

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

Кафедра математики і фізики

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи Мальований М.І.

\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Математичне моделювання та планування експерименту**

Спеціальність 205 «Лісове господарство»  
Факультет лісового і садово-паркового господарства


Умань – 2019

Робоча програма з навчальної дисципліни «Математичне моделювання та планування експерименту» для здобувачів вищої освіти спеціальності 205 «Лісове господарство». – Умань: Уманський НУС, 2019.-19 с.

Розробник: доцент Побережець І.І. кандидат фізико-математичних наук.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри математики і фізики  
Протокол № 1 від. “30” серпня 2019 року.


Завідувач кафедри математики і фізики

  
\_\_\_\_\_ (Березовський В.Є.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ 30 ” серпня 2019 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету лісового і садово-паркового господарства.

Протокол від “ 5 ” вересня 2019 року № 1

“ 5 ” вересня 2019 року Голова  (Шемякін М.В.)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Курс: другий Семестр: перший	Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кредитів – 3	Спеціальність 205 «Лісове господарство»	Обов'язкова	
Модулів: 3 Змістових модулів: 3	ОС: доктор філософії	<b>Рік підготовки</b>	
Загальна кількість годин: 90		2-й	
		<b>Семестр</b>	
		1-й	
		<b>Лекції</b>	
		6	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		6	
		<b>Самостійна робота</b>	
		78	
		<b>Індивідуальні завдання</b>	
		-	-
Тижневих годин для денної форми навчання: Аудиторних – 2 Самостійної роботи студента - 6		Форма підсумкового контролю: екзамен	

Примітка: співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%):

Для денної форми навчання - 13,3% - 86,7%.

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

Моделювання виникло в сімнадцятому столітті в епоху розвитку теоретичної механіки. Особливо інтенсивно почало розвиватися моделювання в двадцятому столітті в зв'язку з розвитком фізики, електроніки, автоматизації, кібернетики. Одночасно розвивалось фізичне і математичне моделювання. Фізичні моделі зберігають форму об'єкта, але мають менші розміри (автомобілі, літаки, кораблі, мости). Математична модель має відмінну природу і не має геометричної форми об'єкта. Воно являє собою систему алгебраїчних рівнянь, які описують взаємодії і взаємозв'язки в об'єкті дослідження. Математичне моделювання широко використовується в техніці, економіці, сільському господарстві та інших науках. На основі математичного моделювання можна успішно планувати експериментальні дослідження.

### **Завдання вивчення дисципліни**

Застосування математичних методів та моделей, пов'язаних з плануванням експериментальних досліджень, узагальнення теоретичних основ експериментальних досліджень. Методи математичної формалізації умов планування експериментальних досліджень. Оволодіння методами оптимізаційного аналізу і правилами прийняття рішень у виробничій сфері.

Вимоги щодо знань, вмінь, набутих внаслідок вивчення дисципліни.

Опанувати основними поняттями математичного моделювання і планування експерименту в технологічній сфері виробництва. Навчитись складати математичні моделі та на їх основі проводити експериментальні дослідження. Визначати ефективність використання землі, техніки, робочої сили, грошових та виробничих ресурсів, а також організаційних заходів в технологічному виробництві.

Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідне для математичного моделювання та планування експерименту

Лінійна алгебра, диференціальне числення, функції багатьох змінних, звичайні диференціальні рівняння, дискретна математика.

Перелік дисциплін, вивчення яких опирається на дану дисципліну.

Загально-технічні дисципліни, процеси і апарати харчових виробництв, технологія харчових продуктів.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів **компетентностей:**

### **Інтегральна компетентність:**

Здатність розв'язувати складні наукові задачі та проблеми, включно з прийняттям рішень щодо відбору даних та вибору методів досліджень для

вивчення лісових біогеоценозів (відповідно до спеціалізації) у різних просторово-часових масштабах із використанням комплексу міждисциплінарних даних, в умовах глобальних змін навколишнього середовища

### **Загальні компетентності:**

Креативність, здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність до критичного аналізу та оцінювання сучасних наукових досягнень при вирішенні дослідницьких і практичних завдань, в тому числі в міждисциплінарних областях.

