

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи з дисципліни
«МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»
*(для здобувачів, які навчаються за спеціальністю 275 «Транспортні
технології (за видами)»)*
(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
« Логістичне управління та безпека
руху на транспорті»
Протокол №9 від 10.11.2021

УДК 658.86

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Методи наукових досліджень» (для здобувачів, які навчаються за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)», для усіх форм навчання) (Електронне видання) / Уклад.: Н.Б. Чернецька-Білецька, І.О. Баранов – Северодонецк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 34с.

Методичні вказівки містять рекомендації до самостійної роботи з дисципліни «Методи наукових досліджень». Наведені основні принципи та алгоритми виконання самостійної роботи здобувачів за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)».

Укладачі:

Н.Б. Чернецька-Білецька, д.т.н., проф.
І.О. Баранов, к.т.н., доц.

Рецензент:

С.О. Ключев, к.т.н., доц.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Самостійна робота передбачає вивчення тем, передбачених в лекційному курсі дисципліни, а також виконання самостійної роботи відповідно з індивідуальним завданням.

Ступінь засвоєння матеріалу перевіряється на контрольних роботах, виконуваних після вивчення матеріалу, і практичних заняттях.

Тема 1. Наука – продуктивна сила суспільства. Вибір напрямку та етапи науково-дослідної роботи

Роль науки у розвитку суспільства. Особливості організації та управління науки. Вибір напрямку наукового дослідження. Класифікація наукових досліджень. Етапи науково-дослідної роботи.

Література: [1, с. 44–56].

Контрольні питання

- 1 Як підрозділяються наукові дослідження з цільовому призначенню?
- 2 Що розуміється під науковим напрямком?
- 3 Які завдання виконує галузева науково-дослідна лабораторія?
- 4 Які цілі ставляться в науково-дослідній роботі?
- 5 Яку інформацію містить техніко-економічне обґрунтування теми НДР?

Тема 2. Методологія наукового дослідження. Методи емпіричних і теоретичних досліджень

Методи емпіричного дослідження. Методи, використовувані на емпіричному і теоретичному рівнях дослідження. Методи теоретичних досліджень.

Література: [1, с. 79–85, 88–130].

Контрольні питання

- 1 Які методи емпіричного дослідження Вам відомі?
- 2 Які методи використовуються на емпіричному рівні дослідження?
- 3 Які методи використовуються на теоретичному рівні дослідження?
- 4 Які методи теоретичних досліджень Вам відомі?

Тема 3. Методи технічної творчості

Евристичні методи технічної творчості: мозковий штурм, синектика, метод морфологічного аналізу, метод контрольних питань, алгоритм розв'язання винахідницьких завдань. Комп'ютерні методи пошукового конструювання: узагальнений винахідницький алгоритм, функціонально-вартісний аналіз.

Література: [2, с. 11–19, 48–53; 5, с. 162–177, 189–212].

Контрольні питання

- 1 Дайте характеристику методу мозкового штурму.
- 2 Особливість проведення «сесії синекторів».
- 3 Особливість морфологічного аналізу і область застосування.
- 4 Особливість функціонально-вартісного аналізу та область застосування.

Тема 4. Використання прийомів.

Ефектів і стандартів при вирішенні винахідницьких задач

Фонд евристичних прийомів. Фонд фізико-технічних ефектів. Поняття вепольний аналізу. «Стандарти» рішення винахідницьких задач.

Література: [2, с. 64–70; 4, с. 70–100].

Контрольні питання

- 1 Як формулюється технічне протиріччя? Наведіть приклад.
- 2 У чому сутність евристичних прийомів?
- 3 Сформулюйте правило побудови Веполь. Наведіть приклад.
- 4 Сформулюйте правило руйнування Веполь. Наведіть приклад.
- 5 Сформулюйте правило переходу до ланцюговому ВЕПОЛЬ. Наведіть приклад.
- 6 Сформулюйте правило переходу до феполю. Наведіть приклад.
- 7 Сформулюйте правило виявлення фізичних ефектів. Наведіть приклад.

Тема 5. Закони розвитку технічних систем

Життєвий цикл технічної системи. Закони розвитку технічних систем: статичні, кінематичні, динамічні.

Література: [2, с. 19–30].

Контрольні питання

- 1 Які закони розвитку ТС відносяться до статичних?
- 2 Які закони розвитку ТС відносяться до кинематическим?
- 3 Які закони розвитку ТС відносяться до динамічних?
- 4 Як пов'язані з кривою життєвого циклу ТС показники кількості винаходів, ефективності, рівня винаходів?

Тема 6. Експериментальні дослідження. Планування експерименту

Завдання експерименту. Параметри оптимізації. Вимоги до факторів експерименту. Планування однофакторного експерименту. Планування багатфакторного експерименту.

Література: [3, с. 172–201].

Контрольні питання

- 1 Які вимоги пред'являються до параметру оптимізації, факторам експерименту?
- 2 У якому випадку проводяться однофакторні експерименти?
- 3 Якими властивостями володіє матриця експерименту?
- 4 Запишіть матрицю виду 2^4 .
- 5 Які властивості має ротатабельний композиційний план? Наведіть приклад.
- 5 Які властивості має ортогональний композиційний план? Наведіть приклад.

Тема 7. Обробка результатів експериментів

Методи графічної обробки результатів вимірювань. Методи підбору емпіричних формул. Регресійний аналіз. Оцінка адекватності теоретичних рішень за критеріями Фішера, Пірсона, Романовського, Колмогорова.

Література: [1, с. 277–353].

Контрольні питання

- 1 Особливості регресійного аналізу.
- 2 Як оцінюється адекватність моделі за критерієм Фішера?
- 3 Як оцінюється адекватність моделі за критерієм Колмогорова?
- 4 Як оцінюється адекватність моделі за критерієм Пірсона?
- 5 Як оцінюється адекватність моделі за критерієм Романовського?

Тема 8. Оформлення результатів НДР та підготовка заявки на винахід

Основні види наукової продукції: науково-технічні звіти, статті, монографії, винаходи та дисертації. Основні вимоги до їх оформлення.

Література: [1, с. 331–337; 6].

Контрольні питання

- 1 Порядок оформлення звіту по НДР.
- 2 Порядок підготовки статті.
- 3 Порядок оформлення заявки на винахід.

Графік виконання самостійної роботи

№ з/п	Зміст роботи	Термін виконання, тиждень
1	Видача індивідуального завдання на самостійну роботу	1
2	Контроль знань за темами	10
3	Захист самостійної роботи	12
4	Контроль знань за темами	14

Перелік завдань на самостійну роботу

Самостійна робота передбачає написання реферату за індивідуальним завданням. В якості індивідуального завдання можуть бути такі види роботи:

- аналітичний огляд літературних джерел за темою наукової роботи;
- розробка алгоритму і файлу програми для виконання математичного моделювання та оптимізації;
- підготовка статті до збірника наукових статей;
- підготовка заявки на винахід.

Оформлення самостійної роботи

Звіт по самостійній роботі оформляється у вигляді реферату обсягом 8-12 сторінок формату А4. Вимоги щодо оформлення звіту з самостійної роботи відображені в методичних вказівках [6].

Захист звіту по самостійній роботі проводиться на практичних заняттях з дисципліни на 12-у навчальному тижні.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1 Основы научных исследований / под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М. : Высшая школа, 1989.

2 Тулупов В. І. Основи технічної творчості та наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вузів / В. І. Тулупов, Є. В. Мішура, В. Б. Мішура ; Донбас. держ. машинобуд. акад. — Краматорськ : ДДМА, 2010. — 123 с.

3 Моделирование и оптимизация в машиностроении / В. В. Душинский, С. Г. Кравченко. – К. : НМК ВО, 1993.

4 Альтшуллер Г. С. Крылья для Икара: Как решать изобретательские задачи / Г. С. Альтшуллер. – Петрозаводск : Карелия, 1980.

5 Половинкин А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988.

