

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

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	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
Рік викладання	2021-2022 навчальний рік
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 (Viber 098-06-08-725)

2. Анотація до дисципліни

Математичне моделювання – важливий метод наукового дослідження, який потребує ґрунтовної математичної підготовки, розуміння фізичної суті процесів, які відбуваються у технічних системах, сільськогосподарських машинах, вузлах і деталях. Водночас, кожна задача створення моделі складного технологічного об'єкта є унікальною і вимагає творчого нестандартного підходу. Тому головною метою дисципліни «Математичне моделювання сільськогосподарських машин» є дати досліднику можливість зорієнтуватись у різноманітті сучасних методів математичного моделювання складних процесів, що відбуваються у машинах. 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. Конкретні підходи до розв'язку задач розглянуто на прикладах зі спеціалізації «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» з вказівками на можливість їх міждисциплінарного використання.

3. Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни – формування професійних вмінь, знань методики та методології використання і розробки моделей сільськогосподарських машин та процесів.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є:

- надати уявлення про загальні принципи складання моделей сільськогосподарських машин;
- опанування основними прийомами оптимізації технологічних процесів з використанням математичних моделей;
- опанування методики аналізу та оцінки сільськогосподарських машин з використанням математичних моделей;
- навчити навикам будувати прості математичні моделі сільськогосподарських машин.

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:

соціальні навички (soft-skills):

- 1 – здатність до використання основних положень і методів соціальних, гуманітарних і економічних наук при вирішенні соціальних і професійних задач, здатність аналізувати соціально значущі проблеми і процеси;
- 2 – здатність розв'язувати комплексні задачі та практичні проблеми у галузі професійної діяльності в невизначених умовах;
- 3 – здатність до саморозвитку і самовдосконалення протягом життя, відповідальність за навчання інших.

загальні:

- 1 – Здатність працювати в команді.
- 2 – Здатність і готовність формувати гідне ставлення до надбань національної культури і виробництва, проявляти толерантність до інших норм та цінностей, дотримуватись етичних цінностей при тлумаченні та розповсюдженні інформації.
- 3 – Здатність шляхом самостійного навчання освоїти нові області, використовуючи здобуті знання в галузі сільськогосподарського машинобудування.

фахові (special-skills):

- 1 – Організаційна - здатність і готовність розробляти системи заходів для забезпечення належного рівня інформаційного забезпечення підрозділів підприємств про сучасний стан та розвиток машин і технологій у галузі сільськогосподарського машинобудування.
- 2 – Комунікаційна - уміння спілкуватися на професійні теми рідною та іноземними мовами, доносити результати аналітичних досліджень непідготовленим слухачам.

Програмні результати вивчення дисципліни:

- 1 – Вміння та навички організовувати творчу діяльність та процес проведення наукових досліджень.
- 2 – Вміння та навички планувати та управляти часом підготовки матеріалів дослідження.
- 3 – Вміння та навички створювати нові знання через оригінальні дослідження, якість яких може бути визнана на національному та міжнародному рівнях. Вміння та навички брати участь у наукових дискусіях на міжнародному рівні, відстоювати свою власну позицію на конференціях, семінарах та форумах.
- 4 – Вміння та навички брати участь у критичному діалозі. Вміння та навички зацікавити результатами дослідження.
- 5 – Вміння та навички кваліфіковано і обґрунтовано використовувати фахові знання для розв'язування галузевих задач.

1. Обсяг дисципліни

Ознака дисципліни, вид заняття	Кількість годин
Рекомендації щодо семестру вивчення	2 семестр
Кількість кредитів / годин	4 / 120
Кількість змістових модулів	2
Нормативна / вибіркова	вибіркова
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, програмне забезпечення КОМПАС, PTC Mathcad.

