

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНО-ІНЖЕНЕРНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Хіміко-технологічного факультету

Протокол № 3 від 25 березня 2019 р.

Голова вченої ради  Г.М. Астрелін

М.П.



## ПРОГРАМА

фахового випробування для вступу на освітньо-наукову програму  
*доктора філософії*

спеціальності *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

спеціалізації *«Комп'ютерно-інтегровані сталі хімічні виробництва»*

Програму рекомендовано кафедрою  
кібернетики хіміко-технологічних процесів

Протокол № 9 від 20 березня 2019 р.

В.о. завідувача кафедри  Т.В. Бойко

## Розробники програми

\_\_\_\_\_ в.о. зав. каф. КХТП Бойко Т.В.

\_\_\_\_\_ професор каф. КХТП Медведєв Р.Б.

\_\_\_\_\_ доцент каф. КХТП Безносик Ю.О.

\_\_\_\_\_ доцент каф. КХТП Джигирей І.М.

\_\_\_\_\_ доцент каф. КХТП Сангінова О.В.

\_\_\_\_\_ доцент каф. КХТП Складанний Д.М.

## Вступ

Ця програма призначена для організації підготовки вступників до вступного випробування для вступу на освітньо-науковий рівень доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізація «Комп'ютерно-інтегровані технології сталих хімічних виробничих комплексів». Програма вступного випробування ґрунтується на програмах нормативної та вибіркової частин підготовки магістрів з урахуванням специфіки заявленої спеціалізації. До неї включені питання з наступних розділів:

1. Сучасні системи та методи автоматизованого управління.
2. Системний аналіз та інтелектуальні системи прийняття рішень.
3. Моделювання енергозберігаючих та екологічних систем, галузевих об'єктів та процесів.
4. Оптимізація складних технологічних систем.
5. Інженерія та технології сталого розвитку.

Мета вступного випробування – перевірити та оцінити рівень знань і умінь вступника для вступу на навчання за обраною програмою підготовки.

До складання вступного випробування допускаються особи, які одержали повну вищу освіту – ОС (ОКР) «магістр» або ОКР «спеціаліст» та подали заяви на участь у конкурсі на здобуття наступного освітньо-наукового рівня. Відповідність напряму підготовки (спеціальності) одержаної освіти встановлюється згідно з Наказом МОН України від 06.11.2015 № 1151 «Про особливості запровадження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 29.04.2015 року № 266».

Вступне випробування проводиться за графіком, який затверджує Приймальна комісія університету. Тривалість випробування – 90 хвилин. Перерви під час випробування не допускаються. Випробування проводиться у письмовій формі. Використання літератури, довідників та технічних засобів забороняється.

Білет випробування складається з завдань та питань практичної спрямованості. Загальна кількість завдань у білеті – **п'ять** – по одному з кожного розділу програми. **Оцінюванню підлягають чотири завдання білета за вибором вступника.** Білети побудовано таким чином, щоб на виконання кожного із завдань здобувач витрачав однаковий час – близько 20-25 хвилин.

Вступники, які під час проходження вступного випробування скористалися недозволеними джерелами інформації та/або технічними засобами, відсторонюються від випробування. За результатами випробування їм виставляється оцінка «не задовільно», незалежно від змісту та обсягу написаного і апеляції з цього приводу розгляду не підлягають.

### РОЗДІЛ 1.

#### **СУЧАСНІ СИСТЕМА ТА МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ**

Принципи та основи інтеграції завдань та рівнів АСУ. Завдання автоматизації хімічних виробництв. Автоматизація виробництва. Особливості та відмінності автоматизованих систем (АСУ П, АСУ ТП). Інтегровані системи керування підприємством та принципи інтеграції систем керування технологічними процесами. Ієрархія сучасних систем керування. Комп'ютерно-орієнтовані виробництва. Рівні комп'ютерної автоматизації. Завдання, що вирішуються на рівні автоматизації АСУ П. Системи планування потреб виробництва у матеріалах та вимоги до них (MRP-системи). Системи планування ресурсів підприємства (ERP-системи). Системи керування виробництвом (MES-системи). Завдання, структура та рівні АСУ ТП. Польовий рівень (Input/Output-Field level). Середній рівень (Control level). Верхній рівень (HMI).

SCADA-системи SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition) та PCS (Distributed Control Systems). Функціональні відмінності PCS від SCADA-систем. Структура та функції SCADA-систем. Характеристики SCADA-пакетів. OPC-стандарт взаємодії SCADA-систем. .