6 Структура и правила оформления текстовых документов : методические указания для студентов всех специальностей / сост. В. М. Гах. – Краматорск : ДГМА, 1999. – 33 с.

МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

МЕТА РОБОТИ – придбання знань з призначення та структури програми і методики експериментальних досліджень

Як результат проведення практичних занять студент повинен:

знати: структуру, зміст розділів, оціночні показники технологічних процесів;

вміти: розробляти програму і методику експериментальних досліджень.

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

Вивчити:

- а) призначення та структуру програми і методики досліджень [1-3];
- б) основи вимоги до методики досліджень [1-3].

1.2 Питання для самостійної підготовки

1.2.1 Що таке методологія?

1.2.2 Що таке методика?

1.2.3 Назвіть методи наукових досліджень;

1.2.4 Назвіть загальнонаукові методи, які використовуються в теоретичних і емпіричних дослідженнях;

1.2.5 Назвіть основні методи моделювання та види математичних моделей.

1.3 Рекомендована література

1. Білуха М.Г. Основи наукових досліджень: Підручник для студ. екон. спец. вузів / М.Г. Білуха. – К.: Вища школа., 1997. – 271 с.
2. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень: Навч. посібник / О.В. Крушельницька. - К.: Кондор, 2003. - 192 с.
3. П'ятницька-Позднякова І.С. Основи наукових досліджень у вищій школі: Навч. посібник / І.С. П'ятницька-Позднякова. - К., 2003. - 116 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / *О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.*; За ред. С.С. Яцуна. - К.: Мета, 2003. - 448 с;
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум / *М.В. Бакум, О.М. Горбатовський, Ю.О. Манчинський та ін.*; За ред. Ю.О. Манчинського. - Харюв: ХНТУСГ, 2005. - 196 с; ш.
6. Перельман В .П. Физико-механические свойства микроингредиентов комбикормов / *Перельман В.П., Бойко Л.М., Шевандина В.А.* // Мукомольно-элеваторная промышленность - 1970. - №1. -С. 39-40.
7. ГОСТ 13496.3-92 - Методика определения влажности материала.
8. ОСТ 70.19.2-83. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. - . - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 118 с.
9. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / *Веденяпин Г.В.* - [3-е изд., перераб. и доп.] - М.: Колос, 1973. - 198 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей/Вентцель Е.С.-М.: Наука, 1964.-276 с.
11. Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики / *Смирнов Н.В., Дунин-Барковський И.В.* - [3-е изд., стереотипное] - М.: Наука, 1969. - 512 с.
12. Адлер Ю.И. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Адлер Ю.И., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* - М.: Наука, 1976. -279с.
13. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / Винарский М.С, Лурье М.В. - К.: Техника, 1975. - 168 с.

14. Мельников СВ. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / Мельников СВ., Алешкин В.Р., Рошин П.М. - Л.: Колос, 1980. - 168 с.
15. Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / Налимов В.В., Чернова Н.А. - М.: Наука, 1965.- 340 с.
16. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов / Спиридонов А.А., Васильев Н.Г. - Свердловск: изд. УПИ им. С.М. Кирова, 1975. - 140 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

2.1.1 Вивчити призначення та структуру програми та методики досліджень.

2.1.2 Розробка програми та методики досліджень.

2.2 Основні положення матеріалу, що вивчається

2.2.1 Методологія дослідження

1. Для дослідників-початківців дуже важливо мати уявлення про методологію та методи наукової творчості, оскільки саме на перших кроках до оволодіння навичками наукової роботи найбільше виникає питань саме методологічного характеру. Передусім бракує досвіду у використанні методів наукового пізнання, застосуванні логічних законів і правил, нових засобів і технологій. Тому є сенс розглянути ці питання докладніше.

Складність, багатогранність і міждисциплінарний статус будь-якої наукової проблеми приводять до необхідності її вивчення у системі координат, що задається різними рівнями методології науки.

Методологія (гр. *methodos* - спосіб, метод і *logos* - наука, знання) - вчення про правила мислення при створенні теорії науки.

Питання методології досить складне, оскільки саме це поняття тлумачиться по-різному. У вітчизняній науковій традиції методологію розглядають як учення про науковий метод пізнання або як систему наукових принципів, на основі яких базується дослідження і здійснюється вибір сукупності пізнавальних засобів, методів, прийомів дослідження. Найчастіше методологію тлумачать як теорію методів дослідження, створення концепцій, як систему знань про теорію науки або систему методів дослідження.

Методику розуміють як сукупність прийомів дослідження, включаючи техніку і різноманітні операції з фактичним матеріалом.

Методологія виконує такі функції:

- визначає способи здобуття наукових знань, які відображають динамічні процеси та явища;

- направляє, передбачає особливий шлях, на якому досягається певна науково-дослідницька мета;

- забезпечує всебічність отримання інформації щодо процесу чи явища, що вивчається;
- допомагає введенню нової інформації до фонду теорії науки;
- забезпечує уточнення, збагачення, систематизацію термінів і понять у науці;
- створює систему наукової інформації, яка базується на об'єктивних фактах і логіко-аналітичний інструмент наукового пізнання.

Ці ознаки поняття "методологія", що визначають її функції в науці, дають змогу зробити такий висновок: **методологія** - це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.

Методологія - вчення про систему наукових принципів, форм і способів дослідницької діяльності - має чотирирівневу структуру. Нині розрізняють фундаментальні, загальнонаукові принципи, що становлять власне методологію, конкретно наукові принципи, що лежать в основі теорії тієї чи іншої дисципліни або наукової галузі, і систему конкретних методів і технік, що застосовуються для вирішення спеціальних дослідницьких завдань.

Загальнонаукова методологія використовується в усіх або в переважній більшості наук, оскільки будь-яке наукове відкриття має не лише предметний, але й методологічний зміст, спричиняє критичний перегляд прийнятого досі понятійного апарату, чинників, передумов і підходів до інтерпретації матеріалу, що вивчається.

До загальнонаукових принципів дослідження належать: історичний, термінологічний, функціональний, системний, когнітивний (пізнавальний), моделювання та ін.

Розвиток методології - одна зі сторін розвитку пізнання в цілому. Спочатку методологія ґрунтувалася на знаннях, які диктувала геометрія як наука, де містилися нормативні вказівки для вивчення реального світу. Потім методологія виступала як комплекс правил для вивчення всесвіту і перейшла у сферу філософії.

2.2.2. Методи дослідження

Методологічні положення і принципи знаходять своє тактичне втілення в методах дослідження.

Метод (гр.. methodos) – спосіб пізнання, дослідження явищ природи і суспільного життя. Це також сукупність прийомів чи операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих вивченню конкретного завдання.

Різниця між методом та теорією має функціональний характер: формулюючись як теоретичний результат попереднього дослідження, метод виступає як вихідний пункт та умова майбутніх досліджень. У найбільш загальному розумінні метод – це шлях, спосіб досягнення поставленої мети і завдань дослідження. Він відповідає на запитання: як пізнавати.

Методика (гр. methodike) - сукупність методів, прийомів проведення будь-якої роботи. Методика дослідження - це система правил використання методів, прийомів та операцій.

У науковому дослідженні часто застосовують метод критичного аналізу наукової і методичної літератури, практичного досвіду, як того потребує рівень методики і техніки дослідження. У подальшій роботі широко використовуються такі методи: спостереження, бесіда, анкетування, рейтинг, моделювання, контент-аналіз, експеримент та ін.

Загальнонаукові методи використовуються в теоретичних і емпіричних дослідженнях. До них належать:

- аналіз і синтез;
- індукція і дедукція;
- аналогія і моделювання;
- абстрагування і конкретизація;
- системний аналіз.

Аналіз (від грец. — розклад, рос. анализ, англ. analysis, нім. Analyse) — розчленування предмета пізнання, абстрагування його окремих сторін.

Метод дослідження, який включає в себе вивчення предмета за допомогою мисленого або практичного розчленування його на складові елементи (частини об'єкта, його ознаки, властивості, відношення). Кожна із виділених частин аналізується окремо у межах єдиного цілого. Протилежне — синтез.

