

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Криворізький національний університет  
Електротехнічний факультет

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості і  
транспорті

**СИЛАБУС**

з обов'язкової навчальної дисципліни

**«Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем»**

для здобувачів третього рівня (доктор філософії) вищої освіти

Галузь знань: 14 – Електрична інженерія

Спеціальність: 141- «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

**Викладачі дисципліни:**

**Титюк Валерій Костянтинович** - професор кафедри електромеханіки,  
доктор технічних наук.

E-mail: tytiuk@knu.edu.ua

Контактний телефон: (+38) (067) 564-11-85.

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості і  
транспорті та кафедра електромеханіки знаходиться у головному корпусі КНУ  
(Кривий Ріг, вул. Віталія Матусевича 11), ауд. 303 та ауд. 218.

## АНОТАЦІЯ

Курс має за мету теоретичну підготовку докторів філософії в царині структурно-параметричної ідентифікації складних електромеханічних систем та їх дослідженню на математичних моделях.

Моделювання на ЕОМ у даний час перетворилося на одну з методологічних основ дослідження складних електромеханічних систем. Особливо значна його роль у тих випадках, коли технологічним процесом або об'єктом керують за допомогою ЕОМ. У зв'язку з цим вивчення методів і проведення математичного моделювання електромеханічних систем і систем електропривода є важливою складовою у підготовці інженерів-електромеханіків. До основних питань дисципліни слід зазначити вивчення принципів моделювання механічних елементів, нелінійностей, електричних машин і систем електропривода, принципів структурно-параметричної ідентифікації електромеханічних систем за експериментальними даними.

**Метою** викладання дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» є:

- поглиблення знань з теорії автоматичного керування, системного аналізу та вищої математики;
- вивчення методології розв'язання задач структурної та параметричної ідентифікації систем;
- вивчення методології побудови естиматорів, спостерігачів та предикторів;
- набуття навиків застосування методів ідентифікації та прикладного програмного забезпечення для ідентифікації електротехнічних систем та їх елементів.

**Завдання вивчення дисципліни** є надбання теоретичних та практичних навичок, які дають змогу самостійно виконувати моделювання та аналіз сучасних електромеханічних об'єктів промисловості, вибору математичного пакету з точки зору отримання адекватної інформації з урахуванням особливостей об'єкту та його математичного опису.

Необхідно навчити здобувача системному підходу до вирішення великого комплексу питань, пов'язаних із математичним моделюванням складних електромеханічних систем, планування виконання та обробки результатів експериментальних досліджень.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,0	Галузь знань <u>14</u> (шифр і назва) <u>Електрична</u> <u>інженерія</u>	Нормативна	
Модулів - 1	Спеціальність 141 ” <u>Електроенергетика,</u> <u>електротехніка та</u> <u>електромеханіка</u> ”	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів - 2		2- й	2- й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>(назва)</u>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин - 120		4 - й	4 - й
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних - 3 самостійної роботи здобувача – 4,5	Ступінь вищої освіти: <u>Доктор філософії</u>	<b>Лекції</b>	
		32 год.	8 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		16 год.	4 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		0 год.	0 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		72 год.	108 год.
<b>Індивідуальні завдання:</b>			
Вид контролю:		екзамен	

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить (%) –

для денної форми навчання – 66,7%;

для заочної форми навчання – 11,1%.

## 2. Місце дисципліни в структурі освітньо-наукової програми

Дисципліна «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» включена як вибіркова компонента у освітньо-наукову програму спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка третього рівня (доктор філософії) вищої освіти.

Основні положення дисципліни повинні бути використані в подальшому при підготовці тексту дисертації, при публікації наукових статей в журналах, доповідей на науково-дослідних конференціях та семінарах а також підготовці грантових заявок для участі в міжнародних проектах.

## 3. Перелік планованих результатів навчання, співвіднесених з планованими результатами освоєння освітньої-наукової програми

Курс має за мету теоретичну підготовку докторів філософії по структурно-параметричній ідентифікації складних електромеханічних систем та їх дослідженню на математичних моделях.