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: запізнь 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 сільськогосподарських машин.							
Тиж. 1 (за розкладом) 2 год.	Тема 1. Основи математичного моделювання. Роль моделей і моделювання у розв'язанні задач дослідження, проектування, експлуатації та керування с.-г. машинами. Поняття моделі, математичної моделі (ММ), математичного моделювання.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 7-24 2, С. 16-17 3, С.12-13, 36-44 4, С. 12-15, 18-21 5, С. 11-12 6, С. 5-7	Самостійно опрацювати матеріал: Використання ММ у машині за темою курсового проекту. 2 год.	1 бал	Самостійна робота до 2 тижня
Тиж. 2 (за розкладом) 2 год.	Тема 1. Використання готових ММ СГМ	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 97-134 3, С. 47-53 8, С. 3-6	По варіанту завдань запропонувати скористатися ММ процесу, користуючись бібліотекою «шпаргалок». 2 год.	2,5 бали	Самостійна робота до 3 тижня
Тиж. 2 (за розкладом) 2 год.	Тема 2. Класифікація ММ сільськогосподарських машин (СГМ). Класифікація ММ сільськогосподарських машин, області їх використання.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 17-19, 22-23 3, С. 36-39, 48-53 4, С. 16-17, 36-39 5, С. 13-22 6, С. 7-12	Самостійно опрацювати матеріал: Аналітичні моделі робочих органів СГМ. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 3 тижня
Тиж. 3 (за розкладом) 2 год.	Тема 2. Класифікація ММ сільськогосподарських машин (СГМ). Рівні моделювання СГМ. Вибір типу ММ СГМ та процесу.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 16-33 3, С. 49-52 4, С. 43-59 5, С. 116-122	Самостійно опрацювати матеріал: ММ мікрорівня. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 4 тижня
Тиж. 4 (за розкладом) 2 год.	Тема 3. Побудова детермінованих ММ СГМ. Динамічні моделі СГМ та агрегатів. ММ руху частки по шорстких поверхнях	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 22-23, 27-35 3, С.7-18, 33-40 4, С. 12-16, 48-52 5, С. 123-195 6, С. 12-14, 65-68	Самостійно опрацювати матеріал: Динамічна модель руху націпної СГМ. 3 год.	2 бали	Самостійна робота до 5 тижня
Тиж. 4 (за розкладом) 2 год.	Тема 2. ММ руху часток по шорстким поверхням	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	2, С. 164-173 4, С. 19-20 8, С. 7-12	По варіанту завдань запропонувати скласти ММ руху частки по шорсткій поверхні. 20 год.	2,5 бали	Самостійна робота до 5 тижня
Тиж. 5 (за розкладом) 2 год.	Тема 3. Побудова детермінованих ММ СГМ. Приклади побудови ММ. ММ механізмів. ММ руху потоку рідини та газу. ММ тепломасообміну.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 82-86 4, С. 34-44 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: ММ теплопередачі та її використання. 3 год.	2 бали	Самостійна робота до 6 тижня
Тиж. 6 (за розкладом) 2 год.	Тема 4. Побудова стохастичних ММ СГМ. Генератори випадкових чисел. Створення ймовірнісної ММ.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 103-132 5, С. 123-195 6, С. 14-20	Самостійно опрацювати матеріал: Закони розподілу випадкових чисел. 3 год.	2 бали	Самостійна робота до 7 тижня

Тиждень, дата, академічні години	Тема, основні питання	Форма діяльності (заняття) /формат	Матеріали	Література, інформаційні ресурси	Завдання, години	Вага оцінки	Термін виконання
Тиж. 6 (за розкладом) 2 год.	Тема 3. ММ сушіння зерна	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	8, С. 13-16	По варіанту завдань ввести вихідні дані та провести розрахунок ММ сушіння зерна 2 год.	2,5 бали	Самостійна робота до 7 тижня
Тиж. 7 (за розкладом) 2 год.	Тема 4. Побудова стохастичних ММ СГМ. Метод Монте-Карло. ММ системи масового обслуговування.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	2, С. 86-92 5, С. 123-195	Самостійно опрацювати матеріал: Види систем масового обслуговування. Визначення оптимальних параметрів СМО. 2 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 5. Методи оптимізації. Методи оптимізації параметрів СГМ.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	4, С. 224-229, 236-244 5, С. 116-124	Самостійно опрацювати матеріал: Оптимізація прямим диференціюванням. 2 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 9 тижня
Тиж. 8 (за розкладом) 2 год.	Тема 4. Моделювання системи роздачі кормів мобільними кормороздавачами	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	2, С. 135-149 4, С. 28-30 8, С. 23-26	По варіанту завдань ввести вихідні дані та провести розрахунок ММ системи завантаження, транспортування та роздавання кормів мобільними кормороздавачами. 20 год.	2 бали	Самостійна робота до 9 тижня
Тиж. 9 (за розкладом) 2 год.	Тема 5. Методи оптимізації. Задача найшвидшого спуску. Приклади побудови ММ та розв'язку задач ЛП.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 24-29 2, С. 129-149 4, С. 239-241, 259-269	Самостійно опрацювати матеріал: Чисельні методи оптимізації. 3 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 10 тижня
Тиж. 10 (за розкладом) 2 год.	Тема 5. Методи оптимізації. Задача розподілу ресурсів.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 33-41 2, С. 129-149	Самостійно опрацювати матеріал: Створення ММ задачі лінійного програмування та її розв'язок. ММ транспортної задачі. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 10 тижня
Тиж. 10 (за розкладом) 2 год.	Тема 5. Задача лінійного програмування	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	1, С. 45-51 4, С. 259-269 5, С. 7-11 8, С. 17-22	По варіанту завдань скласти ММ задачі лінійного програмування та розв'язати її. 20 год.	2 бали	Самостійна робота до 11 тижня
Тиж. 11 (за розкладом) 2 год.	Тема 6. Статистичні моделі. Імітаційні моделі.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	4, С.55-61 5, С. 192-195	Самостійно опрацювати: Етапи обчислювального експерименту. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 12 тижня

