

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Кафедра «Сільськогосподарського машинобудування»

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Освітньо-наукова програма "Галузеве машинобудування"
для підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Галузь знань 13 Механічна інженерія

м. Кропивницький – 2021

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до дисципліни
3. Мета і завдання дисципліни
4. Формат дисципліни
5. Результати навчання
6. Обсяг дисципліни
7. Пререквізити
8. Технічне і програмне забезпечення / обладнання
9. Політика курсу
10. Навчально-методична карта дисципліни
11. Система оцінювання та вимоги
12. Рекомендована література

1. Загальна інформація

Назва дисципліни	МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
Рік викладання	2021-2022 навчальний рік
Викладач	Єрємін Павло Миколайович, кандидат технічних наук, ст. викладач, http://mvs.kntu.kr.ua/staff.html
Контактний телефон	(0522)-390-558 – викладацька кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки, к. 235, робочі дні з 8 ³⁰ до 14 ²⁰
E-mail:	p24124@gmail.com
Консультації	<i>Очні консультації</i> згідно розкладу консультацій четвер з 11 ⁵⁰ до 13 ¹⁰ та п'ятниця з 8 ³⁰ до 9 ²⁰ <i>Онлайн консультації</i> за попередньою домовленістю в робочі дні з 8 ³⁰ до 14 ²⁰
Викладач	Амосов Володимир Васильович, кандидат технічних наук, доцент, http://sgm.kntu.kr.ua/STAFF2.html
Контактний телефон	(0522)-390-472 – викладацька кафедри сільськогосподарського машинобудування, робочі дні з 8 ³⁰ до 14 ²⁰
E-mail:	v_vas_a@ukr.net
Консультації	<i>Очні консультації</i> згідно розкладу консультацій Вівторок та Середа з 14 ²⁰ до 15 ³⁰ <i>Онлайн консультації</i> за попередньою домовленістю в робочі дні з 8 ³⁰ до 14 ²⁰

2. Анотація до дисципліни

Дисципліна «Моделювання технічних систем» є базовою для формування у спеціаліста творчого потенціалу, необхідного для самостійного моделювання технічних систем, що в кінцевому рахунку забезпечує підвищення якості проектування і техніко-економічних показників проектного устаткування, зменшення матеріальних витрат і трудомісткості створення фізичних моделей. Моделювання – важливий метод наукового дослідження, який потребує ґрунтовної математичної підготовки, розуміння фізичної суті процесів, які відбуваються у технічних системах, машинах, вузлах і деталях. Водночас, кожна задача створення моделі складного технологічного об'єкта є унікальною і вимагає творчого нестандартного підходу. Головна увага зосереджена на процесах, які є спільними для різних видів машин, що включає спеціальність «Галузеве машинобудування», та математичних методах і універсальних прикладних програмах для їх реалізації.

3. Мета і завдання дисципліни

Метою даної дисципліни є знайомство з основними принципами моделювання технічних систем, а також побудова статичних і динамічних моделей з використанням сучасних програмних засобів. Вивчення основ моделювання технічних систем дозволить сформувати в студентів необхідний обсяг спеціальних знань в області методів моделювання та аналізу систем.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є:

- надати уявлення про загальні принципи складання моделей процесів і систем у машинобудуванні;
- опанування основними прийомами оптимізації технологічних процесів з використанням математичних моделей;
- опанування методики аналізу та оцінки технічних процесів і систем з використанням математичних моделей;
- навчити навикам будувати математичні моделі технічних процесів і систем.

4. Формат дисципліни

Для денної форми навчання:

Викладання курсу передбачає для засвоєння дисципліни традиційні лекційні заняття із застосуванням електронних презентацій, поєднуючи із практичними роботами.

Формат *очний* (Face to face) та *змішаний* (blended) - курс, що має супровід в системі Moodle

Для заочної форми навчання:

Під час сесії формат очний (Face to face), у міжсесійний період – дистанційний (online).

5. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути наступні компетентності:

загальні:

- 1 - Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- 2 - Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- 3 - Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- 4 - Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- 5 - Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

фахові (special-skills):

- 1 - Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.
- 2 - Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії.
- 3 - Здатність розробляти і реалізовувати плани й проекти у сфері галузевого машинобудування та дотичних видів діяльності, здійснювати відповідну підприємницьку діяльність.

Програмні результати вивчення дисципліни:

- 1 - Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.
- 2 - Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.
- 3 - Знати і розуміти процеси галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання.
- 4 - Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.
- 5 - Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

6. Обсяг дисципліни

Ознака дисципліни, вид заняття	Кількість годин
Рекомендації щодо семестру вивчення	3 семестр
Кількість кредитів / годин	4 / 120
Кількість змістових модулів	2
Нормативна / вибіркова	Нормативна
лекції	28
практичні	14
самостійна робота	78
Вид підсумкового контролю:	екзамен

7. Пререквізити

Враховуючи послідовність накопичення знань та інформації, дисципліна вивчається після викладання наступних дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Проектування машин та обладнання», «Постановка та рішення наукових проблем в машинобудуванні». Ефективність засвоєння змісту дисципліни значно підвищиться, якщо здобувач попередньо опанував матеріал таких дисциплін як: «Деталі машин», «Теорія механізмів і машин», «Опір матеріалів», «Теоретична механіка».

8. Технічне і програмне забезпечення / обладнання

Для викладання дисципліни застосовуються: мультимедійні засоби, персональні комп'ютери, локальна комп'ютерна мережа, вільний доступ до Інтернету.

9. Політика дисципліни

Академічна доброчесність:

Очікується, що студенти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення.

Відвідування занять

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лекції і практичні заняття курсу.

Пропущені заняття повинні бути відпрацьовані не пізніше, ніж за тиждень до залікової сесії.

Поведінка на заняттях

Недопустимість: запізень на заняття, списування та плагіат, несвоєчасне виконання поставленого завдання.

При організації освітнього процесу в Центральукраїнському національному технічному університеті студенти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу в ЦНТУ; Положення про дотримання академічної доброчесності НПП та здобувачами вищої освіти <http://www.kntu.kr.ua/?view=univer&id=4>.

10. Навчально-методична карта дисципліни

Тиждень, дата, академічні години	Тема, основні питання	Форма діяльності (заняття) /формат	Матеріали	Література, інформаційні ресурси	Завдання, години	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль I. Системний підхід до дослідження та моделювання робочих процесів машин.							
Тиж. 1 (за розкладом) 2 год.	Тема 1. Основні поняття теорії систем. Роль моделювання у проектуванні технічних систем. Поняття «система» і «технічна система». Властивості систем. Характеристики технічних систем.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 3-9 2, С. 5-9	Самостійно опрацювати матеріал: Системний підхід до проектування. Покроковий розвиток системи. Рівні складності технічної системи. 1 год.	1 бал	Самостійна робота до 2 тижня
Тиж. 2 (за розкладом) 2 год.	Тема 4. Побудова аналітичної математичної моделі руху точки	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 4-6 2, С. 131-135 6, С. 3-5	Складання розрахункової схеми сил, які діють на тверде тіло. 8 год.	2,5 бали	Самостійна робота до 3 тижня
Тиж. 2 (за розкладом) 2 год.	Тема 2. Теорія побудови моделей (ТПМ). Поняття моделі і моделювання. Умови існування моделі. Основи теорії побудови моделей. Основні етапи побудови моделі. Структура моделі. Способи реалізації етапів моделювання.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 12-21 2, С. 9-18 3, С. 7-15, 22-24 4, С. 12-17 5, С. 11-19	Самостійно опрацювати матеріал : Модель як структура для збереження знань. Умови переходу від оригіналу до моделі. 1 год.	2 бали	Самостійна робота до 3 тижня
Тиж. 3 (за розкладом) 2 год.	Тема 3. Способи представлення моделей. Представлення моделей. Види відносин у системі. Структурні і функціональні моделі. Представлення властивостей і зв'язків у структурних моделях. Способи представлення властивостей об'єктів у функціональних моделях. Форми представлення математичних моделей.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 25-33 2, С. 21-23 3, С. 19-21 5, С. 19-23	Самостійно опрацювати матеріал: Типові підсистеми, з яких складається машина. Машинні агрегати. Поняття деталі, складальної одиниці та комплексу. Структурна схема алгоритму моделювання. Модель технологічного процесу. 2,5 год.	2 бали	Самостійна робота до 4 тижня
Тиж. 4 (за розкладом) 2 год.	Тема 4. Методи дослідження ТС та види моделей і моделювання. Методи емпіричного дослідження ТС під час побудови моделей. Процедури, що використовуються на емпіричному і теоретичному рівнях пізнання. Методи теоретичного дослідження. Ідеальні моделі.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С.34-39 2, С. 23-27, 49-51 3, С.63-67 4, С. 309-315 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: Матеріальні моделі. Побудова еквівалентної схеми механічної підсистеми. ММ гідравлічного привода. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 5 тижня
Тиж. 4 (за розкладом) 2 год.	Тема 5. Чисельний розв'язок диференційного рівняння	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 7-14 3, С. 132-134 6, С. 6-10	По варіанту завдань чисельно розв'язати ЗДР. 8 год.	2,5 бали	Самостійна робота до 5 тижня