Моделювання на ЕОМ у даний час перетворилося на одну з методологічних основ дослідження складних електромеханічних систем. Особливо значна його роль у тих випадках, коли технологічним процесом або об'єктом керують за допомогою ЕОМ. У зв'язку з цим вивчення методів і проведення математичного моделювання електромеханічних систем і систем електропривода є важливою складовою у підготовці інженерів-електромеханіків. До основних питань дисципліни слід зазначити вивчення принципів моделювання механічних елементів, нелінійностей, електричних машин і систем електропривода.

**Метою** викладання дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» є:

- поглиблення знань з теорії автоматичного керування, системного аналізу та вищої математики;
- вивчення методології розв'язання задач структурної та параметричної ідентифікації систем;
- вивчення методології побудови естиматорів, спостерігачів та предикторів;
- набуття навиків застосування методів ідентифікації та прикладного програмного забезпечення для ідентифікації електротехнічних систем та їх елементів.

Вивчення дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» передбачає засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час у формі самостійної та індивідуальної навчально-дослідної роботи, призначеної формувати практичні навички роботи студентів із спеціальною літературою, орієнтувати їх на інтенсивну роботу,

критичне осмислення здобутих знань і глибоке вивчення теоретичних і практичних проблем для підвищення якості професійної підготовки.

Результати вивчення курсу «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» представляються у формі екзамену.

**Завдання вивчення дисципліни** є надбання теоретичних та практичних навичок, які дають змогу самостійно виконувати моделювання та аналіз сучасних електромеханічних об'єктів промисловості, вибору математичного пакету з точки зору отримання адекватної інформації з урахуванням особливостей об'єкту та його математичного опису.

Необхідно навчити здобувача системному підходу до вирішення великого комплексу питань, пов'язаних із математичним моделюванням складних електромеханічних систем, планування виконання та обробки результатів експериментальних досліджень.

**Дисципліна спрямована на формування наступних результатів навчання:**

**загальні компетентності:**

- **K02.** Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- **K04.** Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- **K05.** Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.
- **K06.** Навички суворого дотримання професійної етики.

**спеціальних компетентностей:**

- **ФК2.** Здатність інтерпретації результатів експериментів та брати участь у дискусіях із досвідченими науковцями стосовно наукового значення та потенційних наслідків отриманих результатів
- **ФК3.** Здатність використання наукового обладнання та технологій, що відносяться до галузі електричної інженерії
- **ФК4.** Здатність виконання оригінальних досліджень в галузі електричної інженерії і досягати наукових результатів, які створюють нові знання, із звертанням особливої уваги до актуальних задач/проблем та використанням новітніх наукових методів.
- **ФК9.** Здатність використання сучасних методів діагностики, контролю та захисту в галузі електричної інженерії.

**та результатів навчання:**

- **ПРН-1.** Знати та розуміти методи наукових досліджень, вміти визначати актуальні напрямки досліджень, виконувати незалежні

оригінальні і придатні для опублікування дослідження у галузі електричної інженерії.

- **ПРН-4.** Вміти та мати навички організувати творчу діяльність, роботу над статтями та доповідями у галузі прикладної електромеханіки, організувати самоперевірку відповідності матеріалів досліджень встановленим вимогам.
- **ПРН-7.** Мати навички спілкування на конференціях, симпозіумах, наукових семінарах з широкою науковою спільнотою та громадськістю з метою обговорення дискусійних питань, результатів досліджень, узгодження дій і спільної роботи.
- **ПРН-8.** Вміти доводити результати своїх досліджень та інновацій до колег, публічно представляти, захищати результати своїх досліджень, обговорювати їх і дискутувати з науково-професійною спільнотою, використовувати сучасні засоби візуальної презентації результатів дослідження.
- **ПРН-12.** Знати та розуміти існуючі технічні засоби і математичні методи, що використовуються при моделюванні нових технологій; засоби і програмне забезпечення комп'ютерного моделювання, методи статистичного аналізу та умови їх використання.
- **ПРН-13.** Знати сучасні методи дослідження нових технологій; вміти налагоджувати та робити виміри необхідних параметрів за допомогою сучасних приладів та обладнання, що використовується під час проведення експериментів.
- **ПРН-14.** Знати основні принципи і методології обробки результатів експерименту і вміти використовувати їх на практиці; обробляти результати експериментів та інтерпретувати їх.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

