



Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 – Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/очна (вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 рік навчання, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів/150 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., проф. Сліденко Віктор Михайлович, тел. 098-478-29-45 viktorslidenko@gmail.com Практичні: д.т.н., проф. Сліденко Віктор Михайлович, тел. 098-478-29-45 viktorslidenko@gmail.com Лабораторні: ст. викладач Поліщук Валентина Омелянівна, valemp@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

Програма навчальної дисципліни

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

При вивченні дисципліни розглядаються основні принципи побудови математичних моделей нелінійних динамічних систем на прикладах імпульсних генераторів коливань з урахуванням нелінійних дисипаційних та резонансних характеристик. Дисципліна закладає основи для поглиблення знань за спеціальними предметами та для проведення наукових досліджень в межах виконання завдань, що стоять перед дослідницьким університетом: моделювання нелінійних задач електромеханіки, проведення дослідно-конструкторських робіт при виконанні розрахунково-графічних робіт, та при підготовці курсових і дипломного проектів з застосуванням математичного моделювання, CAD - технологій, інформаційних систем та баз даних, програмного забезпечення, мультимедійних систем та Інтернет технологій, методологій проектування та САПР, а також дисциплін, які передбачають системне дослідження, комп'ютерну обробку даних з циклу дисциплін професійно-практичної підготовки студентів, які вивчаються на старших курсах та аспірантурі.

Мета вивчення дисципліни полягає в формуванні у студентів знань та навичок з розв'язання нелінійних задач та ідентифікації мехатронних систем моделюванням, яке опосередковано через комплексне використання розділів математики, механіки, інформатики та теорії моделювання у їх взаємозв'язку. Такий підхід використовується при поглибленому вивченні спеціальних дисциплін, а надалі - в науковій і виробничій діяльності..

Предметом вивчення дисципліни є розв'язання нелінійних задач та ідентифікація мехатронних систем методами математичного моделювання динаміки мехатронних систем, програмуванням мовами C# та AutoLISP, розробкою проектів в середовищах відповідно Visual Studio C# та AutoCad.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ФК12) здатність забезпечувати моделювання електротехнічних та електромеханічних об'єктів і технологічних процесів виробництва з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів; (ФК15) здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування, системного аналізу та числових методів для розроблення математичних моделей електротехнічних та мехатронних комплексів, аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Уміння: (ПРН6) застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПРН20) застосовувати методи оптимізації при проектуванні електротехнічних та мехатронних систем та комплексів; (ПРН22) створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів електротехнічних та мехатронних систем та проводити їх дослідження на сучасному обладнанні з сучасним програмним забезпеченням.

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

Навчальна дисципліна «Нелінійні задачі та ідентифікація електромеханічних систем» викладається на основі знань та умінь, отриманих студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Обчислювальна техніка та програмування», «Технічна механіка», «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Нелінійні задачі та ідентифікація електромеханічних систем» є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері електромеханіки та при виконанні: «Переддипломної практики» і «Дипломного проектування» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Нелінійні задачі та математичне моделювання мехатронних систем з програмуванням в середовищі Visual Studio C#.

Тема 1.1. Синтез нелінійних задач та математичних моделей мехатронних систем.

Тема 1.2. Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем.

Розділ 2. Математичне моделювання мехатронних систем з програмуванням мовою AutoLISP в середовищі AutoCAD.

Тема 2.1. Елементи програмування мовою ALISP та параметризація об'єктів моделювання.

Тема 2.2. Синтез технічних об'єктів в сучасних системах моделювання та САПР.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Сліденко В.М., Поліщук В.О. Математичне моделювання та ідентифікація електромеханічних систем. Лабораторний практикум: посібник.-К: НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". 2020. – 61с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39196>

2. Сліденко В.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія / В.М. Сліденко, О. М. Сліденко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2017. – 220 с.

3. Левкін Д. А., Бережна Н. Г., Макаров О. А., Кутья О. В. Математичне моделювання технічних систем. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки". Том 32(71). № 1. Ч. 1. 2021. С. 104-108.

<http://dspace.khntusg.com.ua/handle/123456789/17297>

4. Чуйко Г. П. Математичне моделювання систем і процесів : [навчальний посібник] / Г. П. Чуйко, О. В. Дворник, О. М. Яремчук. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 244 с. <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/105/1>

5. Хусаїнов Д. Я., Шатирко А. В. К Основи нелінійної динаміки: Посібник для студентів спеціальності "Прикладна математика". – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2017. – 159 с.

