

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної і самостійної роботи

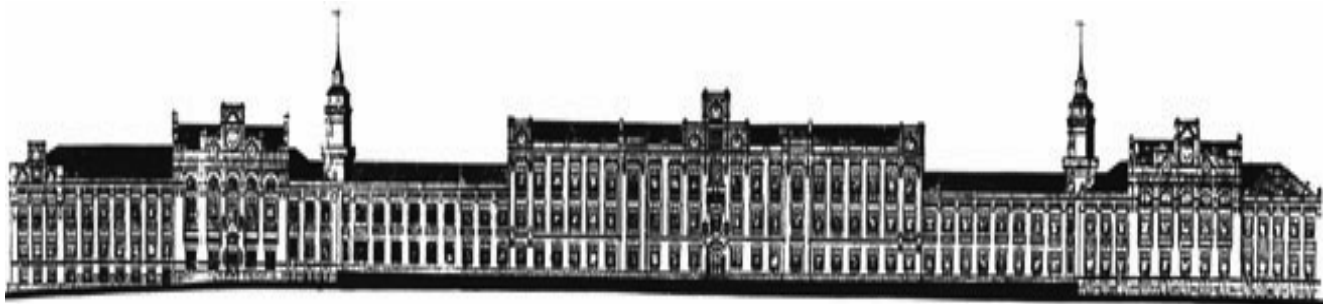
та виконання курсової роботи (КР)

для студентів напряму підготовки

6.051301 – "Хімічна технологія" спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110

"Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини"

Затверджено Методичною радою ІХФ НТУУ "КПІ"



Київ
НТУУ "КПІ"
2012

Додаткові розділи спеціальних методів досліджень продуктів переробки рослинної сировини [Текст]: метод. вказівки до практичної і самостійної роботи та виконання КР студентів напряму підготовки 6.051301 – "Хімічна технологія" спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110 "Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини"

Уклад.: Плосконос В.Г.

–К.: НТУУ "КПІ", 2012.– 37 с.

Гриф надано Методичною радою ІХФ НТУУ "КПІ"
(Протокол № від 26.10.2012 р.)

ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної і самостійної роботи

та виконання курсової роботи (КР)

для студентів напряму підготовки

6.051301 – "Хімічна технологія" спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110

"Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини"

Укладач: В.Г.Плосконос, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний М.Д.Гомеля, д-р техн. наук, проф.
редактор

Рецензент: Степанюк Андрій Романович, канд. техн. наук, доцент.

ЗМІСТ		стор.
Вступ		4
1. Загальні положення		5
2. Навчальна програма курсу		7
3. Основні вимоги до оформлення курсової роботи.....		10
3.1 Реферат		11
3.2 Зміст		12
3.3 Вступ		12
3.4 Суть науково-дослідної роботи		12
3.4.1 Літературний огляд		13
3.4.2 Вибір напрямку досліджень		13
3.4.3 Експериментальна частина		13
3.5 Висновки		14
3.6 Перелік посилань		14
3.7 Додатки		14
3.8 Правила оформлення курсової роботи		15
4. Приблизна тематика практичних занять		17
5. Приклади розв'язання практичних задач		18
6. Загальні положення щодо самостійної роботи студентів		29
7. Організація контрольних заходів самостійної роботи студентів		31
8. Приклад виконання самостійної роботи		32
Список літератури		36

ВСТУП

Методичні вказівки розроблено для студентів напряму підготовки 6.051301 – "Хімічна технологія" спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110 "Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини" для дисципліни "Додаткові розділи спеціальних методів досліджень продуктів переробки рослинної сировини".

Підготувати кваліфікованих фахівців, конкурентоспроможних на ринку праці, здатних до компетентної, відповідальної та ефективної діяльності за своєю спеціалізацією на рівні світових стандартів неможливе без самостійної роботи студентів, посилення значущості професорсько-викладацького складу у розвитку навичок самостійної роботи студентів, у стимулюванні їх професійного зростання, вихованні їх творчої активності.