Тиждень, дата, академічні години	Тема, основні питання	Форма діяльності (заняття) /формат	Матеріали	Література, інформаційні ресурси	Завдання, години	Вага оцінки	Термін виконання
Тиж. 5 (за розкладом) 2 год.	Тема 5. Математичні моделі і моделювання. Створення математичної моделі. Методи побудови математичних моделей. Характеристики математичних моделей.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 40-48 2, С. 23-28 3, С.10-22 4, С. 18-35 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: Вимоги до характеристик математичних моделей. Числові математичні методи аналізу моделей. 2,5 год.	2 бали	Самостійна робота до 6 тижня
Тиж. 6 (за розкладом) 2 год.	Тема 6. Класифікація математичних моделей. Методи отримання математичних моделей елементів. Переваги математичного моделювання.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 48-53 2, С. 52-60 4, С. 36-39 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: Лінійні та нелінійні моделі. Динамічні моделі. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 7 тижня
Тиж. 6 (за розкладом) 2 год.	Тема 8. Графічний розв'язок задачі лінійного програмування	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	6, С. 11-19	По варіанту завдань графічно розв'язати задачу ЛП. 8 год.	2,5 бали	Самостійна робота до 7 тижня
Тиж. 7 (за розкладом) 2 год.	Тема 7. Основи теорії графів Представлення ММ у вигляді графів. Основи побудови графів. Дерева графів. Представлення графічної інформації в аналітичному вигляді. Переваги графічного представлення інформації.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 54-60 4, С. 182-185 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: Використання теорії графів. Сітьовий графік. 1 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 8 тижня
Тиж. 7	Змістовий контроль № 1	Тест	Тест	Тестові завдання	Виконати тестове завдання 2 год.	10 балів	Тиж. 7
Максимальна кількість балів за змістовим модулем I						30 балів	
Змістовий модуль II. Принципи та методи удосконалення технічних систем							
Тиж. 8 (за розкладом) 2 год.	Тема 8. Основні принципи побудови моделей детермінованих систем. Постановка задачі моделювання детермінованих систем. Компонентні і топологічні рівняння.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 75-76 2, С. 27-31 4, С. 49-58 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: Топологічні рівняння механічних підсистем. 1 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 9 тижня
Тиж. 8 (за розкладом) 2 год.	Тема 4. Розв'язок задачі лінійного програмування у системі Mathcad	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 4-6 2, С. 94-97 6, С. 20-21	По варіанту завдань розв'язати задачу ЛП у системі Mathcad. 8 год.	2 бали	Самостійна робота до 9 тижня
Тиж. 9 (за розкладом) 2 год.	Тема 8. Основні принципи побудови моделей детермінованих систем. Основні фізичні підсистеми і їх компонентні рівняння.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 76-84	Самостійно опрацювати матеріал: Детерміновані та стохастичні системи. Абстрагування об'єкта моделювання. 2 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 10 тижня
Тиж. 10 (за розкладом) 2 год.	Тема 9. Математичне моделювання ТС на мікрорівні. Крайові задачі і умови при проектуванні ТС на	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 103-113 4, С. 43-49 5, С. 86-116	Самостійно опрацювати матеріал: Методи інженерно-фізичного моделювання.	2 бали	Самостійна робота до 10 тижня