Здатність виявляти, отримувати й аналізувати інформацію з різних джерел, організовувати та керувати інформацією.

Здатність розробляти та управляти науковими проектами, ініціювати організації досліджень в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності з урахуванням фінансування науково-дослідницьких робіт.

Здатність презентувати результати своїх досліджень.

Отримання норм наукової етики, авторського і суміжних прав інтелектуальної власності; державної та міжнародної систем правової охорони інтелектуальної власності.

Здатність здійснювати науково-дослідну та науково-виробничу діяльність зберігаючи природне та культурне надбання.

Комплексність у педагогічній діяльності щодо організації та здійснення освітнього процесу, навчання, виховання, розвитку і професійної підготовки студентів до певного виду професійно-орієнтованої діяльності

### **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

Здатність формулювати наукову проблему, розробляти робочі гіпотези, визначати актуальність, мету, завдання, які необхідно вирішити для досягнення мети, оцінювати необхідні ресурси та час для реалізації, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

Вміння формалізувати фахові прикладні задачі в галузі лісового господарства, алгоритмізувати їх.

Здатність аналізувати, систематизувати та узагальнювати результати проведених експериментів і досліджень; робити висновки на основі одержаних досліджень, застосовувати їх у науковій та практичній сфері, володіти методами і технологіями обробки лісогосподарської інформації, ГІС-технологіями і моделювання, створювати бази даних і використовувати інтернет-ресурси.

Здатність до побудови чисельних алгоритмів обробки та інтерпретації даних лісових екосистем на основі аналітичних або стохастичних залежностей, залучення методів математичного моделювання для вирішення прикладних задач з вивчення лісових біогеоценозів.

Вміння обробляти отримані експериментальні дані, встановлювати аналітичні і статистичні залежності між ними і шуканими параметрами на основі застосування стандартних та авторських математичних пакетів обробки інформації.

Здатність до здійснення моніторингових досліджень на основі використання матеріалів дистанційних зондувань Землі і геоінформаційних систем і технологій, застосовувати результати досліджень для інформування населення щодо стану лісових екосистем.

Знання і дотримання норм наукової етики і академічної чесності.

### **3. Програмні результати навчання**

Мати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії, знання праць провідних вітчизняних та зарубіжних вчених, фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження як складову загально-цивілізаційного процесу.

Знати принципи організації, форми здійснення освітньо-наукового процесу в сучасних умовах, його наукового, навчально-методичного та нормативного забезпечення, опрацювання наукових та інформаційних джерел при підготовці занять, застосування активних методик викладання.

Проводити професійну інтерпретацію отриманих матеріалів на основі сучасного програмного забезпечення з використанням існуючих теоретичних моделей, створювати власні об'єкт-теорії.

Мати досвід роботи в команді, навички міжособистісної взаємодії.

Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових знань в обраній області наукових досліджень.

### **4. Програма навчальної дисципліни**

№ п/п.	
1	Теоретичні основи моделювання. Фізичне і математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Системний підхід до моделювання Використання в математичному моделюванні лінійної алгебри.
2	Постановка задачі лінійного моделювання і методи її розв'язування. Математична формалізація умов задач. Загальна, симетрична і канонічна форми запису задач лінійного програмування. Допустимий, опорний і оптимальний план розв'язку задач. Критерії оптимальності і типи планів експериментальних досліджень. Загальні методи побудови оптимальних планів. Оптимальна організація теоретичних досліджень і натурних експериментів.

