



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О.А. Лагоднюк

« ____ » _____ 2017 р.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

03-02-10

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

«Математичне моделювання та оптимізація систем
теплогазопостачання і вентиляції»

"Mathematical modeling and optimization of systems in Heat and Gas
Supply and Ventilation Systems"

спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
specialty 192 "Construction and Civil Engineering"

спеціалізація "Теплогазопостачання і вентиляція"
specialization "Heat and gas supply and ventilation"

Рівне – 2017



Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація систем теплогазопостачання і вентиляції» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція». – Рівне: НУВГП, 2017. – 15 с.

Розробник: Кізеєв М.Д., канд. техн. наук., доц., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Протокол від «01» вересня 2017 року № 7

Завідувач кафедри _____ М.Д. Кізеєв

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Протокол від « » _____ 2017 року № _____

Голова науково-методичної комісії _____ Є.М. Бабич



ВСТУП

Анотація

Дисципліна розглядає питання пов'язані з математичним моделюванням і оптимізацією процесів та об'єктів систем тепло- і газопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування (ТГПіВ), оптимізацією вказаних систем і об'єктів за різними критеріями та оптимальним проектуванням вказаних об'єктів.

Студенти вивчають принципи створення математичних моделей об'єктів ТГПіВ, прийоми аналізу об'єктів на основі обчислювального експерименту з математичними моделями, основні методи оптимізації та області їх застосування, математичний апарат оптимізації і алгоритми оптимізації різними методами. Студенти повинні вміти обирати стратегію системного аналізу конкретного об'єкта, формувати та аналізувати їх математичні моделі, вибирати і використовувати методи оптимізації для проектування і експлуатації об'єктів систем ТГПіВ та знаходити їх оптимальні параметри.

Ключові слова: адекватність математичної моделі; види моделювання; критерії оптимізації; математичні моделі; обчислювальний експеримент; оптимізація; створення математичних моделей; стохастичні і детерміновані математичні моделі

Abstract

The discipline deals with issues related to mathematical modeling and optimization of processes and objects of systems of heat and gas supply, heating, ventilation and air conditioning (HGSV), optimization of the specified systems and objects according to different criteria and optimal design of these objects.

Students study the principles of creating mathematical models of HGSV objects, techniques for analyzing objects on the basis of computational experiment with mathematical models, basic methods of optimization and their application, mathematical apathy of optimization and algorithms of optimization by means of methods. Students must be able to choose the strategy of the system analysis of a particular object, to form and analyze their mathematical models, to select and to use optimization methods for the design and operation of objects of HGSV systems and to find their optimal parameters.



Key words: adequacy of mathematical model; types of simulation; optimization criteria; mathematical models; computational experiment; optimization; creation of mathematical models; stochastic and deterministic mathematical models

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво» Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Спеціалізація «Теплогазопостачання і вентиляція» Рівень вищої освіти: магістр	Обов'язкова фахової підготовки	
Модулів – 1		Рік підготовки	
Змістових модулів – 2		5-й	6-й
Індивідуальне навчально-дослідне завдання –		Семестр	
Загальна кількість годин – 90		9-й	11-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи студента – 4		Лекції	
		16 год.	2 год.
		Практичні, семінарські	
		14 год.	6 год.
		Лабораторні	
		– год.	– год.
		Самостійна робота	
	60 год.	82 год.	
	Індивідуальні завдання:		
	- год.	- год.	
Вид контролю			
залік	залік		

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

- для денної форми навчання – 50;
- для заочної форми навчання – 10.



2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни – надання знань майбутнім магістрам з теплогазопостачання і вентиляції (ТГПіВ) з теоретичних основ і практичних прийомів математичного моделювання та оптимізації стосовно об'єктів і систем ТГПіВ.

Завдання викладання дисципліни – формування у спеціалістів, майбутня діяльність яких безпосередньо пов'язана з розрахунками, конструюванням, проектуванням і дослідженням об'єктів ТГПіВ, розуміння можливостей математичного моделювання і оптимізації та володіння ними на рівні, необхідному для вирішення завдань, що мають практично-науковий зміст і виникають при виконанні професійних функцій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати**:

- принципи створення математичних моделей об'єктів ТГПіВ;
- основи побудови математичних моделей різних рівнів моделювання;
- прийоми аналізу об'єктів на основі обчислювального експерименту з математичними моделями;
- основні методи оптимізації, області їх застосування;
- математичний апарат оптимізації;
- алгоритми оптимізації різними методами.

вміти:

- обирати стратегію системного аналізу конкретного об'єкта;
- формувати математичні моделі об'єктів;
- аналізувати математичні моделі об'єктів;
- вибирати і використовувати методи оптимізації для проектування систем ТГПіВ в САПР.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1 Моделювання в науці і техніці. Класифікація моделей

Фізичні і математичні моделі. Фізичний і математичний (обчислювальний) експеримент. Роль математичного моделювання в проектуванні. Класифікація математичних моделей.