Розподілені системи управління. Призначення та архітектура PCS. Основні елементи та властивості PCS. Технічні характеристики сучасних ПЛК. Програмне забезпечення ПЛК. Мови програмування за стандартом IEC 61131-3. Інструментальні системи програмування ISaGRAF, CoDeSys, Unity Pro, STEP7 та ін. Програмне забезпечення робочих станцій. Промислові мережі, рівні ієрархії систем керування за стандартами GSM, GPRS, Bluetooth. Особливості структури, складу і компонентів провідних виробників систем керування.

Алгоритмічне забезпечення PCS. Екстремальні системи та системи оптимального керування, їх застосування у хімічній промисловості. Адаптивні системи керування, їх забезпечення та особливості алгоритмів керування. Робастні систем керування, їх забезпечення та особливості алгоритмів керування. Ситуаційні систем керування, їх забезпечення та особливості алгоритмів керування. Нечіткі та нейро-нечітких системи керування, а також штучні нейронні мережі. Системи вдосконаленого керування технологічними процесами.

#### **Література до розділу:**

1. Анашкин А. С. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления / А. С. Анашкин, Э. Д. Кадыров, В. Г. Харазов. – СПб.: П-2, 2004. – 368 с.
2. Втюрин В. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУ ТП / В. А. Втюрин. – СПб., 2006. – 152 с.
3. Деменков Н. П. SCADA-системы, как инструмент проектирования АСУ ТП / Н. П. Деменков. – М.: МГТУ им. Н. Е. Баумана, 2004. – 328 с.
4. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
5. Егупов Н. Д. Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник в 3-х т. / Н. Д. Егупов. – М.: МГТУ им. Н. Е. Баумана, 2000.
6. Клебанов Б. И. Автоматизированные системы управления предприятием / Б. И. Клебанов., 2004. – 68 с.
7. Марьясин О. В. Компьютерная поддержка задач автоматического управления / О. В. Марьясин, М. П. Цыганков. – Ярославль: ЯГТУ, 2011. – 304 с.
8. Методи сучасної теорії управління / А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, Н. М. Луцька, В. В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.

9. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования / И. В. Петров. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 256 с.
10. Рождественский Д. А. Автоматизированные комплексы распределенного управления / Д. А. Рождественский. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2002. – 124 с.
11. Сю Д. Современная теория автоматического управления и ее применение / Д. Сю. – М.: Машиностроение, 1972. – 544 с.
12. Харазов В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В. Г. Харазов. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.
13. Шишов О. В. Современные технологии промышленной автоматизации / О. В. Шишов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 250 с.
14. Brogan W. L. Modern control theory / William L. Brogan., 1991. – 653 с. – (3-rd ed.).

## **РОЗДІЛ 2.**

### ***СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ***

Характеристики формалізованих задач системного аналізу. Зміст системного підходу при розробці та дослідженні хіміко-технологічних комплексів. Зміст системного підходу при розробці та дослідженні ХТС. Класифікація ХТС. Характеристичні властивості ХТС. Класифікація змінних величин, що визначають роботу ХТС. Задачі аналізу, синтезу, оптимізації та управління в загальній стратегії розробки СХТК. Моделювання хіміко-технологічних процесів та систем. Моделювання структури ХТС із використанням теорії графів. Моделювання статичних режимів ХТС на основі обчислення матеріальних та теплових балансів. Структурний аналіз замкнених ХТС, алгоритм та призначення.

Моделювання структури ХТС. Поняття про розрахунок розімкнутих та замкнених ХТС. Побудова топологічних моделей ХТС. Графічне та матричне представлення структури ХТС. Алгоритми структурного аналізу замкнених ХТС: виділення комплексів та контурів, визначення оптимальної множини розвиваючих дуг та послідовності розрахунку ХТС.

Програмне забезпечення для моделювання та дослідження ХТС. Основні принципи побудови моделюючих програм в хімічній інженерії. Сучасні моделюючі програми ASPEN PLUS, HYSYS, CHEMCAD, PRO/II. Спеціальні програмні засоби дослідження властивостей хіміко-технологічних процесів та оцінювання їх впливів на оточуюче середовище.

Метод статистичних випробувань для врахування випадковостей при моделюванні та аналізі складних систем. Мережі Петрі для рішення системних задач із дискретними процесами. Метод системної динаміки Форестера.

Загальна постановка задачі розрахунку матеріально-теплових балансів ХТС. Види задач, що виникають при розрахунку матеріальних балансів ХТС. Можливості рішення при різній постановці задачі розрахунку. Методи рішень рівнянь, що описують стаціонарні режими ХТС. Математичне моделювання нестационарних режимів складних ХТС. Загальна характеристика динамічних режимів ХТС. Спрощення математичних моделей при дослідженні динаміки ХТС. Теорія чутливості та її застосування для дослідження ХТС.