Синтез (від грец. — поєднання, з'єднання, складання) — поєднання абстрагованих сторін предмета і відображення його як конкретної цілості; метод вивчення об'єкта у його цілості, у єдино-

му і взаємному зв'язку його частин. У процесі наукових досліджень синтез пов'язаний з аналізом, оскільки дає змогу поєднати частини предмета, розчленованого у процесі аналізу, встановити їх зв'язок і пізнати предмет як єдине ціле. Уточнення логічної форми (будови, структури) міркування засобами формальної логіки. Синонім наукового дослідження взагалі.

Індукція — це процес судження, котрий досягає висновку, що при наявному стані знань є напевно істинний, але не гарантує його. Індуктивний висновок може бути спростований або узагальнений при наявності додаткових фактів. Інакше, індукція полягає у формулюванні закону ґрунтуючись на обмеженому об'ємі спостережень, подій, що повторюються. Індукція оперує набором неповних фактів, та на їх основі робить висновок який напевно слідує, не даючи жодних гарантій щодо його істинності. Незважаючи на це, індукція дає можливість набувати нові знання, котрі не є очевидними при розгляді вихідних тверджень.

Прикладами індуктивних висновків є, наприклад, наступні пари спостереження/висновок: Цей лебідь білий. Всі лебеді білі.

Дедукція - це процес виведення висновку що гарантовано слідує, якщо вихідні припущення істинні та вивід на їх підставі є чинним. Висновок повинен базуватись виключно на основі попередньо наведених доказів, та не повинен містити нової інформації про предмет що досліджується. Часто зустрічається помилкова думка що дедукція рухається від загального до окремого, та що індукція це рух у зворотному напрямку.

Аналогія — (грец. — **відповідність**) — подібність, схожість у цілому відмінних предметів, явищ за певними властивостями, ознаками або відношеннями.

Аналогія в логіці — умовивід, в якому від схожості предметів за одними кому від схожості предметів за одними ознаками робиться висновок про можливу схожість цих предметів за ін. ознаками. В умовиводах за А. знання, набуте при розгляді якогось об'єкта (моделі), переноситься на інший, менш доступний для дослідження, менш наочний. Умовиводи за А. щодо конкретних об'єктів є гіпотетичними — правильність їх виявляється дальшим дослідженням і перевіркою. В сучасній науці розвинутою галуззю застосування А. є т. з. теорія подібності, що використовується при моделюванні.

Моделювання (англ. simulation) — подання різноманітних характеристик поведінки фізичної чи абстрактної системи за допомогою іншої системи.

Під моделлю розуміють уявну або матеріальну систему, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, може замінити його так, що її вивчення дає нову інформацію про цей об'єкт.

Метод моделювання має таку структуру:

- а) постановка завдання;
- б) визначення аналога;
- в) створення або вибір моделі;
- г) розробка конструкту;
- д) дослідження моделі;
- е) переведення знань з моделі на оригінал.

За допомогою моделювання вивчаються ті процеси і явища, що не піддаються безпосередньому вивченню. Метод моделювання зарекомендував себе як ефективний засіб виявлення суттєвих ознак явищ та процесів за допомогою моделі (концептуальної, вербальної, математичної, графічної, фізичної тощо).

Абстрагування (від лат. abstrahere - відволікати) - метод відволікання, який дає змогу переходити від конкретних питань до загальних понять і законів розвитку. Він застосовується в економічних дослідженнях для перспективного планування, коли на основі вивчення роботи підприємств за минулий період прогнозується розвиток галузі або регіону на майбутній період.

Строго структурована методологія для створення і підтвердження фізичного, математичного або логічного представлення системи, об'єкта, явища або процесу.

Конкретизація (від лат. concretus - густий, твердий) - метод дослідження предметів у всій різнобічності їх, у якісній багатосторонності реального існування на відміну від абстрактного вивчення предметів. При цьому досліджується стан предметів у зв'язку з певними умовами їх існування та історичного розвитку.

Системний аналіз — вивчення об'єкта дослідження як сукупності елементів, що утворюють систему. У наукових дослідженнях він передбачає оцінку поведінки об'єкта як системи з усіма факторами, які впливають на його функціонування. Цей метод широко застосовується у наукових дослідженнях при комплексному вивченні дія-

льності виробничих об'єднань і галузі в цілому, визначенні пропорцій розвитку галузей економіки тощо.

Вибір конкретних методів дослідження диктується характером фактичного матеріалу, умовами і метою конкретного дослідження. Методи з упорядкованою системою, в якій визначається їх місце відповідно до конкретного етапу дослідження, використання технічних прийомів і проведення операцій з теоретичним і фактичним матеріалом у заданій послідовності.

2.2.3 Структура методики досліджень

Структура і вимоги представлені у додатках А1, А2

2.3 Оснащення робочого місця

Методичні вказівки до даної роботи з розрахунку одна на двох студентів.

2.4 Вихідні дані до виконання роботи

Вихідні дані для виконання роботи не потрібні.

2.5 Рекомендації щодо виконання роботи й оформлення звіту

ту

Робота виконується за програмою пункту 2.1.

Пропонована форма звіту містить:

- а) найменування та мету досліджень;
- б) проект програми та методики досліджень ;

2.6 Питання для самоконтролю

2.6.1 Поняття методології та методу досліджень.

2.6.2 Основні методи наукових

2.6.3 Загальнонаукові методи, які використовуються в теоретичних і емпіричних дослідженнях.

2.6.4 Методи наукових досліджень.

ДОДАТОК А1

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У документі указується підстава для поведінки експериментальних досліджень, якими можуть бути плани науково дослідницьких робіт установи, а також мета досліджень. Метою проведення експериментальних досліджень, як правило, є перевірка результатів теоретичних досліджень, визначення оптимальних (раціональних) параметрів процесів, оптимізація конструктивно-кінематичних параметрів створюваного устаткування і ін.

Структура документа складається з таких основних розділів:

A1.1 Об'єкт, предмет і програма експериментальних досліджень

У відповідності з метою планується програма досліджень, де основними програмними питаннями являються:

- визначити механіко-технологічні властивості матеріалу, який використовується при проведенні досліджень;
- визначити закономірності зміни параметрів матеріалу (геометричних, якісних, фізико-механичних властивостей і ін.) залежно від параметрів досліджуваного процесу;
- визначити продуктивність пристрою (устаткування) залежно від його конструктивно-кінематичних параметрів і механіко-технологічних властивостей матеріалу;
- визначити витрати потужності на процес ;
- визначити якісні показники виконання процесу;
- знайти раціональні конструктивні і кінематичні параметри робочих органів пристрою (устаткування) і порівняти їх з параметрами, отриманими теоретичним шляхом;
- провести випробування експериментального зразка пристрою (устаткування) у виробничих умовах і визначити техніко-економічну ефективність його застосування;
- на підставі результатів досліджень розробити рекомендації, необхідні для проектування дослідних зразків пристрою (устаткування).

A1.2 Експериментальна установка, прилади і пристрої, вживані в дослідженнях.

Приводяться схеми установки, опис технологічного процесу роботи, з вказівкою способів і параметрів регулювання. Приводяться фотографії установки і приладів, що свідчить про дійсність проведення досліджень і отримання нового наукового результату.

A1.3 Основні визначувані параметри і точність їх вимірювань

З метою визначення достовірності результатів експериментальних досліджень і придатності вибраних методів вимірювань, необхідно оцінити точність вимірів і вживаних приладів.

Мірою, що характеризує точність вимірювань, є похибки. Чим менше їх абсолютне значення (величини), тим вище точність вимірів.