Тема 2 Детерміноване моделювання. Методика математичного моделювання. Математичні моделі типових процесів ТГПіВ



Методи отримання математичних моделей системи. Детерміновані і статистичні математичні моделі.

Загальна характеристика моделей. Математичне описання структури потоків як основи побудови моделей процесів.

Приклади математичних моделей процесів: ідеального витискування, змішування, дифузійного, масообмінного, хімічного.

Тема 3 Статистичні моделі пасивного експерименту. Основи регресійного аналізу

Методика оброблення даних пасивного експерименту. Довірчий інтервал коефіцієнтів регресії.

Тема 4 Статистичні моделі активного експерименту. Методика оброблення даних активного експерименту

Методи планування експерименту. Матриця повного і дробового факторного експерименту. Критерії однорідності, значимості та адекватності. Градієнтний метод. Планування в квадратичній області.

Тема 5 Аналіз чутливості і статистичний аналіз об'єкту

Коефіцієнти впливу. Методи аналізу чутливості. Методи статистичного аналізу.

Тема 6 Операторна і процесно-апаратна схеми технологічних систем ТГПіВ. Моделювання структури схеми систем ТГПіВ

Технологічний процес як основа функціонування технічної системи. Типові оператори і технологічні зв'язки.

Принципи складання процесно-апаратної схеми систем ТГПіВ. Структура математичної моделі типових операторів.

Тема 7 Загальні поняття про оптимізацію. Параметрична оптимізація об'єкту

Роль оптимізації в автоматизованому проектуванні. Параметрична оптимізація як складова частина інваріантного забезпечення САПР. Критерії оптимізації, цільова функція. Керовані параметри.

Тема 8 Математичні моделі як основа оптимізації технологічних процесів. Етапи розв'язування задач оптимізації. Критерії оптимальності

Загальний аналіз задачі, визначення мети оптимізації, критеріїв оптимальності. Вибір керованих змінних математичної моделі процесу, аналіз їх впливу на критерій оптимальності, аналіз і врахування обмежень, визначення основних технологічних та конструктивних параметрів. Формування функції-критерію



оптимальності, аналіз цільової функції, вибір методів пошуку екстремумів функції.

Класифікація критеріїв оптимальності. Технологічні, термодинамічні, економічні та термoeкономічні критерії.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна/заочна форми навчання)				
	усього	у тому числі			
		лекції	практ. зан.	сам. роб.	інд. роб.
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
Тема 1. Моделювання в науці і техніці. Класифікація моделей	11/11	2/0,25	-	4/10	
Тема 2. Детерміноване моделювання. Математичні моделі типових процесів ТГПіВ	11/11	2/0,25	2/0,75	8/10	
Тема 3. Статистичні моделі пасивного експерименту. Основи регресійного аналізу	11/11	2/0,25	2/0,75	8/10	
Тема 4. Статистичні моделі активного експерименту. Методика оброблення даних активного експерименту	12/12	2/0,25	2/0,75	8/10	
Тема 5. Аналіз чутливості і статистичний аналіз об'єкту	11/11	2/0,25	2/0,75	8/10	
Змістовий модуль 2					
Тема 6. Операторна і процесно-апаратна схеми технологічних систем ТГПіВ. Моделювання структури схеми систем ТГПіВ	11/11	2/0,25	2/0,75	8/10	
Тема 7. Загальні поняття про оптимізацію. Параметрична оптимізація об'єкту	11/11	2/0,25	2/0,75	8/10	
Тема 8. Математичні моделі як основа оптимізації технологічних процесів. Етапи розв'язування задач оптимізації. Критерії оптимальності	12/12	2/0,25	2/0,75	8/12	
Усього годин	90/90	16/2	14/6	60/82	



5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин	
		денна форма	заочна форма
Модуль 1			
Змістовий модуль 1			
1	Отримання і аналіз математичної моделі за результатами пасивного експерименту	2	0,85
2	Отримання і аналіз математичної моделі за результатами факторного активного експерименту	2	0,85
3	Отримання коефіцієнтів чутливості (впливу) математичної моделі методом прирощень	2	0,85
4	Проведення статистичного аналізу системи методами найгіршого випадку і статистичних випробувань (Монте–Карло)	2	0,85
Змістовий модуль 2			
5	Отримання гідродинамічних та кінетичних параметрів математичних моделей водних і газових систем	2	0,85
6	Складання рівнянь матеріального, енергетичного та ексергетичного балансу для технологічної схеми утилізації біогазу на каналізаційних очисних спорудах	2	0,85
7	Визначення оптимальних параметрів процесів і споруд систем ТГПіВ методом покоординатного спуску	2	0,85
	Разом	14	6

6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до аудиторних занять (0,5 год. на 1 год.) – 16 год.;
- підготовка до контрольних заходів (6 год. на 1 кредит ЄКТС) – 18 год.;
- опрацювання окремих тем програми або їх частин, які не викладаються на лекціях – 26 год.