– **знати:** основні методи структурної та параметричної ідентифікації та оцінювання адекватності ідентифікаційних моделей лінійних та нелінійних систем, основні класи систем та принципів побудови математичних моделей, які застосовують для опису систем.

- **вміти:** вибирати оптимальний метод та модель для розв'язання задачі ідентифікації та оцінювати адекватність отриманої моделі; синтезувати естиматори на основі фільтра Калмана, розширеного фільтра Калмана, теорії розривного керування, а також спостерігач Люенберга та предиктор; використовувати програмні засоби для структурної та параметричної ідентифікації електротехнічних систем та їх складових; здійснювати постановку експерименту та обробку експериментальних даних; аналізувати отримані результати та ефективність використання ідентифікаційної моделі..

## **4. Тематичний план дисципліни**

Змістовий модуль 1 “ Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем – ч. I “ (60 годин/2,0 кредита)

### **Тема 1. Структура і компоненти моделі об'єкта керування**

Цілі та етапи моделювання технологічних об'єктів, зокрема металургійних. Приклади ефективного використання моделей. Склад моделей. Класифікація.

### **Тема 2. Ідентифікація динамічних об'єктів. Основні визначення**

Ідентифікація як етап моделювання. Задачі, принципи та критерії ідентифікації. Структурна і параметрична ідентифікація.

### **Тема 3. Методи ідентифікації динамічних об'єктів**

Методи ідентифікації за перехідними характеристиками із застосуванням імпульсних пробних сигналів. Частотні методи ідентифікації, статистична ідентифікація.

### **Тема 4. Імітаційне статистичне моделювання**

Основні поняття та задачі. Застосування до задач надійності і продуктивності технологічних систем. Структура статистичної моделі.

Генерація випадкових процесів із заданою спектральною щільністю.

Алгоритми обробки результатів статистичного моделювання. Потрібна тривалість моделювання.

### **Тема 5. Фільтрація експериментальних даних**

Частотна фільтрація. Лінійні фільтри. Лінійні та нелінійні фільтри.

### **Тема 6. Постановка та вирішення оптимізаційних задач**

Структура задач оптимізації. Область варіювання параметрів. Цільові функції, їх ієрархія і зв'язок з економічними показниками роботи.

### **Тема 7. Моделювання об'єктів з розподіленими параметрами**

Приклади процесів і агрегатів як об'єктів з розподіленими параметрами (газо – та гідротранспортні системи, бурові верстати, конвеєрне обладнання, термічні процеси електромеханічного обладнання).

Диференціальні рівняння в часткових похідних - моделі об'єктів з розподіленими параметрами. Типи рівнянь і крайові умови щодо технологічних об'єктів.

### **Тема 8. Планування експериментів для ідентифікації об'єктів**

Активні і пасивні експерименти, їхні переваги й недоліки у виробничих умовах. Вимоги до точності вимірювання та реєстрації змінних. Плани активних експериментів. Повний і дробовий факторні експерименти. Обробка результатів експериментів.

Змістовий модуль 2 “ Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем – ч. II (60 годин/2,0 кредита)

**Тема 9. Параметри схеми заміщення машин постійного струму**

Методика визначення параметрів схеми заміщення машин постійного струму за каталожними даними.

**Тема 10. Параметри схеми заміщення асинхронних двигунів**

Методика визначення параметрів схеми заміщення асинхронних двигунів за каталожними даними.