Тиждень, дата, академічні години	Тема, основні питання	Форма діяльності (заняття) /формат	Матеріали	Література, інформаційні ресурси	Завдання, години	Вага оцінки	Термін виконання
год.	мікрорівні. Алгоритм методу сіток. Метод кінцевих елементів (МКЕ). Метод кінцевих різниць (МКР). Методи побудови моделей на мікрорівні на основі інтегральних рівнянь.				Види кінцевих елементів. Загальна схема комп'ютерної реалізації МКЕ. 2,5 год.		
Тиж. 10 (за розкладом) 2 год.	Тема 10. Постановка та аналітичний розв'язок задач оптимізації	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 25-28 6, С. 22-27	По варіанту завдань аналітично розв'язати задачу оптимізації 8 год.	2 бали	Самостійна робота до 11 тижня
Тиж. 11 (за розкладом) 2 год.	Тема 10. Методи оптимізації. Оптимізація. Аналітичні та чисельні методи оптимізації. Математичне програмування. Лінійне програмування (ЛП). Методи розв'язку задач ЛП.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 4-6 2, С. 42-47 4, С. 224-269 5, С. 116-125	Самостійно опрацювати: Локальні екстремуми функції. Методи оптимізації параметрів ММ. 1 год.	2 бали	Самостійна робота до 12 тижня
Тиж. 12 (за розкладом) 2 год.	Тема 11. Статистичні моделі. Експериментально-статистичні методи математичного моделювання. Планування експерименту. Імітаційне моделювання. ММ систем масового обслуговування.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 138-147 3, С. 88-96 5, С. 41-59	Самостійно опрацювати: Области використання імітаційного моделювання. Інструментальне середовище моделювання GPSS. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 12 тижня
Тиж. 12 (за розкладом) 2 год.	Тема 10. Розв'язок задач оптимізації з використанням системи Mathcad.	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	2, С. 19-35 3, С. 97-134 6, С. 28-29	По варіанту завдань розв'язати задачу оптимізації з використанням системи Mathcad. 8 год.	2 бали	Самостійна робота до 13 тижня
Тиж. 13 (за розкладом) 2 год.	Тема 12. Програмне забезпечення. Програмне забезпечення математичного моделювання. Програмні засоби імітаційного моделювання.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 19-35 3, С. 97-206 5, С. 75-82	Самостійно опрацювати: Табличний процесор Microsoft Excel. Інтегрована система STATISTICA Система Mathcad. 2,5 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 14 тижня
Тиж. 13 (за розкладом) 2 год.	Тема 12. Програмне забезпечення. Автоматизовані інструментальні середовища моделювання. Віртуальна реальність і віртуальна інженерія.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 30-55 2, С. 99-130 5, С. 78-82, 236-255	Самостійно опрацювати: Система SIMULINK. Комплекс Solidworks 2 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 14 тижня
Тиж. 14 (за розкладом) 2 год.	Тема 12. 3D-моделі.	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 36-43 5, С. 168-185 6, С. 30-34	Згідно завданню вибрати найбільш наочний спосіб графічного представлення 3D-моделі. 1 год.	2 бали	Самостійна робота до 14 тижня
Тиж. 14	Змістовий контроль № 2	Тест	Тест	Тестові завдання	Виконати тестове завдання 2 год.	10 балів	Тиж. 14
Максимальна кількість балів за змістовим модулем II						30 балів	

11. Система оцінювання та вимоги

Види контролю: поточний, рубіжний, підсумковий.

Методи контролю: спостереження за навчальною діяльністю студентів, усне опитування, письмовий контроль, тестовий контроль.

Форма підсумкового контролю: екзамен.