Тиждень, дата, академічні години	Тема, основні питання	Форма діяльності (заняття) /формат	Матеріали	Література, інформаційні ресурси	Завдання, години	Вага оцінки	Термін виконання
Тиж. 12 (за розкладом) 2 год.	Тема 6. Статистичні моделі. Експериментально-статистичні методи математичного моделювання.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 63-78 2, С. 166-188 4, С.309-316 5, С. 13-20	Самостійно опрацювати: Регресійний аналіз. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 12 тижня
Тиж. 12 (за розкладом) 2 год.	Тема 6. Статистичні моделі. Створення ймовірнісної ММ сівби насіння висівним апаратом точного висіву.	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	5, С. 20-25, 29-95 8, С. 27-32	По варіанту завдань визначити якість розподілу насіння в рядку на основі експериментальних даних. 2 год.	2 бали	Самостійна робота до 13 тижня
Тиж. 13 (за розкладом) 2 год.	Тема 6. Статистичні моделі. Побудова моделі об'єкта при активному експерименті.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 88-96 3, С. 138-147 5, С. 96-109, 109-154	Самостійно опрацювати: Планування багатофакторного експерименту. 3 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 14 тижня
Тиж. 13 (за розкладом) 2 год.	Тема 7. Програмне забезпечення. Графічне відображення результатів експерименту	Практичне заняття / <i>Face to face</i>	Методичні рекомендації	4, С. 39-41 5, С. 101-109, 116-130, 151-154 8, С. 33-39	Згідно завданню вибрати найбільш наочний спосіб графічного представлення результатів моделювання. 2 год.	1,5 бали	Самостійна робота до 14 тижня
Тиж. 14 (за розкладом) 2 год.	Тема 7. Програмне забезпечення. Пакети прикладних програм для математичного моделювання СГМ. 3D-моделі деталей, вузлів та машин. Віртуальна реальність і віртуальна інженерія.	Лекція / <i>Face to face</i>	Презентація	1, С. 97-206 5, С. 96-109, 109-154, 168-178, 236-248, 347-351,	Самостійно опрацювати: Використання системи Компас для створення 3D-моделей деталей. 3 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 «Математичне моделювання сільськогосподарських машин» 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 «Математичне моделювання сільськогосподарських машин»

Поточний контроль та самостійна робота																								
Змістовий модуль 1											Змістовий модуль 2											Екзамен	Сума	
T1	T1		T2	T3	T2	T3	T4	T3	T4	ЗК1	T5	T4	T5	T5	T5	T6	T6	T6	T6	T7	T7	ЗК2		
1	2,5	40	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,...,T7 – 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 оцінюються 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 допускається 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. Федунець А.Д. Математичне моделювання з використанням комп'ютерної техніки. – Кіровоград : "Реклама", 2000. – 212 с.
2. Пожидаєв С. П. Моделювання інженерних задач: навч. посібник. – К. : НУБіПУ, 2011. – 224с.
3. Гліненко Л. К. Сухоносів О. Г. Основи моделювання технічних систем : навч. посібник.– Львів: Бескид Біт, 2003. – 176с. URL: <https://www.twirpx.com/file/321840/>
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. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А. Б. Лурье, И. С. Нагорский, В. Г. Озеров и др.; Под ред. А. Б. Лурье.– Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. – 312 с. URL: <https://ua1lib.org/book/2958063/309c29?id=2958063&secret=309c29>
7. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С., Мартишко В.М., Гуменюк Ю.О. Київ : «Агроосвіта», 2017. 180 с. URL: <http://nmcbook.com.ua/wp-content/uploads/2017/11/Сільськогосподарські-машини.pdf>
8. Математичне моделювання сільськогосподарських машин : 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, Д.Ю. Артеменко, С.М. Мороз]. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020.– 48 с.

Допоміжна

1. Введение в математическое моделирование : учеб. пособие. / Под ред. П. В. Трусова. – М. : Логос, 2005. – 440с.
2. Авдеев О.Н., Мотайленко Л.В. Моделирование систем : учебное пособие. СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001.
3. Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун.– М. : Мир, 1979
4. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием.– М. : Знание, 1990.– 160с.
5. Банди Б. Методы оптимизации. – Радио и связь, 1988.–127с.
6. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики : практ. пособие. – К. : Изд-во УСХА, 1992. – 512 с.

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/