3	Математична модель симплексного методу розв'язування задач. Симплексна таблиця. Вибір оптимальних планів експериментальних досліджень для поліноміальних моделей. Плани поліноміальних моделей на симплексі. Класифікація планів із дискретними змінними.
4	Особливості розв'язку задач нелінійного і динамічного моделювання. Геометричний метод розв'язування задач. Метод невизначених множників Лагранжа. Поняття градієнта. Градієнтні методи розв'язку задач. Рух у напрямку до екстремуму. Способи градієнтної оптимізації. Особливості застосування градієнтної оптимізації сумісно з методами планування експериментів.
5	Ймовірнісні характеристики моделі і системи. Комбінація аналітичних методів, метода статистичних випробувань та натурних експериментів з оцінкою виграшу у точності або у кількості експериментів (вартості дослідження). Використання апріорних відомостей та пам'яті моделі системи. Оптимальне планування експериментів із системою та її частинами для отримання оцінки ймовірної характеристики. Оцінка впливу випадкового розкиду параметрів на ймовірнісні характеристики моделі системи.
6	Методологічні концепції математичної статистики. Модель замість закону. Головне завдання планування експерименту. Логіка розвитку ідей математичної статистики як метамови експерименту.
7	Методи досліджень, побудовані на вивченні розсіяння. Стратегія рандомізації. Дисперсійний аналіз. Виділення домінуючих факторів у випадках, де експеримент «виконує» природа. Метод головних компонент. Факторний аналіз. Дискримінантний аналіз і класифікація. Дослідження процесів, що

	змінюються у часі.
8	Обробка результатів експерименту. Спростування гіпотез. Зауваження до формалізованого підходу вибору гіпотез. Попередня обробка. Перевірка однорідності дисперсій відтворюваності. Перевірка адекватності моделі. Перевірка значущості оцінок коефіцієнтів моделі. Повний та дробний факторний аналіз. Оцінка значущості фактора. Оцінка диференціального ефекту рівнів фактора.

## 5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин										
	денна форма						Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі				
		л	п	с.р	і.р		л	п	с.р.	р.	
1	2	3	4	5		6	7	8	9		
<b>Модуль 1. Математичне моделювання та планування експерименту</b>											
1 Теоретичні основи моделювання	10	1	1	8							
2. Теоретичні дослідження та експерименти.	10	1	1	8							
3. Математична модель симплексного методу.	12	0,5	0,5	11							



4. Способи градієнтної оптимізації експериментів.	12	0,5	0,5	11								
5. Ймовірнісні характеристики моделі системи.	12	1	0,5	10,5								
6. Математична статистика і планування експерименту	12	0,5	0,5	11								
7. Методи досліджень, побудовані на вивченні розсіяння	12	0,5	0,5	11								
8. Обробка результатів експерименту	9	1	0,5	7,5								
Модульний контроль	1	-	1	-								
Всього	90	6	6	78								
Форма підсумкового контролю – екзамен												

## 6. Теми і зміст лекцій

№ п/п.	Модуль	Тема та зміст лекції	Обсяг годин
<b>Математичне моделювання та планування експерименту</b>			
1	1.1	Теоретичні основи моделювання. Фізичне і математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Системний підхід до моделювання Використання в математичному моделюванні лінійної алгебри.	1
2	1.2	Постановка задачі лінійного моделювання і методи її розв'язування. Математична формалізація умов задач. Загальна, симетрична і канонічна форми запису задач лінійного програмування. Допустимий, опорний і оптимальний план розв'язку задач. Критерії оптимальності і типи планів експериментальних досліджень. Загальні методи побудови оптимальних планів. Оптимальна організація теоретичних досліджень і натурних експериментів.	1
3	1.3	Математична модель симплексного методу розв'язування задач. Симплексна таблиця. Вибір оптимальних планів експериментальних досліджень для поліноміальних моделей. Плани поліноміальних моделей на симплексі. Класифікація планів із дискретними змінними. Особливості розв'язку задач нелінійного і динамічного моделювання. Геометричний метод розв'язування задач. Метод невизначених множників Лагранжа. Поняття градієнта. Градієнтні методи розв'язку задач. Рух у напрямку до екстремуму Способи градієнтної оптимізації. Особливості застосування градієнтної оптимізації сумісно з методами	1