Основи нелінійної динаміки <http://csc.knu.ua > filer > canonical>

6. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання /В.Ю.Щербина, О.С.Сахаров, О.В.Гондлях, В.І.Сівецький. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с.САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP ...https://cpsm.kpi.ua > knigi > Pidruchnuk_AutoLISP

Допоміжна література:

1. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського . – Електронні текстові дані (1 файл: 5,57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.

https://oiep.kpi.ua/downloads/disc/inf_t/posibn_Krav_Myk.pdf

2. Потужна дисипація енергії коливань гірничних машин гетерогенними ліофобними системами/ Єрошенко В.А., Сліденко В.М., Шевчук С.П., Студенець В.П. - К.: НТУУ "КПІ", 2016 -180 с.

3 . Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничних машин / Сліденко В.М., Шевчук С.П., Замарасєва О.В., Лістовщик Л.К. -К.: НТУУ "КПІ", 2013 -179 с.

4. М. С. Свірневський Розробка додатків для продуктів Autodesk: Навчальний посібник. - Хмельницький: ХНУ, 2017. - 316 с.

Розробка додатків для продуктів Autodesk <https://dn.khnu.km.ua >>

4. Вища математика із застосуванням інформаційних технологій: Підручник / В.П. Івашенко, Г.Г. Швачич, В.С. Коноваленков, Т.М.Заборова, В.І. Христян . - Дніпропетровськ, 2013. – 425 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[6]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

При проведенні занять використовується наочний метод у вигляді презентацій. При проведенні практичних та лабораторних – проблемно-пошуковий метод, робота в команді, самостійна робота, робота з літературою.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1-2	Лекція 1. Тема 1.1 Синтез нелінійних задач та математичних моделей мехатронних систем. Вступ. Нелінійні задачі та основні математичні моделі мехатронних систем, а також способи їх формування. Моделі гідроімпульсних систем. Література: [1, 5].

	<p>Лекція 2.Тема 1.1 Синтез нелінійних задач та математичних моделей мехатронних систем. Зведення до еквівалентних основних параметрів динамічної системи: сил, моментів сил, мас та моментів інерції, жорсткостей.</p> <p>Література: [2].</p>
3-4	<p>Лекція 3. Тема 1.1 Синтез нелінійних задач та математичних моделей мехатронних систем. Дисипація енергії в механічній системі. Визначення еквівалентного коефіцієнта дисипації.</p> <p>Література: [1, 3].</p> <p>Лекція 4. Тема 1.1 Синтез нелінійних задач та математичних моделей мехатронних систем. Формування одномасової моделі елемента динамічної системи. Принцип Германа-Даламбера стосовно формування диференціального рівняння руху елемента мехатронної системи. Процес вільних коливань інтегруванням однорідного диференціального рівняння руху елемента. Гармонічні і затухаючі вільні коливання.</p> <p>Література: [2].</p>
5-6	<p>Лекція 5.Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Вимушені коливання. Диференціальне рівняння вимушених коливань та його розв'язок. Графічна інтерпретація перехідного процесу та його аналіз.</p> <p>Література: [3].</p> <p>Лекція 6.Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Дослідження коливань одномасової моделі за умов входження електромеханічної системи в резонанс. Поведінка елемента системи після виконання умов входження в резонанс.</p> <p>Література: [1, 4].</p>
7-8	<p>Лекція 7.Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Основні моделі руху в нелінійних системах, та їх ідентифікація за допомогою фазових відображень.</p> <p>Література: [2, 5].</p> <p>Лекція 8. Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Структура простору станів. Дослідження руху для нелінійних дискретних моделей методом фазових координат. Типові фазові портрети енергетичних станів, які характеризують поведінку динамічної системи.</p> <p>Література: [1,3].</p>
9-10	<p>Лекція 9. Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Імпульсно-хвильова взаємодія в мехатронній системі. Параметри ударної взаємодії на основі залежності контактної сили від контактної деформації для моделі Герца. Енергетична модель удару.</p> <p>Література: [2, 4].</p> <p>Лекція 10. Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Хвильова модель удару Сен-Венана. Хвильова модель удару, яка враховує контактні деформації тіл (модель Сірса) і яка ґрунтується на врахуванні місцевої та загальної деформацій.</p> <p>Література: [2].</p>
11-12	<p>Лекція 11. Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Аналіз хвильового процесу співудару бойка з інструментом. Хвильове рівняння коливань стержня при ударі та його розв'язок методом Фур'є (стоячих хвиль).</p> <p>Література: [2].</p> <p>Лекція 12.Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів мехатронних систем. Математична модель стійкості маніпулятора, як елемента електромеханічної системи. Поняття статичної та динамічної стійкості та вводяться критерії їх оцінки.</p> <p>Література: [1].</p>
13-14	<p>Лекція 13. Тема 2.1 Елементи програмування мовою ALISP та параметризація об'єктів моделювання. Сценарні файли формування інтерфейсу "ALISP - ACAD".</p> <p>Література: [6].</p>