Основними параметрами, які підлягають вимірюванню, є: геометричні параметри робочих органів, частота обертання валу електродвигуна, рідше кутова швидкість обертання, маса відібраного матеріалу, його фракційний склад, термін експозиції, коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя, вологість матеріалу, температура навколишнього середовища і ін. Також підлягають визначенню шляхом вимірювань екологічні параметри як результату функціонування процесу

A1.4. Методики виконання експериментальних досліджень

A1.4.1. Методика визначення механіко-технологічних властивостей матеріалів

Дослідження технологічного процесу і обґрунтування його раціональних параметрів (конструктивно-режимних параметрів устаткування) неможливе без вивчення основних фізико-механічних властивостей матеріалів, що використовуються при дослідженнях.

Як правило, досліджуються об'ємна щільність, вологість, кут природного укусу, коефіцієнт внутрішнього тертя і коефіцієнт тертя корму по сталі, деревині, ґрунту – в залежності від обставин. При цьому використовуються відомі методики, викладені в [1-3], а також оригінальні методики, що розробляються автором.

У більшості матеріалів, який використовується у дослідженнях, це дисперсна двофазна система: тверде тіло - газ, яка існує при відпо-

відних співвідношеннях фаз і характеризується об'ємною (насіпною) щільністю, і визначуваною по формулі

$$\gamma = m_t/V_t \quad (\text{A.1})$$

де m_t - маса об'єму сипкого матеріалу, кг;

V_t - об'єм, займаний даною кількістю матеріалу, м³.

Вологість сипких кормів визначалася по стандартній методиці [4], яка заснована на нагріві матеріалу в спеціальній бюксі, витримці його протягом 10 годин при температурі 105° С і охолодженні протягом 14 годин.

Відносна вологість матеріалу визначається по формулі

$$W = [(G_1 - G_2)/(G_1 - G_0)]100\% \quad (\text{A.2})$$

де G_0 - власна маса бюксі (сухою і чистою), кг;

G_1, G_2 - маса бюксі з матеріалом до і після сушки відповідно, кг.

Коефіцієнти зовнішнього тертя сипкого матеріалу по вибраних матеріалах визначається експериментальним шляхом на лабораторній установці. Досліди проводилися в п'ятикратній повторності для кожного виду поверхні матеріалу і виду корму. Набуті значення усереднюються.

Статичний коефіцієнт тертя сипкого матеріалу по поверхні визначається по формулі

$$f_{cm} = tg a_n \quad (\text{A.3})$$

де f_{cm} - статичний коефіцієнт тертя сипкого матеріалу по поверхні;

a_n - кут нахилу поверхні, град.

Динамічний коефіцієнт тертя визначають по емпіричній залежності

$$fg = (0,6...0,7) f_{cm} \quad (\text{A.4})$$

Коефіцієнт внутрішнього тертя сипкого матеріалу (кормів) визначається експериментально на лабораторній установці при допущенні, що для сипких матеріалів коефіцієнт внутрішнього тертя рівний тангенсу кута природного укусу, і обчислюється за формулою [1]

$$fi = tg \beta_i = H_i/R_i \quad (\text{A.5})$$

де fi - коефіцієнт внутрішнього тертя і-ої повторності;

β_i - кут природного укусу і-ої повторності, град;

H_i - висота конуса сипкого матеріалу при і-ої повторності, мм;

R_i - радіус підстави конуса при і-ої повторності, мм.

Гранулометричний склад матеріалу визначається методом ситового аналізу. Розсівання наважки кормів на фракції проводиться на

ситовому класифікаторові, що складається з набору сит з різними діаметрами отворів. Средньозважений діаметр частинок в цьому випадку визначався по формулі

$$d = \sum(d_i p_i / 100) = (d_1 p_1 + d_2 p_2 + \dots + d_n p_n) / 100 \quad (\text{A.6})$$

де d_i - середній розмір отворів двох суміжних сит, м;

p_i - ваговий вихід (маса) класу % (при масі наважки 100 г),
 $\sum p_i = 100\%$

Коефіцієнт Пуассона визначається таким чином. Еластичний стакан, призначений для визначення коефіцієнта Пуассона, має наступні розміри: довжина $l = 90$ мм, діаметр в середній частині стакана $d = 25$ мм. У нього насипається досліджуваний сипкий матеріал (наприклад концентрований корм) і ущільнюється з метою зменшення «порожнин» сипкого матеріалу для дотримання чистоти експерименту. Наповнений стакан встановлюється під шток, розгорнений поршнем вниз. Індикатор переміщення переводять в крайнє положення і розміщують на диску.

За допомогою вантажів ступінчасто через кожні 10Н подають навантаження P на шток. Поршень надає тиск на сипкий матеріал у середині еластичного стакана. При цьому відбувається зміна довжини насипаного матеріалу на величину Δl з одночасним збільшенням діаметру стакана на Δd .

За отриманими даними будуються графіки зміни довжини порції сипкого матеріалу в стакані і його діаметру від заданого навантаження. Вибирають ділянку графіка, на якому приріст показників діаметру і довжини мінімальні і для цієї ділянки проводять розрахунок. Коефіцієнт Пуассона визначається по формулі

$$\nu = \Delta d / \Delta l \quad (\text{A.7})$$

де Δd - величина зміни діаметру еластичного стакана;

Δl - величина зміни довжини еластичного стакана.

Модуль пружності концентрованих кормів визначається плоским штампом по методу загальних пружних деформацій (формула Ф.Шлейхера).

$$h = [p d(1-\nu^2)]/E, \quad (\text{A.8})$$

де h - величина деформації досліджуваного матеріалу при навантаженні, мм;

p - питомий тиск на матеріал, Н/м² ;

d - діаметр штамп, м;
 ν - коефіцієнт Пуассона, визначений по формулі (А.7);
 E - модуль пружності матеріалу, Па.

Питомий тиск на матеріал при застосуванні круглого штамп визначається як

$$p = 4N/(\pi \cdot d^2), \quad (\text{A.9})$$

де N - навантаження на штамп, Н;

d — діаметр штамп, м.

A1.4.2 Методика визначення продуктивності

Продуктивність процесу (устаткування) визначається у відповідність з вимогами ОСТУ 70.19.2-83 [5]. Проби відбираються в термін визначеної вимогами якості виконання процесу (від 1с і більше) з постійністю інтервалу часу в триразовій повторності. Кожна проба зважується, як правило, на вагах ВЛКТ - 500 - М, або визначається її об'єм, а далі підраховується її середнє значення і визначається продуктивність по формулі

$$Q = m/1000t = (V_n \rho)/t, \quad (\text{A.10})$$

де m , (V_n) – середнє значення маси (об'єму) проби, г;

t - час відбору проби, год;

ρ - щільність сипкого матеріалу, кг/м³.

A1.4.3. Методика визначення якісних показників роботи обладнання.

До якісних показників процесу дозування відносяться нерівномірність видачі потоку корму, показник питомої енергоємності, рівномірність змішування компонентів їх зволоження, подрібнення матеріалів, термічній обробки, витрат енергії і так далі

З причини того, що технологічні процеси в сільському господарстві носять стохастичний характер, то їх оцінка пов'язана з визначенням середнього значення і відхилення від нього. Найчастіше це оцінюється відношенням середнього відхилення від середнього арифметичного обчисленого у відсотках до середнього арифметичного (коефіцієнтом варіації) запропоновані Г.В. Веденяпіним [7], Е.С. Вентцелем [8], Н.В. Смирновим [9] і іншими.

При цьому обчислюється

1) - середнє зважене арифметичне:

$$\chi_{cp} = (\sum n_i x_i) / n \quad (\text{A.11})$$

де n - загальна кількість випробувань;

x_i — окреме значення варіюючого чинника;

2) - середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \{ [\sum (x_i - \chi_{cp})^2] / (n-1) \}^{0,5} \quad (\text{A.12})$$

3) - коефіцієнт варіації (у відсотках)

$$y = (\sigma / \chi_{cp}) 100 \quad (\text{A.13})$$

Витрати потужності на процес фіксується за допомогою контрольно-вимірального комплексу за свідченнями амперметра і вольтметра, а питома енергоємність визначалася по формулі [7]:

$$q_N = (N_{cp} / Q) 100\% = (\sum U_i I_i) Q / n, \quad (\text{A.14})$$

де N - споживана потужність, $N_{cp} = (\sum U_i I_i) / n$,

U_i - напруга струму в електричній мережі при i -том вимірі, В;

I_i - споживана сила струму при i -том вимірі, А;

n - кількість вимірів на одному режимі роботи дозуючого пристрою.