Основні поняття теорії прийняття рішень. Зміст задачі прийняття рішень. Процес прийняття рішень. Концепція прийняття рішень. Формування рішень. Проблема прийняття рішень при наявності одного або декількох критеріїв. Визначення ефективних рішень. Множина Парето. Визначення єдиного рішення. Агрегування критеріїв та рівноважний метод. Методи визначення кращих варіантів. Постановка задачі прийняття рішень з одному критерію та її розв'язок за допомогою матриці рішень в умовах невизначеності. Варіанти рішень та їх оцінка в різних зовнішніх умовах. Формування матриці рішень. Класичні критерії прийняття рішень та їх застосування. Критерій мінімакса, Байєса-Лапласа, Севіджа та ін. Застосування класичних критеріїв. Похідні критерії – критерій Гурвіца, ММ-критерій та ін. Прийняття рішень згідно похідним критеріям. Зв'язок між критеріями. Аналіз ситуацій вибору рішення. Загальна структура. Дерево подій та його використання для моделювання дискретних ситуацій. Графічне

представлення задачі прийняття рішень за допомогою дерев рішень. Зв'язок між деревом рішень й матрицями рішень.

Інтелектуальні методи аналізу інформації (Data mining) та прийняття рішень. Нейронні мережі та їх застосування при моделюванні об'єктів хімічної технології. Генетичні алгоритми. Нечітка логіка та її застосування для моделювання в умовах невизначеності. Системи засновані на знаннях. Відмінність знань від даних. Приклади систем заснованих на знаннях. Моделі представлення знань: логічні моделі, фрейми, семантичні мережі та продукційні моделі. Приклади та застосування. Структура експертних систем та їх реалізація. Етапи розробки та застосування ЕС для прийняття рішень. Математичне та програмне забезпечення розробки інтелектуальних систем для прийняття рішень.

#### **Література до розділу:**

1. Бугаєва Л.М., Безносик Ю.О., Статюха Г.О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів. Навчальний посібник, Київ, Політехніка, 2014. – 132 с. – 400 пр.(умов.друку).ар. 7,67, обл..вид.арк. 12,76) – ISBN 978-966-622-660-3
2. Гультьяев А. К. MatLab 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 400 с.
3. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс.- Питер, 2001. – 368с.
4. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системний аналіз. Проблеми, методологія, приложения. – Киев, Наук. Думка. 2005. – 743 с.
5. Корнеев В.В., Гареев А.Ф. и др.. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. - М.: Нолидж, 2000 г.- 352с.
6. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений : Пер. с нем. - М.: Мир, 1990. - 208 с.
7. Системний аналіз сталого розвитку : навчальний посібник для магістрів галузі знань «Управління та адміністрування» / В. П. Бех, Ю. В. Бех, М. В. Туленков, В. Л. Акуленко, Н. В. Крохмаль, Я. О. Чепуренко ; за заг. ред.В. П. Бега, М. В. Туленкова Мін-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова. – К. :«МП Леся», 2015.–512с.
8. Статюха Г.О., Безносик Ю.О., Бугаєва Л.М. Інтелектуальні системи прийняття рішень при дослідженні та проектуванні хіміко-технологічних процесів. У двох книгах. – Київ: Політехніка, 2004. – 416 с.
9. Химико-технологические системы. Синтез, оптимизация и управление/ Под. Ред. И.П. Мухленова.- Л.: Химия, 1986.- 424 с.
10. Холоднов В.А, Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Математическое моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel . СПб.: СПГТИ (ТУ), 2007.- 433 с.

### **РОЗДІЛ 3.**

#### ***МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ГАЛУЗЕВИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОЦЕСІВ***

Пряма задача хімічної кінетики. Кінетика гомогенних реакцій простих та складних. Визначення порядку та молекулярності хімічних реакцій. Методи побудови кінетичних моделей багатостадійних реакцій. Метод стаціонарних концентрацій. Кінетика гомогенних реакцій. Вплив температури на швидкість хімічної реакції. Закон Арреніуса. Константа швидкості. Енергія активації. Методи дослідження та розрахунку кінетичних констант. Розрахунок енергії активації. Обернена задача хімічної кінетики. Визначення коефіцієнтів швидкостей реакцій для відомого механізму. Використання методу найменших квадратів для розрахунку кінетичних констант. Класифікація хімічних реакцій для проектування та розрахунку хімічних реакторів.