		планування експериментів.	
4	1.4	Ймовірнісні характеристики моделі і системи. Комбінація аналітичних методів, метода статистичних випробувань та натурних експериментів з оцінкою виграшу у точності або у кількості експериментів (вартості дослідження). Використання апріорних відомостей та пам'яті моделі системи. Оптимальне планування експериментів із системою та її частинами для отримання оцінки ймовірносної характеристики. Оцінка впливу випадкового розкиду параметрів на ймовірнісні характеристики моделі системи.	1
5	1.5	<p>Методологічні концепції математичної статистики. Модель замість закону. Головне завдання планування експерименту. Логіка розвитку ідей математичної статистики як метамови експерименту.</p> <p>Методи досліджень, побудовані на вивченні розсіяння. Стратегія рандомізації. Дисперсійний аналіз. Виділення домінуючих факторів у випадках, де експеримент «виконує» природа. Метод головних компонент. Факторний аналіз. Дискримінантний аналіз і класифікація. Дослідження процесів, що змінюються у часі.</p>	1
6	1.6	Обробка результатів експерименту. Спростування гіпотез. Зауваження до формалізованого підходу вибору гіпотез. Попередня обробка. Перевірка однорідності дисперсій відтворюваності. Перевірка адекватності моделі. Перевірка значущості оцінок коефіцієнтів моделі. Повний та дробний факторний аналіз. Оцінка значущості фактора. Оцінка диференціального ефекту рівнів фактора.	1

## 7. Практичні роботи

Номер		Тема практичної роботи	Обсяг годин
№ п/п	Модуль		
1	1.1	Теоретичні основи моделювання.	1
2	1.2	Теоретичні дослідження та експерименти.	1
3	1.3	Математична модель симплексного методу.	0,5
4	1.4	Способи градієнтної оптимізації експериментів.	0,5
5	1.5	Математична статистика і планування експерименту	1
6	1.6	Обробка результатів експерименту	1
7		Модульний контроль. Контрольна робота.	1

## 8. Самостійна робота

Номер		Тема самостійної роботи	Обсяг годин	Література
№ п/п	Модуль			
1	1.1	Теоретичні основи моделювання. Фізичне і математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Системний підхід до моделювання Використання в математичному моделюванні лінійної алгебри.	8	[1-3] Р.3.
2	1.2	Постановка задачі лінійного моделювання і методи її розв'язування. Математична формалізація умов задач. Загальна, симетрична і канонічна форми запису задач лінійного програмування. Допустимий, опорний і оптимальний план розв'язку задач. Критерії	8	[1-5] Р.3.

		оптимальності і типи планів експериментальних досліджень. Загальні методи побудови оптимальних планів. Оптимальна організація теоретичних досліджень і натурних експериментів.		
3	1.3	Математична модель симплексного методу розв'язування задач. Симплексна таблиця. Вибір оптимальних планів експериментальних досліджень для поліноміальних моделей. Плани поліноміальних моделей на симплексі. Класифікація планів із дискретними змінними.	11	[1-5] Р.3.
4	1.4	Особливості розв'язку задач нелінійного і динамічного моделювання. Геометричний метод розв'язування задач. Метод невизначених множників Лагранжа. Поняття градієнта. Градієнтні методи розв'язку задач. Рух у напрямку до екстремуму. Способи градієнтної оптимізації. Особливості застосування градієнтної оптимізації сумісно з методами планування експериментів.	11	[3] Р.3.
5	1.5	Ймовірнісні характеристики моделі і системи. Комбінація аналітичних методів, метода статистичних випробувань та натурних експериментів з оцінкою виграшу у точності або у кількості експериментів (вартості дослідження). Використання апріорних відомостей та пам'яті моделі системи. Оптимальне планування експериментів із системою та її частинами для отримання оцінки ймовірної характеристики.	10,5	[1-5] Р.3.