A1.4.4. Методика планування і проведення багатofакторного експерименту.

Глибоке вивчення технологічних процесів машин у поєднанні з сучасними методами досліджень (моделювання) є основою системного підходу до вирішення найбільш широких наукових завдань. Метод системного аналізу досліджуваних технологічних процесів включає оптимальне планування експерименту, розробку математичної моделі і прораховування цих процесів на ПК з метою їх інтенсифікації шляхом вибору оптимальних умов, в яких виконується технологічний процес.

Вирішення наукових завдань при неповному знанні самого механізму явища, яке не піддається опису аналітичними методами, можливо при використанні методу математичного багатofакторного планування експерименту [9-11]. В порівнянні з традиційними методами цей метод має багато переваг, з яких найбільш істотні наступні [12, 13]:

- значно скорочується число дослідів в порівнянні з однофакторним експериментом, де послідовно вивчаються дії кожного чинника;
- з'являється можливість узагальнити параметри досліджень у вигляді математичної моделі і дати їм статистичну оцінку;
- за рахунок отримання даних про роль взаємодії різних чинників між собою збільшується об'єм отримуваної інформації.

Суть методу математичного планування експерименту полягає в отриманні математичної моделі об'єкту дослідження у вигляді полінома (рівняння регресії) другого ступеню [10-13].

$$\theta = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{y_i x_j} x_i x_j + \sum b_u x_i^2 \quad (\text{A.15})$$

де y - критерій оптимізації (відгук), яким оцінюється об'єкт дослідження;

b - теоретичні коефіцієнти регресії (b_0 - вільний член, b_i - лінійні коефіцієнти регресії, β_y - коефіцієнти при взаємодії факторів, b_u - коефіцієнти при квадратичних членах;

x_i - незалежні змінні фактори.

Таким чином, формально метою експерименту є визначення чисельних значень рівняння регресії, а для визначення оптимальних умов протікання процесів знаходяться значення чинників $x_1, x_2 \dots, x_k$ відповідних екстремуму функції (A.15), іменованою функцією мети або цільовою функцією.

В даний час розроблена безліч планів другого порядку, що володіють різними властивостями, які дозволяють знайти чисельні значення всіх коефіцієнтів регресії і оцінити помилки експерименту. Для опису області оптимуму математичною моделлю набули найбільшого поширення композиційні ротабельні і ортогональні плани, а також некомпозиційні D-оптимальні плани [11], засновані на теорії сумісних ефективних оцінок, розвиненій американським математиком Кифером.

Основним з переваг D-оптимальних планів є те, що вони мінімізують узагальнену дисперсію або об'єм еліпсоїда розсіяння оцінок параметрів.

Ефективність D-оптимальних планів в концепції Кифера обумовлюються оптимальним розташуванням крапок в просторі чинників, тоді як в теорії ефективних оцінок Фішера ефективність оцінок

задається тільки оптимальним способом обробки результатів спостережень.

З експериментальної точки зору D-оптимальні плани заслуговують вельми пильної уваги, оскільки припускають варіювання чинників (для опису поверхні відгуку поліномом другого порядку) тільки на трьох рівнях замість 5 рівнів у ротабельних, ортогональних і інших планах. Це створює сприятливі умови при розробці експериментальної установки, спрощує і здешевлює її конструкцію, скорочує час проведення експериментів і дозволяє підвищити точність результатів експериментальних досліджень. Тому вважається за доцільне при експериментальному дослідженні застосовувати некомпозиційний D-оптимальний план Бокса-Бенкіна [11], відмітною особливістю є те, що у всіх рядках плану деякі чинники знаходяться на нульових рівнях.

Плани Бокса-Бенкіна порівняно з ортогональними і ротабельними планами економічніші по числу дослідів і володіють їх властивостями, а деякі ротабельні плани виявляються близькими до D-оптимальним

Планування експериментальної роботи по дослідженню технологічного процесу включає наступні етапи:

- 1) Вибір найбільш значущих чинників, що впливають на технологічний процес.
- 2) Вибір параметра оптимізації (функцій відгуку), яким оцінюється досліджуваний об'єкт і який зв'язує чинники в математичну модель.
- 3) Кодування чинників, вибір інтервалів і рівнів їх варіювання проводили по наступних формулах:

$$x_i = (X_i - X_{oi}) / \varepsilon \quad (\text{A.16})$$

$$\varepsilon = 0,5 (X_i^e - X_i^H) \quad (\text{A.17})$$

де X_i - кодоване значення чинника (безрозмірна величина), верхній рівень позначається «+1», а нижній - «-1» (в центрі експерименту буде нульовий рівень);

X_f - натуральне значення чинника (іменована величина в розмірності чинника);

X_{oi} - натуральне значення чинника на нульовому рівні;

ε - натуральне значення інтервалу значення чинника;

X_i^e - значення чинника на верхньому рівні;

X_i^H - значення чинника на нижньому рівні.

4) Визначення числа повторюваностей дослідів для отримання достовірних результатів експерименту згідно рекомендаціям [6, 14] за наслідками багатократних вимірювань однієї і тієї ж величини, які повинні лежати в межах $\pm 3\sigma$ (σ - середньоквадратичне відхилення) при надійності досвіду $n=0,95$, як правило кількість повторюваностей дослідів $k = 3$).

5) Рандомізацію дослідів, тобто розташування їх один за іншим в процесі дослідження у випадковому порядку.

6) Складання матриці планування, тобто складання таблиці, що містить умови проведення дослідів відповідно до вибраного плану.

7) Проведення експерименту відповідно до матриці планування.

8) Статистичний аналіз моделі другого порядку.

Для трирівневого плану Бокса-Бенкіна статистичний аналіз проводиться в наступній послідовності:

- перевірка відтворюваності дослідів;
- визначення коефіцієнтів регресії;
- оцінка значущості коефіцієнтів регресії;
- складання рівняння регресії;
- перевірка адекватності моделі.

Відтворюваність при однаковому числі паралельних дослідів на кожному поєднанні рівнів чинників перевіряється по критерію Кохрена:

$$G = (S^2_{max} / \sum S^2_u) \leq G_{таб} \quad (A.18)$$

де $S^2_u = [\sum (y_{ui} - y_{cp})^2] / (m-1)$ - дисперсія, що характеризує розсіяння результатів дослідів на i -тому поєднанні чинників;

$n = 1, 2, 3, \dots, m$ - число повторюваностей дослідів;

$S^2_{ма}$ - найбільша з дисперсій в строчках плану;

$G_{таб}$ - табличне значення критерію Кохрена при 5 % рівні значущості;

y_{ui} - значення критерію оптимізації в i -том досвіді;

Процес вважається відтворним, якщо виконується нерівність (A.18). Якщо нерівність не виконується, то необхідно прийняти заходи до уточнення вимірюванні в досвіді з максимальною дисперсією.

Після визначення коефіцієнтів регресії визначали їх значущість

Оцінку значущості коефіцієнтів регресії проводили за допомогою критерію Стьюдента [12]. Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується умова

$$b_i \geq \Delta_i = t (S_y^2 / N)^{0,5}, \quad (\text{A.19})$$

де t - табличне значення t - критерію при числі мір свободи, з яким визначалася S_y^2 ;

N - кількість експериментів.

Після порівняння коефіцієнтів регресії з довірчим інтервалом статистично незначущі коефіцієнти виключаються і складається рівняння регресії в наступному вигляді

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_j + \sum b_{ii} x_i^2 \quad (\text{A.20})$$

Перевірку отриманого рівняння регресії на адекватність проводили за допомогою F -критерія (критерію Фішера), розрахункове значення якого не повинне перевищувати табличне [12]

$$F_{расч} = (S_{ад}^2 / S_y^2) \leq F_{табл} \quad (\text{A.21})$$

де $S_{ад}^2$ - дисперсія адекватності, рівна

$$S_{ад}^2 = [m \sum (y_{екс} - y_{роз})^2] / [N - (k + 1)], \quad (\text{A.22})$$

де $y_{екс}$ і $y_{роз}$ - значень відгуку в i -тому досвіді відповідно набуті експериментально і розраховані по рівнянню регресії.