Блочний принцип побудови математичних моделей об'єктів хімічної технології. Структура математичних моделей хімічних реакторів. Основні поняття та визначення теорії хімічних реакторів. Етапи математичного моделювання хімічних реакторів. Основні параметри роботи реактора. Моделювання гомогенних реакторів. Методи побудови, аналіз та методи рішення рівнянь математичних моделей хімічних реакторів. Структура математичного опису реакторів періодичної дії. Розрахунок реакторів для простих реакцій. Структура математичного опису реакторів періодичної дії. Розрахунок реакторів для складних реакцій. Структура математичного опису реакторів періодичної дії. Термодинаміка, хімічна кінетика. Вплив температури та тиску на проходження процесу в реакторах.

Математичні моделі реакторів для проведення гетерогенних каталітичних процесів у системі газ-тверде. Моделювання процесів на поверхні каталізатора. Гідродинаміка потоку газу. Типи каталітичних реакторів. Математичний опис процесів на шару каталізатора. Кінетичні рівняння для реакцій на поверхні каталізатора. Вплив поздовжнього переносу маси та тепла. Лімітуючі стадії: адсорбція, десорбція, дифузія. Моделювання адсорбційних процесів у системі газ-тверде. Адіабатичні реактори. Ізотермічні реактори. Реактори з нерухомим та рухомим шаром каталізатора. Математичні моделі, які застосовують властивості явищ переносу.

Математичні моделі реакторів для проведення процесів у системі газ-рідина, рідина-рідина. Моделювання масообмінних процесів. Класифікація математичних моделей для проведення процесів у системі газ-рідина. Класифікація реакторів для проведення процесів у системі газ-рідина. Моделювання масообмінних процесів. Математичні моделі хемосорбційних та екстракційних реакторів. Етапи розробки математичного опису процесів у системі газ-рідина. Математичне моделювання процесів газорідинних реакторів. Моделювання рівноваги у системі газ-рідина. Розрахунок процесів масопереносу за рахунок дифузії та конвекції. Метод висоти одиниці масопереносу. Реактора колонного типу, де фази перебувають у режимі ідеального витіснення. Реактори типу змішувач-сепаратор, де фази перебувають у режимі ідеального перемішування. Математичні моделі типових газорідинних реакторів. Інженерні методи розрахунку кінетики масопереносу з урахуванням хімічної реакції у рідкій фазі. Розрахунок масообмінних апаратів з урахуванням хімічної реакції. Моделювання хемосорбційних процесів у системі газ-рідина. Інтенсифікація хемосорбційних процесів у системі газ-рідина. Моделювання хемосорбційних процесів. Моделювання явищ переносу у хімічних реакторах.

Дослідження процесів у хімічних реакторах. Параметрична чутливість і теплова стійкість режимів роботи хімічних реакторів. Параметрична чутливість стаціонарних режимів роботи хімічних реакторів. Теплова стійкість стаціонарних режимів роботи хімічних реакторів. Оцінка стійкості стаціонарного стану типових хімічних реакторів. Приведення моделі хімічного реактора до безрозмірного вигляду. Графічна інтерпретація моделей хімічних реакторів у безрозмірному вигляді.

Ресурсо- та енергозбереження у хімічній технології. Комплексне використання сировини і тепла у хімічних процесах. Енерготехнологія. Енерготехнологічні виробничі системи. Термодинамічні основи енерготехнології. Ексергетичний принцип аналізу енерготехнології. Ексергетичні характеристики технологічних потоків. Ексергетичний баланс. Ексергетичний к.к.д. Класифікація втрат ексергії.

Ексергетичний аналіз процесів і систем хімічної технології. Ексергетичний аналіз типових процесів хімічної технології. Аналіз теплообмінних процесів на основі ексергетичного метода. Аналіз процесів розділення на основі ексергетичного метода. Аналіз процесів у хімічних реакторах на основі ексергетичного метода. Аналіз процесів абсорбції та екстрагування на основі ексергетичного метода. Інженерні методи зменшення енергоспоживання і використання вторинних енергоресурсів у хімічній технології. Зниження енергоспоживання типових процесів.

Синтез енергозберігаючих схем у хімічній технології. Синтез теплообмінних систем з використанням теорії нечітких множин. Розвиток метода ексергетичного аналізу. Оптимальне проектування хімічних виробництв та цілі енерго- та ресурсозбереження. Оптимізація ХТС. Методи синтезу екологічно чистих виробництв. Методи синтезу енергозберігаючих схем у хімічній технології. Декомпозиційний метод синтезу теплообмінних систем. Інтегрально-

гіпотетичний метод синтезу теплообмінних систем. Евристичний метод синтезу теплообмінних систем. Декомпозиційно-евристичні методи синтезу ресурсозберігаючих систем. Синтез систем розділення. Пінч-аналіз енергозберігаючих та екологічних технологічних систем.