**Тема 11. Визначення параметрів кола змінного струму при полігармонійному живленні**

Методика складання системи рівнянь для визначення параметрів окремих елементів кола змінного струму на прикладі T-подібної схеми заміщення асинхронного двигуна.

**Тема 12. Енергетичний метод визначення параметрів кола змінного струму**

Теорема Телледжена. Методика складання рівнянь балансу миттєвої потужності. Методика складання рівнянь для визначення параметрів окремих елементів кола змінного струму.

**Тема 13. Аналіз стану електромеханічного обладнання промислових підприємств**

Аналіз стану електромеханічних перетворювачів енергії в системах електроприводів. Оцінка стану, моніторинг і діагностика - поняття, цілі та завдання

**Тема 14. Критерії якості перетворення енергії в електромеханічних системах**

Оцінка впливу якості електроенергії на електромеханічне обладнання, обґрунтування критеріїв і показників якості перетворення енергії.

**Тема 15. Методологія моніторингу параметрів асинхронних двигунів**  
Визначення моменту асинхронного двигуна і кутової швидкості асинхронного двигуна.



## Тема 16. Методологія моніторингу параметрів двигунів постійного струму

Визначення параметрів електроприводів постійного струму у разі живлення від тиристорних перетворювачів

### **5. Освітні технології**

Реалізація компетентнісного підходу передбачає широке використання в навчальному процесі здобувачів третього рівня (доктор філософії) вищої освіти традиційних освітніх технологій в поєднанні з активними та інтерактивними формами проведення занять. Питома вага занять, що проводяться в інтерактивних формах, складає не менше 80% аудиторних занять.

В рамках вивчення даної дисципліни використовуються:

- мультимедійні освітні технології: інтерактивні лекції (презентації) з використанням програми MS PowerPoint в поєднанні з анімацією і звуковим супроводом; перегляд відеороликів за окремими пунктами тем занять, використання електронних посібників;

- діалогові технології: організація групових дискусій, використання «мозкового штурму».

#### **Особливості проведення занять для осіб з обмеженими можливостями здоров'я:**

У викладанні дисципліни можуть бути використані наступні адаптивні технології:

– інтернет-технології та дистанційне навчання - для здобувачів з порушеннями опорно-рухового апарату;

– диференційоване навчання, використання допоміжних пристроїв та технології тьюторського супроводу - для людей з вадами зору та слуху.

Підбір та розробку навчальних матеріалів можна надавати в різних формах: для здобувачів з вадами слуху інформацію можна представляти візуально, з порушенням зору - аудіально. Для осіб з вадами зору зображення дрібних об'єктів можна представляти у формі презентацій. Спілкування викладачів зі здобувачами можна здійснювати за допомогою дистанційних технологій (мережі Інтернет, електронної пошти). Вибір місць виконання практичних завдань здійснюється з урахуванням з обмежених можливостей здоров'я того, хто навчається.

## 6. Політика і процедури

При вивченні дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» необхідно дотримуватися таких правил:

1. Не спізнюватися на заняття.
2. Не пропускати заняття без поважної причини, у разі відсутності прошу попередити та опрацювати матеріал самостійно.
3. Згідно з календарним графіком навчального процесу здавати всі види контролю.
4. Брати активну участь в навчальному процесі.
5. Бути терпимими, відкритими, відвертими і доброзичливими до однокурсників та викладачів.

## 7. Порядок оцінювання результатів навчання

Рівень сформованості кожної компетентності на різних етапах її формування в процесі освоєння даної дисципліни оцінюється в ході поточного та підсумкового контролю успішності та представлений різними видами оціночних засобів. Сформованість рівня компетентності не нижче порогового є підставою для допуску аспіранта до проміжної атестації з даної дисципліни.

Сукупний результат визначається як середнє арифметичне значення оцінок за всіма видами поточного контролю. Враховуються також відповіді аспіранта на питання з відповідних видів занять при поточному контролі – співбесіда, групова дискусія.