Після отримання адекватної математичної моделі другого порядку необхідним є вивчення властивостей поверхні відгуку в околицях оптимуму. Для аналізу і систематизації рівняння другого порядку приводимо до типової канонічної форми

$$Y - Y_s = B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + \dots + B_{kk} X_k^2, \quad (\text{A.23})$$

де Y - значення критерію оптимізації;

Y_s - значення критерію оптимізації в оптимальній крапці;

$X_1, X_2 \dots X_k$ - нові осі координат, повернені щодо старих $x_1, x_2 \dots x_k$.

$B_{11}, B_{22}, \dots, B_{kk}$ - коефіцієнти регресії в канонічній формі.

При канонічному перетворенні рівняння регресії проводиться перенесення початку координат в нову крапку і поворот старих осей на деякий кут у факторному просторі. Кут повороту нових осей щодо старих визначається виразом

$$t_g 2\alpha = b_{ij} / (b_{ii} - b_{jj}), \quad (\text{A.24})$$

Після канонічного перетворення рівняння регресії і визначення виду поверхні відгуку проводився її аналіз, за допомогою двовимірних перетинів [11].

ДОДАТОК А2

ДЕЯКІ МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ СХЕМИ ПРОВЕДЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретичні дослідження є складовою частиною наукових досліджень. Теоретичні дослідження ґрунтуються на аксіомах, законах, принципах, постулатах і теоремах, тобто на логічних побудовах, які сформульовані в результаті розвитку науки і освіти впродовж історії людства. Їх значущість полягає в тому, що вони виключають необхідність в повторенні раніше пройдених людством етапів по накопиченню досвіду і нового отримання даних тих експериментальних досліджень, які послужили підставою для встановлення вищеперелічених логічних побудов, якщо їм підкоряються досліджувані об'єкти.

Основною метою теоретичних досліджень є вирішення наступних завдань:

- вивчення фізичної природи досліджуваних об'єктів, явищ і процесів;
- побудова принципів моделей цих об'єктів досліджень в цілому або по окремих характеристиках;
- порівняння можливих еквівалентних моделей досліджуваному об'єкту;
- побудова розрахункових моделей функціонування об'єкту;
- вирішення завдань аналізу, синтезу і оптимізації параметрів досліджуваних об'єктів.

При проведенні теоретичного дослідження використовуються як **загальнологічні методи пізнання**, так і спеціальні. Із загальнологічних визначимо наступні:

- *порівняння* – зіставлення однорідних по істотних для даного розгляду ознаках об'єкту (якісним і кількісним);
- *аналіз* – уявне або фізичне розчленування цілісного об'єкту на елементи (ознаки, властивості, відносини), що становлять, і дослідження цих частин незалежно від цілого;
- *синтез* – уявне або фізичне з'єднання окремих елементів (ознак, властивостей, відносин) об'єкту, що становлять, в єдине ціле з урахуванням знання, отриманого при незалежному вивченні елементів, що становлять;

- *абстрагування* – уявне відвернення від ряду ознак (властивостей) об'єкту при одночасному виділенні інших ознак (властивостей), що представляють інтерес для дослідника при рішенні конкретної задачі;
- *аналогія* – припущення про схожість об'єктів в якихось властивостях на підставі виявленої схожості в інших властивостях;
- *узагальнення* – встановлення ознак і властивостей загальних для якоїсь групи об'єктів;
- *індукція* – вироблення загального виводу на основі приватних посилок;
- *дедукція* – виведення висновків приватного характеру на основі загальних посилок;
- *моделювання* – створення і вивчення моделі, що заміщає досліджуваний об'єкт, з подальшим перенесенням отриманої інформації на оригінал.

З методів, що мають розповсюдження при теоретичному дослідженні, є **методи, засновані:**

- *уявний експеримент* – на комбінації образів, матеріальна реалізація яких неможлива;
- *ідеалізація* – на формуванні уявного уявлення про об'єкт шляхом виключення умови, необхідної для його реального існування;
- *формалізація* – на створенні узагальненої знакової моделі, що дозволяє шляхом операцій із знаками представляти структуру об'єкту і закономірності протікаючих процесів;
- *аксіоматичний метод* – на тих, що приймаються як дійсні положення, що приймаються без доказу, з яких на підставі формально-логічних доказів виводяться всі останні;
- *гіпотетико-дедуктивний метод* – на створенні системи взаємозв'язаних гіпотез, з яких дедуктивним методом виводяться твердження, що безпосередньо зіставляються з досвідченими даними;
- *математична гіпотеза* – на екстраполяції певної математичної структури з вивченої області явищ на невивчену;
- *сходження від абстрактного до конкретного* – на виявленні початкової абстракції, відтворюючої основну суперечність

об'єкту, що вивчається, в процесі теоретичної роздільності якого виявляються конкретніші суперечності, що увібрали в себе обширніший емпіричний матеріал.

Більшість явищ, що вивчаються, і процесів є складними об'єктами досліджень. Для таких об'єктів найчастіше сьогодні застосовують в теоретичних дослідженнях системний підхід, який також відноситься до загальнонаукових методів. В процесі його застосування дослідник проводить спочатку **декомпозицію** складного об'єкту або події на систему окремих елементів, що становлять, а потім, виявивши реальні або віртуальні відносини (зв'язки) між ними, здійснює системний синтез об'єкту (структуризацію).

Ступінь декомпозиції обмежується вимогою раціональності і повноти деталізації системи, виходячи з умов максимального спрощення і достатньої повноти віддзеркалення властивостей і цілей дослідження об'єкту досліджень. Це може бути зроблено тільки на основі логічного аналізу наявних відомостей. В процесі такого аналізу може бути здійснене розширення або, навпаки, звуження переліку елементів системи.

Структуризація починається з виділення системи і зовнішнього середовища. Потім проводиться послідовний розгляд всіх об'єктів і процесів, включених в систему на стадії декомпозиції об'єкту, на можливість визначення впливу внутрішніх і зовнішніх чинників на процес функціонування системи і досягнення цілей, що стоять перед дослідником об'єкту, як системи. В процесі перебору і аналізу таких структурних складових системи здійснюється апріорне, а потім і кількісне ранжирування вхідних і вихідних величин по ступеню їх впливу на функціонування системи. Метою цього етапу є виділення найбільш значущих з них. Завершується структуризація виділенням і описом складових частин системи, що вивчається, а також можливих зовнішніх дій.

Під системою в цьому випадку розуміють особливу організацію спеціалізованих елементів, об'єднаних в єдине ціле для вирішення конкретного завдання. Основна гідність організації такої системи полягає в несводимості її властивостей до властивостей створюючих її елементів. Система зазвичай функціонує в тому або іншому середовищі, взаємодіючи з іншими системами. Властивості систем, їх зміст і

функції встановлюють за допомогою виділення системообразуючих елементів і зв'язків між ними. Системи аналізуються, як правило, з тим або іншим ступенем деталізації. Це означає, що системний аналіз приводить до «огрублення» об'єкту, що вивчається, і переходу від реальних об'єктів до моделей. До достоїнств застосування системного підходу до вивчення складних об'єктів відноситься можливість створення якнайповнішого уявлення про сам об'єкт при всій його складності.

Процедура дослідження системи із застосуванням методів ідентифікації, найбільш вживаних в даний час для вирішення подібних завдань, передбачає послідовне проходження наступних етапів:

- змістовний опис об'єкту досліджень (явища, процесу), як системи;
- узагальнення апріорної інформації;
- аналіз і формування цілей і постановку завдань досліджень;
- вибір критеріїв ефективності функціонування системи;
- декомпозицію системи;
- складання формалізованої схеми об'єкту (проведення його структуризації);
- обґрунтування допустимої ідеалізації елементів системи і вибір показників якості підсистем і окремих елементів (параметрів);
- побудова математичної моделі (етап ідентифікації);
- перетворення математичної моделі в модельуючий алгоритм.