#### **Література до розділу:**

1. Астрелін І.М. та інш. Теорія процесів виробництв неорганічних речовин. К.: Вища школа, 1992. – 399с.
2. Безденежных А.А. Инженерные методы составления уравнений скоростей реакций и расчет кинетических констант. Л.: Химия, 1972. – 256с.
3. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии. К.: Вища школа, 1973. – 278с.
4. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. Изд. 2-е. М.: Химия, 1982. – 288с.
5. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Изд. 4-е. М.: Химия, 1985. – 448с.
6. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: Высш.шк., 1991. – 400с.
7. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Перов В.Л. Математические основы автоматизированного проектирования химических производств. М.: Химия, 1979. – 320с.
8. Кафаров В.В., Перов В.Л., Мешалкин В.П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. М.: Химия, 1974. – 344с.
9. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. М.: Химия, 1988. – 280с.
10. Сажин Б.С., Булеков А.П. Эксергетический метод в химической технологии. М.: Химия, 1992. – 208с.
11. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л. и др. Энерготехнология химико-технологических производств. Харьков, 1998. - 84.
12. Химико-технологические системы. / Под ред. Мухленова И.П. Л.: Химия, 1986. – 424с.
13. Царева З.М., ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., Орлова Е.И. Основы теории химических реакторов. Харьков: ХГПУ, 1997. – 624с.
14. Эксергетические расчеты технических систем. / Под ред. Бродянского В.М. К.: Наукова думка, 1991. – 360с.

## **РОЗДІЛ 4.**

### ***Оптимізація складних технологічних систем***

Постанова задач оптимізації складних систем. Критерії оптимальності роботи складних систем. Класифікація задач оптимізації. Класифікація методів оптимізації складних систем.

Декомпозиційні методи оптимізації технологічних систем. Постановка задачі декомпозиції. Декомпозиція шляхом розподілу ресурсів (метод розподілу обмежень). Декомпозиція з проміжними завданнями (метод закріплень). Декомпозиція з проміжними цінами (метод цін). Загальні положення, сутність, алгоритми методів.

Постановка задачі багатокритеріальної оптимізації. Принцип оптимальності за Парето. Основні підходи до побудови множин Парето: згортка критеріїв, ієрархічна оптимізація. Функція бажаності Харрінгтона.

Постановка задачі глобальної оптимізації. Класифікація методів глобальної оптимізації. Евристичні методи: метод “підйому на перевал”, метод “важкої кулі”, метод тунельних функцій. Алгоритми випадкового пошуку глобального оптимуму одномірних функцій: метод виділення інтервалів унімодальності, метод наближучих моделей.



Алгоритми випадкового пошуку глобального оптимуму функцій декількох змінних. Мультистрат. Методи розгортки при пошуку глобального оптимуму: зведення до сукупності задач глобальної одномірної мінімізації; рішення задачі глобальної умовної оптимізації за допомогою розгортки Пеано. Методи випадкового пошуку в глобальній оптимізації: кластерний метод, метод конкуруючих точок.

Генетичні алгоритми оптимізації. Основні поняття і визначення. Робота генетичного алгоритму. Типи кроссоверів. Моделі генетичних алгоритмів. Переваги і недоліки генетичних алгоритмів.

Поняття про динамічну оптимізацію систем. Постановка задачі оптимального управління. Принцип максимуму Л.С. Понтрягина. з безпосереднім використання принципу максимуму. Рішення задачі оптимального управління. Метод варіацій в просторі управлінь. Рішення задачі оптимального управління зведенням до задачі нелінійного програмування.

Характеристика і формулювання задачі оптимізації в умовах невизначеності. Типи (форми) невизначеності. Класифікація невизначених параметрів. Математична постановка задачі. Основні положення та типи задач стохастичного програмування. Стохастичні моделі математичного очікування. Теорема опуклості Задачі стохастичного програмування з ймовірнісними обмеженнями. Детерміновані еквіваленти ймовірнісних обмежень. Теорема еквівалентності. Стохастична задача оптимізації резервування. Стохастична задача пошуку оптимального складу багатокомпонентної суміші. Стохастичне подієве програмування. Невизначене середовище, події та ймовірнісна функція подій. Принцип невизначеності. Однокритеріальне, багатокритеріальне та цільове подієве програмування. Стохастична задача оптимізації водоспоживання. Стохастична задача

Поняття інтервальної моделі. Основи інтервального аналізу статистичних даних. Область значень параметрів та оцінка коефіцієнтів інтервальної моделі. Вибір найкращої інтервальної моделі. Проблема покращуваності та розрізнення рішень при оптимізації в умовах невизначеності. Множина рішень, що не покращуються і її властивості. Описання та класифікація бінарних відношень. Задачі оптимізації на основі бінарних відношень.