Завдання до самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин	
		денна форма	заочна форма
	Модуль 1		
	Змістовий модуль 1		
1	Рівні математичного моделювання	2	2
2	Формалізоване описання процесів, математичне описання, моделювальний алгоритм. Формування вхідних та вихідних параметрів	2	2
3	Відсіювальний експеримент. Метод випадкового балансу. Градієнтний метод. Планування в квадратичній області	2	2
	Змістовий модуль 2		
4	Основи теорії графів. Подання структури об'єктів у вигляді графів і еквівалентних схем	2	2
5	Оптимізація неперервних та дискретних параметрів оптимізації. Безумовні та умовні екстремуми. Необхідні та достатні умови оптимуму	2	2
6	Складання алгоритму та реалізація програми оптимізації на ПК. Критерії оптимізації.	2	2
	Разом	12	12

Підсумком виконання самостійної роботи студентів є конспект розглянутого матеріалу, який подається на перевірку викладачеві.

7. Методи навчання

Під час лекційних занять використовуються мультимедійні презентації, роздатковий матеріал, дискусійне обговорення проблемних питань. На практичних заняттях використовуються лабораторні стенди та плакати, що розміщені у спеціалізованих аудиторіях кафедри ТГВ та СТ (ауд. 640, 652, 658, 664). Під час виконання самостійної роботи використовуються електронні версії навчально-методичних та довідкових матеріалів.



8. Методи контролю

Поточний контроль знань студентів здійснюється шляхом:

- з лекційного матеріалу – усного опитування та перевірки конспекту лекцій;
- з практичних занять – перевірки та захисту виконаних практичних вправ;
- із самостійної роботи – усного опитування та перевірки конспекту розглянутого матеріалу;
- тестування.

Підсумковий семестровий контроль: залік.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Основними критеріями оцінювання, що характеризують рівень компетентності студента, при здійсненні контролю з дисципліни є:

- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни;
- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;
- вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку та розвитку;
- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);
- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;
- вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

Оцінювання результатів поточної роботи (завдань, що виконуються на практичних заняттях та самостійної роботи студентів) проводиться у відсотках від кількості балів, що виділені на завдання, із заокругленням до цілого числа, за такими критеріями:

- 0 % – завдання не виконано;
- 40 % – завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;
- 60 % – завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки в розрахунках або в методиці виконання;
- 80 % – завдання виконано повністю і вчасно, проте містить



окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

- 100 % – завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

Оцінювання студентів заочної форми навчання відбувається на підставі виконання завдань на аудиторних заняттях та шляхом проведення модульного тестування з теоретичних питань.

Усі форми контролю включені до 100-бальної шкали оцінювання.

Шкала оцінювання студентів денної та заочної форм навчання

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Модуль 1									
	Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2				100
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Т	4	4	4	4	4	4	4	5	
П		5	5	5	5	5	5	5	
С	4	4	4	4	4	4	4	4	

Примітка: t1, t2...t8 – теми змістових модулів; Т – теоретичні завдання; П – виконання та захист завдань на практичних заняттях; С – виконання та захист завдань самостійної роботи

Підсумкові оцінки з навчальної дисципліни виставляються студентам за сумарною кількістю набраних балів, отриманих у результаті поточного контролю. Конвертація кількості набраних балів в оцінки національної шкали здійснюється відповідно до нижченаведеної таблиці.

Позитивні оцінки виставляються лише тим студентам, які виконали всі види навчальної роботи, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни, і набрали за результатами поточного та підсумкового контролів не менше 60 балів.

Шкали оцінювання

Кількість набраних балів	Оцінки за національною шкалою (залік)
90...100	зараховано
82...89	
74...81	
64...73	
60...63	
35...59	незараховано з можливістю повторного складання
0...34	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни



10. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання» для студентів за напрямом 6.060103 „Гідротехніка (водні ресурси)” за професійним спрямуванням «Водопостачання та водовідведення» (Лабораторні роботи № 1 – 7) / М.Д. Кізєєв, М.М. Басюк. – Рівне: НУВГП, 2011. – 40 с. (Шифр 056-255).
2. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання» для студентів за напрямом 6.060103 „Гідротехніка (водні ресурси)” за професійним спрямуванням «Водопостачання та водовідведення» (Лабораторні роботи № 8 – 15) / М.Д. Кізєєв, М.М. Басюк. – Рівне: НУВГП, 2011. – 40 с. (Шифр 056-286).
3. Конспект лекцій з дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація систем теплозапостачання і вентиляції» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплозапостачання і вентиляція» / М.Д. Кізєєв. – Рівне: НУВГП, 2017.