		Оцінка впливу випадкового розкиду параметрів на ймовірнісні характеристики моделі системи.		
6	1.6	Методологічні концепції математичної статистики. Модель замість закону. Головне завдання планування експерименту. Логіка розвитку ідей математичної статистики як метамови експерименту.	11	[2-5] Р.3.
7	1.7	Методи досліджень, побудовані на вивченні розсіяння. Стратегія рандомізації. Дисперсійний аналіз. Виділення домінуючих факторів у випадках, де експеримент «виконує» природа. Метод головних компонент. Факторний аналіз. Дискримінантний аналіз і класифікація. Дослідження процесів, що змінюються у часі.	11	[3-5] Р.3.
8	1.8	Обробка результатів експерименту. Спростування гіпотез. Зауваження до формалізованого підходу вибору гіпотез. Попередня обробка. Перевірка однорідності дисперсій відтворюваності. Перевірка адекватності моделі. Перевірка значущості оцінок коефіцієнтів моделі. Повний та дробний факторний аналіз. Оцінка значущості фактора. Оцінка диференціального ефекту рівнів фактора.	7,5	[1-8] Р.3.

## 9. Методи навчання

Реалізація передбачених навчальним планом організаційних форм вивчення математичного моделювання технологічних процесів вимагає забезпечити відповідність методики навчання, контролю та оцінювання кредитно-модульній та модульно-рейтинговій системі організації навчального процесу. Це передбачає приведення керівництва навчальною діяльністю аспірантів на лекційних і практичних заняттях, управління самостійною роботою у відповідність до сучасних принципів взаємодії викладача і аспіранта. Заміна навчально-дисциплінарної парадигми освіти на гуманістичну, суб'єкт-суб'єктну уможлиблюється за умови переорієнтації навчального процесу на пріоритетне використання програмованих, особистісно зорієнтованого активних методів модульного навчання, повне забезпечення самостійної роботи аспірантів засобами навчання як на паперових носіях, так і інтерактивними комп'ютерними засобами.

У відповідності до цих передумов та відведеного часу на реалізацію поставлених навчально-освітніх завдань, вивчення теорії ймовірностей і математичної статистики має реалізовуватися бінарними методами, коли методи донесення, систематизації знань та забезпечення зв'язку теорії з професійною спрямованістю навчання адекватно відповідають визначеним навчальним планом організаційним формам навчання предмету – лекції, практичні заняття, самостійна робота, контрольні заходи (модульний контроль), семестровий контроль (залік).

*Лекція*, як провідна форма теоретичного навчання та формування основ для наступного засвоєння аспірантами навчального матеріалу, використовується для розгорнутого теоретичного повідомлення, наукового аналізу та обґрунтування наукових проблем тем змістових модулів навчальної програми. Проводиться з використанням *методів викладу нового матеріалу* (словесний системний виклад наукової інформації) та *активізації пізнавальної діяльності аспірантів* (індуктивні та дедуктивні, настановчо-оглядові, репродуктивні, словесно-евристичні, словесно-проблемні, проблемні, частково-пошукові, логічно-пошукові, логічного підсумування інформації тощо).

*Практичні заняття і самостійна робота*, як провідні форми формування практичної та основ навчально-дослідної підготовки, – передбачають використання *методами активізації пізнавальної діяльності аспірантів* (пред'явлення навчальних вимог, інструктаж, навчальна робота під керівництвом викладача, робота з книгою (довідником, робочим

зошитом) та закріплення матеріалу (систематизації, індукції і дедукції; робота із підручниками, довідниками, навчальними посібниками, в мережі Інтернет; укладання звіту про виконану навчальну роботу, виконане дослідження чи експеримент; підготовка до співбесіди з викладачем, усного виступу та повідомлення, публікації тощо)

## 10. Методи контролю

Контроль знань і умінь аспірантів (поточний і підсумковий) з дисципліни здійснюють згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу.

Система контролю над самостійною роботою аспірантів включає:

- а) опитування аспірантів по змісту теоретичних знань під час проведення практичних занять;
- б) перевірка виконання самостійних робіт, контрольних робіт;
- в) захист індивідуальних завдань.