Критерії оптимальності рішень, одержаних з інтервальними моделями. Критерії лінійно-параметричної функції, функції довільного виду, лінійної комбінації меж. Приклад оптимізації ХТС на основі інтервальної моделі.

Поняття нечіткої невизначеності. Особливості задачі оптимізації в умовах нечіткої невизначеності. Принцип Белльмана-Заде. Ієрархія пріоритетів, шкала Сааті. Приклад вирішення задачі оптимізації в умовах нечіткої невизначеності.

#### **Література до розділу:**

1. Алтунин, А.Е., Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Монография [Текст] / А.Е. Алтунин, М.В.Семухин; – Тюмень: Изд-во ТГУ, 2000. – 352 с. – Бібліогр.: с.303-323. – ISBN
2. Воцинин А.П., Оптимизация в условиях неопределенности [Текст]: Книга+дискета. / А.П. Волошин, Г.Р. Сотиров. – МЭИ(СССР), «Техника» (НРБ), 1989. – 224 с., ил. ISBN 5-7046-0001-8
3. Гладков Л.А., Корейчук В.В., Корейчук В.М. Генетические алгоритмы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, - 320 с.
4. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. Учебное пособие [Текст] / Н.П. Деменков., МГТУ имени Н.Э. Баумана. – Москва : Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005. – 200 с.: ил. – Бібліогр.: с.194-197. – ISBN 5-7038-2742-6
5. Дилигенский, Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. [Текст] / Дилигенский Н. В., Дымова Л. Г., Севастьянов П. В. – М. : «Машиностроение – 1», 2004. – 397 с. . – Бібліогр.: с.372-977. – ISBN

6. Лэсдон, Л. Оптимизация больших систем [Текст] / Л. Лэсдон; перевод с англ. под ред. А.А. Первозванского; Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – Москва, Наука, 1975. – 432 с.
7. Лю Б., Теория и практика неопределенного программирования (Адаптивные и интеллектуальные системы) [Текст] / Баодин Лю; Пер. с англ. – , БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 416.: ил. – ISBN 5-94774-241-1
8. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара; перевод с англ. под ред. И.Ф. Шахнова. – Москва, Мир, 1975. – 344 с.
9. Островский, Г.М. Оптимизации в химической технологии [Текст] / Г.М. Островский, Ю.М. Волин, Н.Н. Зиятдинов; издательство «Фдн» Академии наук РТ. – Москва, «Фдн», 2005. – 394 с. ISBN 5-9690-0045-0
10. Островский, Г.М. Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизация: учебное пособие [Текст] / Г.М. Островский, Ю.М. Волин. – Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 319 с.: ил. ISBN 978-5-94774-732-4
11. Семенкин, Е. С. Методы оптимизации в управлении сложными системами [Текст]: Учебное пособие / Е.С. Семенкин, О.Э. Семенкина, В.А. Терсков; Россия. Министерство внутренних дел. – Красноярск: Сибирский юридический институт, 2000. – 254 с. – ISBN 5–93182–008–6.
12. Федоренко, Р.П. Приближенное решение задач оптимального управления [Текст] / Р.П. Федоренко; Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – Москва, Наука, 1978. – 488 с.

## **РОЗДІЛ 5.**

### ***ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ***

Передумови виникнення концепції і визначення поняття «Сталий Розвиток». Виміри та складові сталого розвитку. Основні етапи формування концепції сталого розвитку. Приклади несталого розвитку. Проблеми сталого розвитку суспільства. Еволюція 5-ти суспільств: доаграрне, аграрне, індустріальне, постіндустріальне та наносуспільство. Майбутнє суспільство знань. Передісторія ролі інженерів у сталому розвитку. Методи оптимізації виробництва на зменшення відходів. Метрики сталого розвитку в інженерії. Розвиток системи індикаторів та індексів.

Принципи «зеленої» економіки за формулюванням ЮНЕП. Принципи «зеленої» економіки в ЄС. Корпоративна соціальна відповідальність. Поняття багатооборотної економіки. Економіка з багатооборотним використанням продукції. Парадигма «від колиски до колиски». Перехід до оборотної економіки. Приклади реалізування парадигми «від колиски до колиски». Способи подолання проблем з відходами. Відходи як вторинні ресурси. Логістика утилізації відходів. Екологічна політика в напрямку утилізації побутових відходів. Рециклінг. Технології вторинної переробки. Уживані технології. Актуальні наукові розробки в області поводження з відходами. Види вторинної сировини. Обладнання та утилізації сміття. Стале керування твердими побутовими відходами. Законодавчі акти України і ЄС у сфері поводження з відходами. Комплексна муніципальна програма поводження з відходами побутового електронного та електричного устаткування. Світлове забруднення Землі. На шляху до визначення цілі промислової екології. Принципи промислової екології. Стале використання ресурсів. Матеріали та енергетичний потік. Наслідки стійкості для промислової екології. Засоби управління системою для підтримки промислової екології. Еко-промислові парки і мережі.