	<p>Лекція 14.Тема 2.1 Елементи програмування мовою ALISP та параметризація об'єктів моделювання. Мови програмування за проблемою "Штучний інтелект". Вступ до програмування мовою AutoLISP. Література: [2, 6].</p>
15-16	<p>Лекція 15.Тема 2.1 Елементи програмування мовою ALISP та параметризація об'єктів моделювання. Поняття "атом" та "список". Структура програми мовою AutoLISP Література: [6]. Лекція 16. Лексика мови AutoLISP. Функції користувача та їх реалізація мовою AutoLISP. Оператори розгалуження та циклу. Конвертація файлів. Література: [4, 6].</p>
17-18	<p>Лекція 17.Тема 2.2 Синтез технічних об'єктів в сучасних системах моделювання та САПР Практичне застосування мови AutoLISP в задачах електромеханіки та мехатроніки. Приклади технічних систем та задач нелінійної динаміки з ідентифікацією застосуванням мови AutoLISP. Література: [1, 6]. Лекція 18. Тема 2.2 Синтез технічних об'єктів в сучасних системах моделювання та САПР. Системи автоматизованого проектування, в яких використовуються сучасні системами моделювання та автоматизації інженерних розрахунків і аналізу САЕ (Computer-aided engineering). Передача даних з CAD-Систем в САМ (Computer-aided manufacturing — система автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів зі ГАВС (Гнучких автоматизованих виробничих систем). Основні положення CALS- технологій. Література: [4,5].</p>

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Параметризація зображення засобами комп'ютерної графіки.
Практичне заняття 2	Побудова параметризованого зображення за допомогою сценарних файлів.
Практичне заняття 3	Параметризація 3D-зображення конструктивної схеми елемента мехатроніки. Паquetний файл демонстрації динаміки розробки елементів конструктивної схеми динамічного виконавчого органу за заданим варіантом.
Практичне заняття 4	Оформлення конструкції елемента мехатроніки з складними розрізами та з урахуванням стандартів ЄСКД
Практичне заняття 5	Синтез модуля САПР засобами мови AutoLISP в AutoCAD.
Практичне заняття 6	Аналіз структури побудованого за варіантом зображення геометричного контуру поперечного перерізу елемента мехатроніки..
Практичне заняття 7	Розробка параметризованої схеми інтерактивного перерізу за варіантом.
Практичне заняття 8	Розробка програми відображення на комп'ютері функціонування модулю САПР мовою AutoLISP.
Практичне заняття 9	Застосування операторів розгалужень та циклу в програмі AutoLISP. Захист робіт.

Лабораторні заняття

Основні завдання лабораторних занять присвячені формуванню компетентностей з дослідження нелінійних характеристик елементів електромеханічних систем.

№ з/п	Завдання, які виносяться на лабораторні заняття
Лабораторне заняття 1	Ідентифікація конструкції елемента мехатронної системи маніпулятора.
Лабораторне заняття 2	Експериментальне визначення параметрів і характеристик елемента мехатронної системи маніпулятора.
Лабораторне заняття 3	Графічні відображення динамічних об'єктів мехатронних систем в Visual Studio C#
Лабораторне заняття 4	Визначення основних параметрів мехатронного модулю та їх ініціалізація
Лабораторне заняття 5	Програмування в Visual Studio C# основних параметрів та реалізація на комп'ютері.
Лабораторне заняття 6	Дослідження коливальних процесів за допомогою діючих комп'ютерних програм та встановлення раціональних діапазонів функціонування мехатронної системи
Лабораторне заняття 7	Дослідження коливань одномасової моделі Кельвіна-Фойхта за умов резонансу з застосуванням програмування в Mathcad.
Лабораторне заняття 8	Дослідження коливань одномасової моделі Кельвіна-Фойхта за умов резонансу з застосуванням програмування в Visual Studio C#
Лабораторне заняття 9	Дослідження резонансних характеристик мехатронної системи. Захист лабораторних робіт

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 44 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

підготовку до іспиту – 30 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так практичного і лабораторного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; протоколи лабораторних робіт, варіанти модульної контрольної роботи; варіанти екзаменаційної контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є

отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль :іспит. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні і лабораторні робіт, а також МКР.

Поточний контроль: завдання в рамках практичного заняття (9 практичних занять × 3 бали = 27 балів), завдання в рамках лабораторного заняття (9 лабораторних занять × 3 бали = 27 балів), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 6 балів).