*Критерії оцінювання співбесіди (усного опитування), розбору конкретних ситуацій:*

- Оцінки «відмінно» заслуговує аспірант, який повно і розгорнуто відповів на питання.
- Оцінки «добре» заслуговує аспірант, який повно відповів на питання.
- Оцінки «задовільно» заслуговує аспірант, який неповно відповів на питання.
- Оцінки «незадовільно» заслуговує аспірант, не відповів на питання.

*Критерії оцінювання групової дискусії, круглого столу:*

- Оцінки «відмінно» заслуговує аспірант, який активно брав участь в обговоренні, коректно і точно ставив питання, повно і розгорнуто відповідав на запитання, сформулював і аргументовано відстоював свою точку зору.
- Оцінки «добре» заслуговує аспірант, який активно брав участь в обговоренні, коректно і точно ставив питання, повно і розгорнуто відповідав на запитання, сформулював свою точку зору.

– Оцінки «задовільно» заслуговує аспірант, який брав участь в обговоренні, відповідав на запитання.

– Оцінки «незадовільно» заслуговує аспірант, який не брав участі в обговоренні, не відповідав на запитання.

### Порядок визначення підсумкової оцінки за семестр

Підсумкова оцінка студента за семестр визначається наступним чином:

$$O_{\text{підсумкова}} = 0,8 * O_{\text{поточна}} + 0,2 * O_{\text{екзамен}}$$

$O_{\text{екзамен}}$  - бальна оцінка за екзаменаційну роботу (у діапазоні від 0 до 100 балів)

Викладач має можливість додати студентові до 10 балів до оцінки за модуль за:

– участь в конкурсі наукових робіт за напрямом «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»;

– підготовку та публікацію тез доповіді або статті за напрямом «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Набрана сума балів переводиться в національну 4-балову та в шкалу за системою ECTS у такий спосіб:

За шкалою ECTS	За національною шкалою	За бальною шкалою викладача
A	Відмінно (зараховано) *	90-100
B	Дуже добре (зараховано) *	80-89
C	Добре (зараховано) *	71-79
D	Задовільно (зараховано) *	61-70
E	Достатньої (зараховано) *	50-60
FX	Незадовільно з можливістю повторного складання (незараховано) *	30-49
F	Незадовільно з обов'язковим повторним курсом (незараховано) *	0-29

## Зразок екзаменаційного білету

Білет № \_\_\_\_\_

- 1.1. Порівняльний аналіз фізичного та математичного моделювання.
- 1.2. Планування експерименту. Центральний рототабельний композиційний план експерименту
- 1.3. Принцип діагностування за спектром вібраційної швидкості та вібраційного прискорення.

### Типові контрольні завдання, що необхідні для оцінки знань, умінь, навичок в процесі освоєння ОНП

#### Змістовий модуль №1

1. Дайте визначення поняття моделі.
2. Сформулюйте вимоги до моделі.
3. Перелічіть методи моделювання.
4. Поясніть термін «фізичне моделювання».
5. Для яких випадків застосовуються фізичні моделі?
6. Поясніть термін «математичне моделювання».
7. Для яких випадків застосовуються математичні моделі?
8. Які види математичних моделей ви знаєте?
9. Назвіть фундаментальні фізичні закони, на яких ґрунтуються математичні моделі.
10. Перелічіть основні етапи математичного моделювання.
11. Що таке сигнал?
12. Як класифікують сигнали?
13. Що таке візуалізація сигналу?
14. Які сигнали називаються аналоговими?
15. Які сигнали називаються дискретними?
16. Яку форму можуть мати періодичні сигнали?
17. З якою метою використовуються дельта-функція і одинична ступінчаста функція?
18. Як математично описуються гармонійні сигнали, дельта-функція і одинична ступінчаста функція?
19. Якими параметрами характеризується послідовність прямокутних імпульсів?
20. Що називається скважністю імпульсного сигналу?
21. Який імпульсний сигнал називається меандром?
22. Як можна подивитися сигнал, який було збережено в текстовому файлі в програмі MatLab?