Контроль знань і умінь здобувачів вищої освіти (поточний і підсумковий) з дисципліни «Моделювання технічних систем» здійснюється згідно з кредитною трансферно-накопичувальною системою організації навчального процесу. Рейтинг здобувачів вищої освіти із засвоєння дисципліни визначається за 100 бальною шкалою. Він складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 60 балів, і рейтингу з атестації (екзамен) – 40 балів.

Критерії оцінювання. Еквівалент оцінки в балах для кожної окремої теми може бути різний, загальну суму балів за тему визначено в навчально-методичній карті. Розподіл балів між видами занять (лекції, практичні заняття, самостійна робота) можливий шляхом спільного прийняття рішення викладача і здобувачів вищої освіти на першому занятті.

Розподіл балів, які отримують студенти при вивченні дисципліни «Моделювання технічних систем»

Поточний контроль та самостійна робота																									
Змістовий модуль 1											Змістовий модуль 2											Екзамен	Сума		
T1	T4	T2	T3	T4	T5	T5	T6	T8	T7	ЗК1	T8	T4	T8	T9	T10	T10	T11	T10	T12	T12	T12	ЗК2			
1	2,5	2	2	2	2,5	2	2	2,5	1,5	10	1,5	2	1,5	2	2	2	2	2	1,5	1,5	2	10	40	100	

Примітка: T1, T2, ..., T12 – тема програми, ЗК1, ЗК2 – підсумковий змістовий контроль

Шкала оцінювання

Оцінка за шкалою ЄКТС	Визначення	Оцінка		
		За національною системою (екзамен, диф. залік, курс. проект, курс. робота, практика)	За національною системою (залік)	За системою ЦНТУ
A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	Зараховано	90-100
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	Зараховано	82-89
C	ДОБРЕ – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок			74-81
D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	Зараховано	64-73
E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії			60-63
FХ	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно попрацювати перед тим, як перескласти	2 (незадовільно)	Незараховано	35-59
F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота			1-34

Знання здобувачів вищої освіти оцінюється при проведенні екзаменаційного контролю як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими критеріями:

– "відмінно" – здобувач вищої освіти досконало засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповіді, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– "добре" – здобувач вищої освіти добре засвоїв теоретичний матеріал, аргументовано викладає його, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного матеріалу;

– "задовільно" – здобувач вищої освіти, в основному, володіє теоретичними знаннями з навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– "незадовільно" – здобувач вищої освіти не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані.

12. Рекомендована література

Базова

1. Гліненко Л. К. Сухоносів О. Г. Основи моделювання технічних систем : навч. посібник.– Львів : Бескид Біт, 2003. – 176с. URL: <https://www.twirpx.com/file/321840/>
2. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки : підручник. – Житомир : ЖІТІ, 2001. - 612 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/1237307/>
3. Федунець А.Д. Математичне моделювання з використанням комп'ютерної техніки. – Кіровоград : "Реклама", 2000. 212 с.
4. Математическое моделирование процессов в машиностроении : учеб, пособие / А.Ю. Крюков, Б.Ф. Потапов. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 322 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/495679/>
5. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении : учеб. для студ. высш. учеб, заведений. – Волгоград : Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. – 640 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/461139/>
6. Моделювання технічних систем : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 133 – "Галузеве машинобудування" освітньо-наукова програма "Галузеве машинобудування" / [уклад. : В. В. Амосов, І. М. Осипов] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 36 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10642>

Допоміжна

1. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) : навч. посібник. – Львів : Світ, 2001. – 232 с.
2. Введение в математическое моделирование : учеб. пособие. / Под ред. П. В. Трусова. М. : Логос, 2005. – 440с.
3. Авдеев О.Н., Мотайленко Л.В. Моделирование систем : учебное пособие. СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001.
4. Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун. – М. : Мир, 1979

Інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua> .
2. <https://essuir.sumdu.edu.ua/> .
3. <http://dspace.kntu.kr.ua/> .
4. <http://moodle.kntu.kr.ua/my/> .
5. <https://books.google.com.ua/> .
6. <https://www.twirpx.com/files/science/machinery/kto/mmethods/>
7. https://www.twirpx.com/files/science/interdisciplinary/natural_exact/modelling/