11. Рекомендована література

Базова

1. Желих В.М., Возняк О.Т. Основи наукових досліджень у будівництві: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. - 176 с.
2. Сидоров В.Н., Ахметов В.К. Математическое моделирование в строительстве. Учебное пособие.–М.: Издательство АСВ, 2007. - 336 с.
3. Богобоящий В. В., Курбанов К. Р., Палій П. Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
4. Математическое моделирование химико-технологических процессов / Ас.М. Гумеров, Н.Н. Валеев, Аз.М. Гумеров, В.М. Емельянов. - М.: КолосС, 2008. - 159 с.
5. Кичигин В. И. Моделирование процессов очистки воды: Учеб. пособие для вузов. - М.: АСВ, 2003. – 230 с.

Допоміжна

1. Бредюк В.І. Економіко-математичне моделювання в середовищі табличного процесора MS Excel : навч. посіб. / В.І. Бредюк, О.І. Джоші. - Рівне : НУВГП, 2015. - 242 с.
2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии: Учеб. пособие для химико-технологических вузов. – М.: Высш. школа, 1978. - 319 с.
3. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование и системный анализ биохимических производств. - М.: Лесн. пром-сть, 1985. - 280 с.
4. Найденко В.В. и др. Оптимизация очистки природных и сточных вод (В.В. Найденко, А.П. Кулакова, И.А. Шеренков. Под общ. ред. В.В. Найденко.) М.: Стройиздат, 1984. - 151 с.
5. Математическое моделирование систем водоснабжения (введение в системный анализ) / Кульский Л.А., Иванов В.В., Иванов В.В., Рогов В.М.; Под ред. Л.А. Кульского. – Киев: Наук. думка, 1986.–120 с.
6. Технологические схемы очистки сточных вод / Артамонов В.В., Вижевская Т.В. - Киев: Будівельник, 1981. - 64 с.
7. Протождяконов И.О., Муратов О.В., Евлампиев И.И. Динамика



процессов химической технологии: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1984. – 304 с.

8. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.: ил.

9. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум): Учеб. Пособие /Бородюк В.П., Вошинин А.П., Иванов А.З. и др.; под ред. Г.К. Круга. - М.: Высш. школа, 1983. - 216 с.

10. Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных: Пер. с англ.-Л.: Судостроение, 1980. - 384 с.

11. Статюха Г.А. Автоматизованное проектирование химико-технологических систем. - К.: Вища школа, 1989. - 400 с.

12. Скурихин В.И., Шифрин В.Б., Дубровский В.В. Математическое моделирование. - К.: Техніка, 1983. – 292 с.

13. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ: Справочник - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. - 240 с.

14. Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Розв'язування задач електромеханіки в середовищі пакетів MathCAD і MATLAB: Навч. посібник.–2-ге вид., доповн.–Львів: „Магнолія 2006”, 2007. – 215 с.

15. Кудрявцев Е.М. Mathcad2000 Pro. – М.: ДМК Пресс, 2001. - 576 с.

16. Кирьянов Д.В. Самоучитель MathCAD 2001. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 544 с.

17. Семененко М.Г. Математическое моделирование в MathCad. – М.: Альтекс-А, 2003. – 208 с.

18. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MathCad. Учебное пособие – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 252 с.

19. Зеньковский В.А. Применение Excel в экономических и инженерных расчетах. Серия “Про ПК”. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 192 с.

20. Поршнев С.В., Беленкова И.В. Численные методы на базе Mathcad. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.

21. Гайдышев И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.



Електронний репозиторій НУВГП

1. Бредюк В.І. Економіко-математичне моделювання в середовищі табличного процесора MS Excel: навч. посіб. /В.І. Бредюк, О.І. Джоші. - Рівне : НУВГП, 2015. - 242 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2944>.
2. Чабан І.В. Математичне моделювання процесів в ударно-пінному апараті з блоком термоелектричних модулів / І.В. Чабан // Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2013. – Вип. 4(64). – С. 158-171. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/3497>.

12. Інформаційні ресурси

1. Кабінет Міністрів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/>
2. Законодавство України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rada.kiev.ua/>
3. Державний комітет статистики України / [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/>
5. Обласна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.libr.rv.ua/>
6. Рівненська централізована бібліотечна система (м. Рівне, вул. Київська, 44) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cbs.rv.ua/>
7. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> (http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php).
8. Електронні версії навчально-методичних та довідково-інформаційних матеріалів з питань комп'ютерного моделювання систем ТГВ у форматі PDF та DJVU.
9. Мультимедійні презентації у форматах PPS, PPT та PDF.

Розробник:

М.Д. Кізеєв