Завдання в рамках як практичного так і лабораторного заняття оцінюються в 3 бали за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 3 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 2,5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 2 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Відповіді в рамках МКР оцінюються в 6 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 4 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Розрахунок шкали (RC) рейтингу

RC=9*3+9*3+6=60 балів

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, практичне – 10 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Система оцінювання практичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7,5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Шкала рейтингових балів та критерії оцінювання екзамену (RE):

	бали
- повністю правильна відповідь	40...38
- відповідь з незначними помилками	37...30
- відповідь з помилками	29...20
- відповідь не зарахована	19-0

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R=RC+RE=60+40=100$ балів

Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

<i>Рейтингові бали, RD</i>	<i>Оцінка за університетською шкалою</i>
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

Необхідною умовою допуску до екзамену є повне виконання навчального плану, а також попередній рейтинг не менше 39 балів та не менш ніж одна позитивна атестація.

Студенти, які виконують додаткові завдання та проявлять творчу ініціативу отримують заохочувальні бали від 1 до 10.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., д. т. н., проф. Сліденком Віктором Михайловичем

Ухвалено кафедрою АЕМК (протокол № 23 від 14.06.2022)

Погоджено Методичною комісією інституту ІЕЕ (протокол №12 від 24.06.2022)

Додаток до syllabusу з дисципліни (освітнього компонента) “Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем”

Контрольні запитання

1. Навести характерні нелінійні задачі та методи ідентифікації мехатронних систем.
2. Обґрунтуйте реалізацію принципу зведення сил та моментів сил мехатронної системи.
3. Обґрунтуйте методіку зведення мас та моментів інерції мехатронної системи.
4. Системний аналіз та його застосування при проведенні досліджень мехатронної системи.
5. Обґрунтуйте поняття “жорсткості” зв’язку елементів динамічної системи.
6. Модель Гука. Математичне обґрунтування.
7. Обґрунтуйте поняття “дисипація енергії” системи.
8. Ідентифікація конструктивних елементів, які реалізують дисипацію енергії.
9. Модель Ньютона. Математичне обґрунтування.
10. Обґрунтуйте поняття “дисипативний опір” зв’язку елементів електромеханічної системи.
11. Модель Максвелла. Математичне обґрунтування.
12. Модель Кельвіна-Фойхта. Математичне обґрунтування.
13. Метод Даламбера. Математичне обґрунтування та графічна інтерпретація.
14. Принципи побудови одномасової моделі та їх реалізація.
15. Комплексні моделі. Динамічна лінійна та нелінійні системи.
16. Вільні та вимушені коливання. Методика інтегрування рівняння руху одномасової моделі.
17. Обґрунтуйте поняття “частота власних коливань” елементів системи
18. Обґрунтуйте поняття “початкова та поточна фаза” коливань системи.
19. Обґрунтуйте поняття “логарифмічний декремент затухань” .
20. Обґрунтуйте поняття резонанс та критерії виникнення резонансу.
21. Резонансні криві та крива максимумів амплітуд при резонансі.
22. Інтегрування рівняння руху моделі за відсутності дисипативного опору при резонансі.
23. Параметричні коливання та їх моделі.
24. Обґрунтуйте поняття параметричний резонанс.
25. Поняття про фазовий простір.
26. Обґрунтуйте поняття “фазовий портрет” коливальної системи. Математичне обґрунтування.
27. Поняття про сингулярні точки та їх типи.
28. Наведіть приклади типових лінійних та нелінійних моделей електромеханічних систем.
29. Параметри ударної взаємодії на основі залежності контактної сили від контактної деформації для моделі Герца. Енергетична модель удару.
30. Хвильова модель удару Сен-Венана.
31. Математична модель Сірса, яка враховує контактні деформації тілі яка ґрунтується на врахуванні місцевої та загальної деформацій.
32. Хвильове рівняння коливань стержня при ударі та його розв’язок методом Фур’є (стоячих хвиль).
33. Математична модель стійкості маніпулятора, як елемента електромеханічної системи.
34. Обґрунтуйте поняття статичної та динамічної стійкості та критерії їх оцінки.
35. Наведіть основні елементи програмування мовою ALISP.
36. Поняття ”атом” та ”список”. Структура програми мовою AutoLISP
37. Наведіть приклади сучасних систем автоматизованого проектування, моделювання та автоматизації інженерних розрахунків і аналізу CAE (Computer-aided engineering).
38. Як здійснюється передача даних з CAD-Систем в CAM (Computer-aided manufacturing — систему автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів з ГАВС (Гнучких автоматизованих виробничих систем).
39. Наведіть основні положення CALS- технологій.