Проблеми техногенної безпеки в Україні. Техногенні надзвичайні ситуації. Класифікація техногенних надзвичайних ситуацій. Ознаки надзвичайних ситуацій. Надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру. Система організації техногенної безпеки. Керування технічною безпекою. Структурна схема промислової безпеки. Аналіз та керування безпекою: виробництво – навколишнє середовище. Загрози надзвичайних ситуацій. Класифікація ризиків. Математичне визначення ризику. Загальна характеристика ризиків. Індивідуальний та колективний ризику. Потенційний територіальний та соціальний ризику. Екологічний ризик.

Екологічні стандарти. Оцінювання впливу на довкілля. Екологічне стандартизування: цикл та задачі. Екологічна сертифікація. Екологічний аудит. Екологічне маркування. Системи екологічного керування. Схема PDCA та модель екологічного керування на її основі у деталях. Мислення життєвого циклу. Підродина стандартів ISO 1404X та оцінювання життєвого циклу. Поняття життєвого циклу продукції. Функціональна одиниця, одиничний процес і межі продукційної системи. Фази оцінювання життєвого циклу в деталях.

Екологічний аудит і «зелені» технології. Що таке екологічно дружня технологія? Програми «зелена хімія» та «зелена інженерія» і їх зв'язок зі сталим розвитком. Приклади зелених проектів, технологій та рішень. Програми розвитку виробництв в напрямку сталого розвитку. Розробка рамочної програми сталого розвитку підприємств. Розвиток підходів до охорони навколишнього середовища. Основні поняття з області охорони навколишнього середовища й чистого виробництва. Проект чистого виробництва. Планування та організація проекту чистого виробництва. Генерування варіантів. Оцінка ресурсоефективності. Хімічний лізинг. Безвідходні та маловідходні технології. Застосування біотехнологій.

Особливі види автоматичних систем регулювання: системи двопозиційного регулювання; каскадні та каскадно-комбіновані системи регулювання; екстремальні системи регулювання; системи регулювання з взаємопов'язаними регульованими величинами; системи непрямого регулювання.

### Література до розділу:

1. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти / Міжнар. рада з науки (ICSU) та ін.; наук. кер. проекту М. З. Згуровський. - К.: НТУУ «КПІ», 2012. - Ч. 1. Глобальний аналіз якості та безпеки життя людей (2011-2012).
2. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти: монографія / Міжн. рада з науки (ICSU) та ін.; наук. кер. проекту М. З. Згуровський. - К.: НТУУ «КПІ», 2014. - Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку (2013). - 172 с.
3. Андрейчук Ю.М. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі [Текст] / Ю.М. Андрейчук, Т.С. Ямелинець // навч. посіб. – Львів: «Простір-М», 2015. – 284 с.
4. Большаков Б.Е, Инженерия устойчивого развития [Текст] / Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л // монографія. – М.: РАЕН, 2012. – 507 с.
5. Данилишин, Б. М. Економіка природокористування: підручник / Данилишин Б. М, Хвесик М. А., Голян В. А. - К.: Кондор, 2010. - 465 с.
6. Згуровський М.З. Основы устойчивого развития общества [Текст]: курс лекций в 2 ч. / М.З. Згуровський, Г.А. Статюха. – К.: НТУУ «КПІ», 2010.- Ч. 1. – 464 с.
7. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Підручник /Лаврик В.І., Боголюбов В.М., Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. / За ред. докт. техн. наук В.І. Лаврика. - К.: ВЦ «Академія», 2010. - 400 с.
8. Моніторинг довкілля: підручник /В.М. Боголюбов, М.О. Клименко, В.В. Мокін та ін.; за ред.. В.М. Боголюбова і Т.Д. Сафрзнова. - Херсон: 2011. - 530 с.
9. Прокопенко, О.В. Сталий розвиток підприємства, регіону, суспільства: інноваційні підходи до забезпечення [Електронний ресурс] / проф. О.В. Прокопенко // монографія. – Польща: Drukarnia i tudio Graficzne Omnidium, 2014.
10. Промислова екологія: навч. посіб. / С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, І.А. Соколовський та ін. / [Текст] — 2-ге вид., виправл. і доповн. — К. : Знання, 2012. — 430 с. — (Вища освіта XXI століття).
11. Ризик-менеджмент сталого розвитку енергетики: інформаційна підтримка прийняття рішень [Текст] / Н.В. Караєва, С.В. Войтко, Л.В. Сорокіна // навч. посіб. – К.: Альфа Реклама, 2013. – 308 с.
12. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом [Текст] / Дж. Рифкин // перевод с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014. - 410 с.