Дослідження закономірностей функціонування системи як моделі об'єкту досліджень здійснюється за допомогою сучасної комп'ютерної техніки. З цією метою сьогодні може бути використане значне число методів і програм. Претендент повинен (сам або ж за допомогою кваліфікованих фахівців) оцінити їх застосовність для свого прямого досліджень.

Для успішного застосування теоретичних методів досліджень, особливо в області техніки і технологій, необхідно мати глибокі і всесторонні знання у відповідних областях наук - математики, механіки, фізики, біології, хімії і ін., в яких сформульовані і обґрунтовані загальні закони і закономірності, що описують ті або інші природні явища або події. При цьому такі закони і закономірності побудовані на підставі методів логіки і описані на основі математичної формалізації від-

повідними математичними формулами, залежностями і іншими подібними атрибутами з необхідним ступенем наближення до дійсності. При побудові математичних моделей найчастіше використовують методи формалізації з алгебри, булевої алгебри, теорії множин, диференціального і інтегрального числення, теорії вірогідності, математичної статистики і так далі.

Методи формалізованого аналізу явищ і об'єктів дослідження виникли у зв'язку з складнощами ухвалення рішень про ефективність функціонування складних систем на основі неформальних методів. При аналізі простих об'єктів або явищ, коли дослідник має невелику кількість показників оцінки їх стану, часто використання таких формалізованих методів не вимагається.

Кінцевою метою теоретичних досліджень зазвичай є побудова математичної моделі, по якій надалі здійснюється дослідження об'єктів за допомогою різних інших методів. При цьому один і той же об'єкт (залежно від числа врахованих чинників, мети досліджень, вимог точності і надійності даних досліджень і так далі) може бути описаний різними моделями.

Необхідною умовою для проведення теоретичних досліджень є наявність логічних передумов і відповідних даних для математичної формалізації досліджуваних об'єктів. Складність самих об'єктів, а частіше недолік даних про них, є значною перешкодою для побудови моделей, що описують їх з необхідною точністю. В цьому випадку можуть бути використані апробовані в практиці допоміжні загальноприйняті і загальновідомі прийоми: словесний опис об'єктів досліджень, креслення і структурні блок-схеми, логічні блок-схеми, графіки, таблиці і номограми, а також математичний опис як об'єкту в цілому, так і його окремих характеристик. Останній метод застосовується для вивчення складних систем, стан яких залежить від багатьох чинників, що змінюються у просторі та часі. Він припускає використання універсальних методів формалізації, заснованих на принципах сучасної математики, які дозволяють достатньо строго і однозначно сформулювати правила опису тих або інших явищ і процесів, досліджень, що є об'єктами. Систему таких правил називають алгоритмами, а порядок їх застосування - алгоритмізацією.

Математичне моделювання об'єкту досліджень полягає в математичній імітації поведінки об'єкту або системи з тим або іншим сту-

пенем точності для можливого його відтворення і вивчення як спрощеної копії, що ідеалізується (моделі). Слід мати на увазі, що слово «модель» використовують в різних смислових значеннях при заміні оригіналу (об'єкту досліджень) в рамках вирішуваного завдання тим або іншим її еквівалентом. У техніці під моделлю розуміють спеціально синтезований об'єкт, який володіє певним ступенем подібності початковому (реальному). Модель співвідноситься з реальністю так, як «природний ландшафт з картиною, що зображає його, є творінням художника». Їх відповідність один одному залежить від рівня майстерності художника і використовуваних їм образотворчих засобів. Ця аналогія, на наш погляд, достатньо повно ілюструє взаємозв'язок в методології науки між накопиченими людством знаннями і дійсними властивостями реальності.

При ідеалізації прагнуть до скорочення числа незалежних параметрів (змінних) і використання стандартних моделей окремих елементів. Математичний опис об'єкту називають строгим, якщо воно проведене на підставі відомих постулатів чисто математичним шляхом без яких-небудь необґрунтованих допущень. **При цьому математичну строгість досліджень не слід змішувати з точністю.** Будь-яке строге рішення може бути точним або наближеним. Воно може містити погрішність в оцінці набутих числових значень параметрів об'єктів. Цій погрішності зазвичай дається оцінка в межах прийнятих допущень. Для прикладних досліджень питання математичної строгості часто не так важливе, тоді як достовірність або точність є найважливішою характеристикою. З ними пов'язана ефективність застосування об'єкту досліджень в конкретних галузях і можливість отримання максимального корисного ефекту. Залежно від складності об'єкту і цілей досліджень отримують моделі трьох типів: фізичні, розрахункові і математичні.

Під **фізичними моделями** розуміються ті, які найповніше описують поведінку об'єкту за допомогою фізичних оцінок і термінів, загальноприйнятих у цій галузі науки. У такі моделі входять без спрощень всі відомі функціональні співвідношення і зв'язки між параметрами об'єкту, а також враховуються отримані експериментальні дані по даному об'єкту. Це - найскладніший і трудомісткий тип моделей. Недоліки цього методу полягають в тому, що моделі виходять складними по складу і структурі. Вони не дозволяють чітко визначити сту-

піль впливу окремих параметрів на тлі останніх. Все це утрудняє аналіз і синтез об'єктів досліджень.

Розрахункові моделі відрізняються від фізичних тим, що вони описують процес без урахування чинників, які не роблять істотного впливу на кінцеві результати досліджень. При таких допущеннях складні математичні залежності, що описують процеси, замінюють наближеними (апроксимованими) співвідношеннями, деякі змінні величини - їх середніми значеннями, нелінійні вирази - лінійними і так далі. Таке спрощення дозволяє використовувати в подальших дослідженнях формальні методи сучасної математики і обчислювальної техніки.

До **математичних моделей** відносяться моделі, побудовані аналітичним шляхом або отримані на основі обробки експериментальних даних. Вони в достатній мірі повно характеризують досліджуваній об'єкт. До них відносяться також алгоритми вирішення рівнянь, складені на їх основі програми для комп'ютерної обробки експериментальних даних і так далі. Ці моделі найчастіше використовуються в прикладних галузях наук, зокрема в технічних науках по багатьом спеціальностям. У міру накопичення дані про об'єкт від таких моделей переходять до складнішим, таким, що строго описує явища, що вивчаються, і закономірності, а потім до побудови фундаментальних теорій.

Залежно від методу побудови математичні моделі розділяються на два типи: гносеологічні (пізнавальні) і інформаційні.

Гносеологічні моделі призначені для опису різних фізичних, технологічних і інших характеристик об'єктів досліджень.

Інформаційні моделі - це математичні моделі, використовувані для вирішення завдань аналізу і синтезу параметрів систем, що описують об'єкт досліджень. Інформація, що міститься в них, використовується для розробки способів і методів дій на об'єкт для отримання оптимальних параметрів або раціональних інтервалів їх варіювання з метою ефективного функціонування в реальних умовах. Моделі такого типу є важливим елементом систем управління об'єктом. Вони дозволяють знаходити значення параметрів об'єкту, що забезпечують можливість оперативного управління його функціонуванням.

Автори не ставлять своєю за мету розглянути всі можливі методичні підходи до побудови схеми проведення теоретичних дослі-

джені. Та це і не можливо. Кожна галузь наук має свою специфіку, проте якісь з вищенаведених рекомендацій слід використовувати при проведенні цього важливого елемента досліджень.

ДОДАТОК АЗ

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

АЗ.1 Визначення показників порівняльної економічної ефективності

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначаються за формулою:

$$E_p = (П_б - П_н) \cdot B_з + E_я, \quad (A.25)$$

де $П_б, П_н$ – сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовій і новій машинах, грн./од.наробітку;

$B_з$ – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, од.наробітку;

$E_я$ – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною ($B_з$) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_з = W_{ек} \cdot T_з, \quad (A.26)$$

де $W_{ек}$ – продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, од.наробітку/год.