**Поточний** – під час виконання практичних, індивідуальних завдань), контроль за засвоєння певного модуля (модульний контроль). Форму проведення поточного контролю і систему оцінювання визначає відповідна кафедра.

**Підсумковий** – включає диференційований залік і екзамен.

Якщо навчальна дисципліна складається з **3-4** модулів, то кожен модуль може оцінюватись в умовних балах пропорційно обсягу часу, відведеному на засвоєння матеріалу цього модуля. Максимально можлива кількість умовних балів за **навчальні заняття** аспіранта становить 70% (коефіцієнт 0,7) і 30% (коефіцієнт 0,3) припадає на **екзамен (або диференційований залік)**. від загальної кількості умовних балів.

Рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань та умінь аспірантів з навчальної дисципліни (доповідь на конференції, підготовка наочних посібників тощо) може надаватись до **10%** від загальної кількості умовних балів з навчальної дисципліни.



## 11. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Оцінювання окремих видів навчальної роботи аспіранта

Поточний модульний контроль											
Модуль №1									Всього	Підсумковий контроль	сума
ЗМ1	ЗМ2	ЗМ3	ЗМ4	ЗМ5	ЗМ6	ЗМ7	ЗМ8	МК			
5	5	10	10	10	10	5	5	10	70	30	100

## 12. Критерії та шкала оцінювання знань і умінь студентів

Оцінка національна	Оцінка ECTS	Визначення ECTS	Кількість балів з дисципліни
Відмінно	A	Відмінно - відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100
Добре	B	Дуже добре - вище середнього рівня з кількома помилками	82-89
	C	Добре - в загальному правильна робота з певною кількістю помилок	74-81
Задовільно	D	Задовільно - непогано, але із значною кількістю недоліків	64-73
	E	Достатньо - виконання задовольняє мінімальні критерії	60-63
Незадовільно	FX	Незадовільно - потрібно працювати перед тим, як отримати позитивну оцінку	35-59
	F	Незадовільно - необхідна серйозна подальша робота	0-34

### **13. Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Вітлінський В. В., Наконечний С.І., Шарапов О.Д. та ін. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник/ За заг.ред. В.В.Вітлінського. – К.: КНЕУ, 2008. – 536 с.
2. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2002.
3. Вітлінський В.В., Верченко П.І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2000. – 292 с.
4. Вітлінський В. В., Піскунова О.В. Математичні моделі та методи ринкової економіки Навч.посібник. – К.: КНЕУ, 2010р. – 531 с.
5. Долінський Л.Б. Фінансова математика: навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2009. – 265 с.
6. Станжицький О.М., Таран Є.Ю., Гординський Л.Д. Основи математичного моделювання. – ВПЦ Київський університет, 2006. – 216 с.
7. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1986. – 320 с.
8. Ульянченко О.В. Дослідження операцій в економіці. – Харків: Гриф, 2002. – 580 с.
9. Налимов В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов. – М.: Наука. – 1971. – 208 с.
10. Блохин А.В. Теория эксперимента. – Электронный текст. – Минск: Науч.-метод. центр «Электронная книга БГУ» / А.В. Блохин. – 2003. – 1,0 Мб.

#### **Допоміжна**

1. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование. – М.: Высшая школа, 1980. – 288 с.

#### **Інформаційні ресурси**

1. Математика. URL: <http://elibrary.ru/>

2. Математика. URL: <http://www.scientific-library.net>
3. Математика. URL: <http://www.allbest.ru/>
4. Задачі з розв'язками , довідник з математики, консультації, курси лекцій, методичні розробки і т.д. URL: <http://www.exponenta.ru/>
5. Електронні матеріали з математики URL: <http://www.allmath.ru/>
6. Матеріали з вищої математики на допомогу студентам. URL: <http://www.mathhelp.spb.ru/>
7. Математика On- Line: довідкова інформація з математичних дисциплін. URL: <http://mathem.h1.ru/>
8. Сайт вільно розповсюджуваних видань, а також записки лекцій, збірник задач, програми курсів і т.д. URL: <http://www.mcsme.ru/free-books/>