13. Сталый розвиток. Короткий термінологічний словник для магістрів усіх напрямів підготовки [Текст] / Уклад.: М.З. Згуровський, Г.О. Статюха, І.М. Джигирей. – К.: НТУУ "КПІ", 2008. – 52 с.
14. Техноекологія: навчальний посібник / О.І Бондар, В.М Боголюбов, М.С. Мальований та ін. – Херсон: ПП Олді-плюс, 2011. – 314 с.
15. Cameron A. A guidebook to the Green Economy: Issue 1: Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development– history, definitions and a guide to recent publications [Text] / Allen Cameron, Clouth Stuart. – UN Division for Sustainable Development, 2012. – 64 p.
16. Modern Technologies and the Development of Polytechnic Education 2015 / Alexandr Khanchuk, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; Evgeny Sklyarov, Far Eastern Federal University; Kaoru Maruta, Tohoku University – 2016. - 225 p.
17. Peter Gevorkian, Alternative Energy Systems in Building Design [Text] / Peter Gevorkian // Green Source Books. – McGrawHill – 2010. – 544 p.
18. Washington, D. C Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development / D.C. Washington // The World Bank, 2012. – 171 p.

## Критерії оцінювання знань вступників

Білет випробування складається з практичних завдань та питань практичної спрямованості. **Загальна кількість завдань у білеті – п'ять. Оцінюванню підлягають чотири завдання білета за власним вибором вступника.** Ваговий бал кожного завдання – 25 балів. Відповідаючи на питання практичного спрямування, вступник має продемонструвати не лише знання основних положень дисципліни, а і вміння їх застосовувати до практичних ситуацій, в тому числі творчо. Оцінювання такого завдання проводиться за наступною шкалою:

- надано повна відповідь на запитання – 25 балів;
- достатньо повна відповідь на запитання, містить не менше 90% потрібної інформації – від 23 до 24 балів;
- вірна відповідь на запитання містить не менше 75% потрібної інформації – від 18 до 22 балів;
- в цілому вірна відповідь на запитання містить не менше 60% потрібної інформації – від 15 до 17 балів;
- незадовільна відповідь на запитання, містить менше 60% потрібної інформації – від 1 до 14 балів;
- відповідь на запитання відсутня – 0 балів.

Практичне завдання передбачає розв'язання студентом типових задач з дисципліни. Оцінювання практичного завдання проводиться за наступною шкалою:

- підхід вірний, відповідь вірна – 25 балів;
- підхід вірний, проте відповідь невірна через наявність незначних помилок, які, однак, не ставлять під сумнів глибоке розуміння вступником матеріалу – від 21 до 24 балів в залежності від кількості вказаних помилок;
- підхід в цілому вірний, проте наявні достатньо грубі помилки, що не дають змоги одержати вірну відповідь – від 15 до 20 балів в залежності від кількості та грубості помилок;
- вірно наведені лише фрагменти розв'язку, проте сам розв'язок відсутній, або повністю невірний – від 1 до 14 балів в залежності від кількості та правильності наявних елементів;
- невірно обрано підхід до розрахунку, невірно вказані розрахункові формули або завдання відсутнє – 0 балів.

В разі, якщо студент не закінчив виконання роботи вчасно, та частина роботи, що не виконана оцінюється як відсутня. Сума рейтингових балів вступника за **чотири завдання білета за його власним вибором** утворює сумарну рейтингову оцінку (**RD**), яка переводиться у відповідну оцінок ECTS та її числовий еквівалент згідно з таблицею:

<b><i>RD, балів</i></b>	<b><i>Оцінка ECTS</i></b>	<b><i>Чисельний еквівалент</i></b>
$95 \leq RD$	<i>відмінно</i>	<b>5,0</b>
$85 \leq RD < 95$	<i>дуже добре</i>	<b>4,5</b>
$75 \leq RD < 85$	<i>добре</i>	<b>4,0</b>
$65 \leq RD < 75$	<i>задовільно</i>	<b>3,5</b>
$60 \leq RD < 65$	<i>достатньо</i>	<b>3,0</b>
$RD < 60$	<i>не задовільно</i>	<b>0,0</b>