$T_з$ – зональне річне навантаження машини, год.

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції ($E_я$) у гривнях, визначається за формулою:

$$E_я = C_{ян} - C_{яб}, \quad (A.27)$$

де $C_{ян}, C_{яб}$ – вартість продукції, отриманої у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

Вартість продукції, отриманої у разі застосування нової чи базової ($C_я$) у гривнях, визначають за формулою:

$$C_я = \sum_{j=1}^n Ц_j \cdot V_j, \quad (A.28)$$

де $Ц_j$ – закупівельна ціна одиниці j -ї продукції, грн.;

V_j – кількість j -ї продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, т, кг.

Річний прибуток (O) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_{\sigma} - I_n) \cdot B_z + E_y, \quad (\text{A.29})$$

де I_{σ} , I_n – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю наробітку, грн./од. наробітку.

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ($T_{окд}$) у роках визначають за формулою:

$$T_{окд} = \frac{K_n - K_{\sigma}}{O}, \quad (\text{A.30})$$

де K_n , K_{σ} – сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову та базову машину, грн.

Лімітну ціну нової машини (Π_l , грн..) визначають за формулою:

$$\Pi_l = \left(\frac{E_p}{a_n + E_n} + B_n \right) \cdot \frac{1}{k_{\sigma}} \cdot \delta, \quad (\text{A.31})$$

де B_n – балансова вартість нової машини (без ПДВ), грн.;
 a_n – коефіцієнт відрахувань на амортизацію по новій машині;
 k_{σ} – коефіцієнт перерахунку ціни придбання в балансову вартість машини;

$k_{\sigma}=1,1$ – для машин та устаткування, що не потребують монтажних робіт чи додаткового складання безпосередньо на місці експлуатації;

$k_{\sigma}=1,2$ – якщо потребують вище перелічені роботи;

δ – коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту від використання нової машини;

E_n – коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень.

Примітка. Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту від використання нової машини приймають рівним 0,8. У випадку, коли нова машина забезпечує вивільнення трудових ресурсів, заміну ручної праці, коефіцієнт гарантії можна прийняти (за узгодженням із споживачем) рівним 0,9..0,95.

Балансову вартість машини (B , грн.) визначають за формулою:

$$B = C_m \cdot k_{\delta}, \quad (\text{A.32})$$

де C_m – ціна придбання машини без податку на додану вартість, грн.

Примітка. Відрахування на амортизацію, капітальне та поточне ремонтування, питомі інвестиційні вкладення визначають з урахуванням балансової вартості будівельної машини, якщо така необхідна для експлуатації машин.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (E_n) визначають за формулою:

$$E_n = C_{\delta} / 100, \quad (\text{A.33})$$

де C_{δ} – ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках.

Річну економію затрат праці під час експлуатації нової машини (Z_{np}) у людино-годинах визначають за формулою:

$$Z_{np} = (Z_{nb} - Z_{nn}) \cdot B_z, \quad (\text{A.34})$$

де Z_{nb} , Z_{nn} – затрати праці відповідно по базовій і по новій машині на одиницю виробітку, люд.год / од.виробітку.

Річну економію ресурсів під час експлуатації нової машини (Z_{pp}) в натуральних одиницях визначають за формулою:

$$Z_{pp} = (Z_{pb} - Z_{pn}) \cdot B_z, \quad (\text{A.35})$$

де Z_{pb} , Z_{pn} – затрати ресурсів відповідно базовою та новою машиною на одиницю виробітку, натуральних одиниць / од.виробітку.

Ступінь зміни витрат під час експлуатації нової машини порівняно з базовою (C) у відсотках визначають за формулою:

$$C = \frac{Z_{\delta b} - Z_{\delta n}}{Z_{\delta b}} \cdot 100, \quad (\text{A.36})$$

де $Z_{\delta b}$, $Z_{\delta n}$ – річні затрати (затрати праці, ресурсів, прямі експлуатаційні затрати, сукупні затрати) відповідно за базовою та новою машиною, люд.год (натуральних одиниць ,грн.)

А3.2 Визначення економічних показників

Сукупні витрати (Π , грн./од.наробітку):

$$\Pi = I + K \cdot E_n, \quad (\text{A.37})$$

де I – прямі експлуатаційні витрати, грн./од.наробітку;
 K – питомі інвестиційні вкладення, грн./од.наробітку.

Прямі експлуатаційні витрати (I) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi + M, \quad (\text{A.38})$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од.наробітку;

Γ – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн./од.наробітку;

P – затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн./од.наробітку;

A – затрати на амортизацію, грн./од.наробітку;

Φ – затрати на допоміжні матеріали, грн./од.наробітку;

M – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн./од.наробітку.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу (Z) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_D \cdot n_i}{W_{3m}}, \quad (\text{A.39})$$

де L_i – кількість i -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини (визначаються за даними випробувань), люд;

t_i – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год;

r_i – погодинна тарифна ставка оплати праці на i -му виді робіт, грн./люд.год.;

k_D – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

n_r – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

$W_{см}$ – продуктивність машини за годину змінного часу, од.наробітку/год.

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали та електроенергію (Γ) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot k_n \cdot \Pi_n, \quad (\text{A.40})$$

де q – питомі витрати палива (електроенергії), кг (кВт·год)/од.наробітку;

Π_n – ціна одного кілограма палива (однієї кіловат-години електроенергії), грн./кг (грн./кВт·год);

k_n – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування (P) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$P = \frac{B \cdot (r_T + r_K)}{W_{ек} \cdot T_n}, \quad (\text{A.41})$$

де r_T – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та ТО;

r_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

T_n – нормативне річне завантаження, год.

Затрати на амортизацію машини (A) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{зм} \cdot T_z}, \quad (\text{A.42})$$

де a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто

$$a = 1 / n, \quad (\text{A.43})$$

де n – термін служби в роках.

Затрати на допоміжні технологічні матеріали (Φ) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$\Phi = \sum h_i \cdot \text{Ц}_{Ti}, \quad (\text{A.44})$$

де h_i – питомі витрати i -го виду технологічного матеріалу, кг (м, шт.) / од.наробітку;

Ц_{Ti} – ціна одиниці i -го технологічного матеріалу, грн./кг (м, шт.).

Затрати на зберігання, страхування та монтування машин (M) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{ni} \cdot r_i \cdot n_i + \text{Ц}_D + S_{ЗСМ}}{W_{ЕК} \cdot T_3}, \quad (\text{A.45})$$

де Z_{ni} – затрати праці i -ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

Ц_D – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{ЗСМ}$ – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

Питомі інвестиційні вкладення (K) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{БВД}}{B_3}, \quad (\text{A.46})$$

де $K_{БВД}$ – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

Затрати на амортизацію, капітальне та поточне ремонтування, інвестиційні вкладення на одиницю наробітку стосовно машин, які агрегатуються з базовою та новою машинами тієї самої марки, па також тракторів, зчіпок та інших машин, якщо потреба господарства в останніх не змінюється, визначають через експлуатаційну продуктивність базової машини.

Затрати праці Z_n на виконання машиною чи працівником виробничого процесу в людини-годинах на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$z_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n J_i \cdot t_i}{B_3}, \quad (\text{A.47})$$

А2.3 Оформлення вихідних даних та результатів обчислювання показників порівняльної економічної ефективності виконують за формою, наведеною в додатку А1.

А2.4 Економічні показники виконання технологічного процесу із застосуванням нової та базової машини оформлюють у вигляді таблиці, наведеної в додатку А2.

А2.5 Показники економічної ефективності за відсутності бази порівняння заносять в таблицю.

А2.6 На основі отриманих результатів випробування проводять їхнє аналізування, формують висновки відповідно до мети та поставлених задач і складають протокол випробування за встановленою формою.