1. Що називають експресдіагностикою? Укажіть переваги та недоліки експресдіагностики.
2. Як перевіряється справність фазних обмоток електричних машин під час експресдіагностики?
3. Що таке вібраційна діагностика?
4. Назвіть типи обробки вібраційного сигналу.
5. Перелічіть відомі вам методи вібраційної діагностики.
6. Який датчик використовується для вимірювання вібрації? Принцип його роботи.
7. Чому розрахунок СКЗ віброшвидкості проводиться в різних частотних діапазонах?
8. Як несиметрія мережі живлення проявляється у сигналах вібрації?
9. Принцип способу діагностики за спектром струму.
10. Які пошкодження визначаються за способом діагностики за спектром струму?
11. Які датчики використовуються для вимірювання струму? Принципи їх роботи.
12. Як визначаються пошкодження ротора АД і неспіввісність валів двигуна і механічного навантаження за спектральним аналізом струму?
13. Як можуть бути зімітовані пошкодження стрижнів ротора на реальному двигуні під час експериментальних досліджень?

## 8. Література для вивчення дисципліни

№ п/п	Назва підручника (посібника), автор, видавництво, рік видання	Кількість примірників і бібліотеці ЗВО/кафедри
<b>Базова</b>		
1.	Chorny O., Tolochko O., Tytyuk V., Rodkin D., Chekavskiy G. Mathematical models and specifics of numerical calculations of dynamic characteristics of electric drives with induction motors: monograph / Kremenчук: PE Shcherbatykh O.V., 2016.–302 p. [in Ukrainian].	1/1
2.	Математичні методи моделювання : навчальний посібник / О. П. Чорний, В. К. Титюк, Н. М. Істоміна та ін.; заг. ред. О. П. Чорний. – Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2016. – 236 с. : іл.	1/1
3.	Васильков Ю.В., Василькова Н.Н. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: Учеб. пособие. - М.: Финансы и статистика, 1999. – 256 с.	1/0
4.	Моделювання електромеханічних систем: Підручник / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й., Родькін, Г.Ю. Сисюк, А.В.	1/0

	Садовой. – Кременчук, 2001. – 376 с.	
5.	Очков В.Ф. Mathcad 14 для соискателей и инженеров: русская версия. СПб.: BHV, 2009.	0/0
6.	Каширских В.Г. Динамическая идентификация асинхронных электродвигателей: Монография/ГУ КузГТУю _ Кемерово, 2005. – 139 с.	0/0
7.	Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В.. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9. М: ИТ Пресс, 2006, 496с.	0/0
8.	Дьяконов В. . VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование М.: СОЛОН-Пресс, 2004.	0/0
9.	Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007 год, 288 стр.	0/0
10.	Гандер В., Гржебичек И. Решение задач в научных вычислениях с применением Maple и MATLAB. ISBN: 985-6642-06-X. Издательство "Вассамедина" 2005г. 520 с.	1/0
Допоміжна		
11.	Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 636 с.	0/0
12.	Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2007 г. Мягкая обложка, 288 с.	0/0
13.	Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. Москва: Техносфера, 2006. - 616 с.	0/0
14.	Семененко М.. Математическое моделирование в MathCad. Альтекс-А. 2003.	0/0
15.	Бидасюк Ю.М. Mathcad для здобувача. Вильямс, 2006.	0/0
16.	Фриск В. В.. Mathcad. Расчеты и моделирование цепей на ПК. Москва: Солон-Пресс, 2006.	0/0
17.	Охорзин В.А. Прикладная математика в системе MATHCAD Учебное пособие. 3-е изд. СПб.: Лань, 2009, 352с.	0/0
18.	Охорзин В.А. Компьютерное моделирование в системе Mathcad. М.: Финансы и статистика, 2006, 144с.	0/0
19.	Чорний О. П., Титюк В. К. Особливості дослідження моделей систем електроприводу у SIMPOWER SYSTEMS з ключовими елементами. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2013. Вип. 3/2013 (23). С. 33–48.	0/0
20.	Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 636 с.	0/0