класифікація давачів.</p> <p>Тензодавачі опору, схеми включення.</p> <p>Тензопідсилювачі. Блок-схема тензопідсилювача, його принцип роботи.</p> <p>Реєструвальні пристрої. Самописці.</p> <p>Осцилографи, їх види.</p> <p>Електронний осцилограф, його блок-схема і принцип роботи.</p> <p>Генератори звукових і ультразвукових коливань. Блок-схема і принцип роботи.</p> <p>Цифрові вимірювальні прилади. Частотоміри та їх блок-схеми.</p>

	<p>Критичні швидкості обертання валу. Метод порошкових фігур дослідження згинальних коливань круглих пластин. Визначення модуля Юнга методом вільних поздовжніх коливань стрижня. Метод Релея аналізу коливань балок. Стрижень Гопкінсона.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Лабораторії спеціалізації зі статичного та динамічного тензометрування”
для студентів спеціальності 113 – Прикладна математика**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Тема 1. Теоретичні засади статичного тензометрування. Вступ. Організація і планування проведення експериментальних робіт. Оформлення і перевірка вірогідності результатів дослідження. Техніка безпеки на робочому місці.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
1	Тема 1. Вимірювальна тензометрична система СИТТ-3. Вивчення приладів. Визначення пружних характеристик ізотропного матеріалу та побудова експериментальних кривих для деформацій на основі досліду на поперечний згин консольної балки.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
2	Тема 2. Загальні відомості про електричні прилади вимірювання неелектричних величин. Основні поняття.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
2	Тема 2. Гарування тензодавачів на рівномірній балці. Визначення пружних характеристик ізотропного матеріалу за допомогою тензодавачів опору на основі досліду поперечного згину рівномірної балки.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
3	Тема 3. Основи комп'ютерної симуляції механічних процесів скінченно-елементним числовим методом.	лек.	[1-8]	2	1 тиждень
3	Тема 3. Визначення поперечної сили на основі досліду на поперечний згин балки.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
4	Тема 4. Основи комп'ютерної симуляції механічних процесів скінченно-елементним числовим методом.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
4	Тема 4. Визначення напружень в пакеті пластин (ресорі) під час згину.	лаб.	[1-8]	2	1 тиждень
5	Тема 5. Елементи вимірювальної системи. Перетворювачі механічних величин в електричні.	лек.	[1-8]	2	1 тиждень
5	Тема 5. Визначення модуля зсуву матеріалу валу на основі досліду на кручення.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
6	Тема 6. Вимірювання характеристик напружено-деформованого стану за допомогою тензодавачів.	лек.	[1-8]	2	1 тиждень
6	Тема 6. Визначення головних напружень в деформованому тілі за допомогою розеток	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень

	тензодавачів. Комп'ютерна симуляція аналізу головних напружень і деформацій у тілі.				
7	Тема 7. Клеї для наклеювання тензодавачів. Технологія наклеювання тензодавачів.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
7	Тема 7. Сумісна дія згину з крученням. Комп'ютерна симуляція плоскої рами під сумісним згином з крученням.	лаб.	[1-8]	2	1 тиждень
8	Тема 8. Тензометричні підсилювачі сигналів, реєструвальні прилади. Область їх застосування та основні параметри.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
8	Тема 8. Визначення напружень в циліндричній оболонці. Комп'ютерна симуляція навантаженої циліндричної оболонки.	лаб.	[1-8]	2	1 тиждень
9	Тема 9. Загальні відомості про динамічне тензометрування. Вимірювальний тракт, його основні частини. Техніка безпеки під час проведення лабораторних робіт у лабораторії динамічного тензометрування.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
9	Тема 9. Тензопідсилювачі ТА-5, 8АНЧ. Електронні осцилографи СІ-54, С9-1, СІ-20.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
10	Тема 10. Класифікація давачів. Поділ давачів за вимірювальними величинами. Механічні давачі. Давачі переміщень, швидкостей, прискорень. Електромеханічні, контактні, реостатні. Електродинамічні, електромагнітні, трансформаторні, дросельні, ємнісні, п'єзоелектричні та магнітопружні давачі.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
10	Тема 10. Генератори звукових і ультразвукових частот ГЗ-33, ГЗ-18, ЗГ-10. Стробоскоп СШ-2. Частотомір-хронометр цифровий Ф-5041.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
11	Тема 11. Тензодавачі опору, схеми включення.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
11	Тема 11. Визначення критичних швидкостей обертання валу.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
12	Тема 12. Блок-схема тензопідсилювача, його принцип роботи. Промислові типи тензопідсилювачів та тензостанції, їх основні параметри. Операційні підсилювачі, їх основні параметри. Методи компенсації дрейфу.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
12	Тема 12. Згинальні коли-				

	вання круглих пластин із жорстко заземленим центром. Метод порошкових фігур. Комп'ютерна симуляція вільних коливань кільцевої пластинки.	лаб.	[1-8]	2	1 тиждень
13	Тема 13. Реєструвальні пристрої. Самописці. Осцилографи: електронні, світлопроменеві, струменеві, електрографічні, електромеханічні. Електронний осцилограф: блок-схема і принцип роботи. Основні параметри електронного осцилографа. Призначення органів керування і робота з ним. Вимірювання за допомогою електронного осцилографа.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
13	Тема 13. Поздовжні коливання стрижня. Визначення модуля Юнга методом вільних поздовжніх коливань стрижня.	лаб.	[1-8]	2	1 тиждень
14	Тема 14. Генератори звукових і ультразвукових коливань. Блок-схема і принцип роботи. Органи управління і робота з генератором звукових коливань.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
14	Тема 14. Коливання шарнірно закріпленої балки з вантажем. Застосування методу Релея для розрахунку коливань балок. Комп'ютерна симуляція вільних поперечних коливань балки.	лаб.	[1-8]	2	1 тиждень
15	Тема 15. Цифрові вимірювальні прилади. Частотоміри. Блок-схеми і робота з частотоміром. Цифрові мультиметри.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
15	Тема 15. Визначення параметрів удару та амплітуди, часу зростання та тривалості імпульсу переміщення торця стрижня Гопкінсона.	лаб.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
16	Тема 16. Автоматична обробка результатів експерименту за допомогою комп'ютера.	лек.	[1-4, 6-8]	2	1 тиждень
16	Проведення заліку			2	1 тиждень
Разом:				64	