Науково-дослідна робота студентів (НДРС) - невід'ємна частина навчального процесу, в ході виконання якої студенти набувають не лише необхідних навичок самостійної роботи зі своєї спеціальності, а і безпосередньо беруть участь у вирішенні актуальних проблем науки і техніки, конкретних завдань з надання науково-технічної допомоги окремим підприємствам.

Науково-дослідна робота студентів - важливий засіб підвищення якості підготовки висококваліфікованих фахівців, здатних творчо застосовувати в практичній діяльності найновіші досягнення науки і техніки.

У загальному комплексі підготовки спеціалістів з вищою освітою НДРС - один із методів виховання, який дає змогу спрямовувати науковий і трудовий потенціал студентів на вирішення народногосподарських завдань. Науково-дослідна робота студентів органічно пов'язана з навчальним процесом і є його продовженням.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курс «Додаткові розділи спеціальних методів досліджень продуктів переробки рослинної сировини» належить до варіативної частини циклу професійної та практичної підготовки спеціалістів та магістрів за напрямком підготовки 6.051301 “Хімічна технологія“, спеціальності 7.05130110 та 8.05130110 “Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини”.

Згідно з ОКХ курс «Додаткові розділи спеціальних методів досліджень продуктів переробки рослинної сировини» формує відповідну **компетенцію**, а саме:

- базові уявлення про основні закономірності розвитку та сучасні досягнення в науці, розуміння ролі науки та спеціальних математичних методів в створенні сучасної техніки і технології;
- базові уявлення про основи планування експериментальних досліджень та використання їх для дослідження хіміко-технологічних процесів;
- базові уявлення про принципи та закономірності оптимізації хіміко-технологічних процесів та вплив отриманих результатів на показники якості і властивості продукції;
- знання і застосування на практиці принципів математичного моделювання в процесі створення екологічно чистих виробництв, розуміння соціальних і екологічних наслідків своєї професійної діяльності в обсязі, необхідному для вивчення професійних дисциплін та для використання в обраній професії.

Тому **метою** курсу «Додаткові розділи спеціальних методів досліджень продуктів переробки рослинної сировини» є професійна підготовка, формування та прищеплення студентам здатності використовувати професійно профільовані знання в галузі математики та математичного моделювання з метою статистичної обробки експериментальних даних та моделювання процесів перероблення рослинної сировини під час виконання наукової роботи, а також для управління існуючими технологічними процесами виробництва целюлози, паперу та картону і удосконалення цих процесів та створення нових більш ефективних, екологічно чистих виробництв, які дозволяють раціонально

використовувати дефіцитні волокнисті напівфабрикати, воду, допоміжні хімічні матеріали.

Згідно з ОПП змістом **уміння**, що забезпечується, є:

- розрізняти методи відсіювання незначимих факторів та вміти використовувати методи планування повного, дробного та експерименту з використанням критеріїв інформативності і шумостійкості для дослідження процесів хімічної переробки рослинної сировини;

- вміти використовувати сучасні досягнення в галузі математичного моделювання для розробки математичних моделей;

- користуватись теоретичними положеннями та відповідним програмним забезпеченням для розроблення математичних моделей процесів, що досліджуються в умовах лабораторії або під час виробництва, та розрахунку оптимальних умов з метою обґрунтування та вибору технології виробництва целюлозно-паперової продукції.

Студент, який закінчив вивчення цієї дисципліни, **здатен**:

§ використовуючи теоретичні основи математики та статистики, з метою дослідження складного об'єкта з предметної галузі технології переробки волокнистих напівфабрикатів вміти сформулювати мету побудови його математичної моделі;

§ використовуючи наукові положення математичної теорії експерименту (МТЕ) розробити план експериментальних досліджень в лабораторних (виробничих) умовах та алгоритм його практичної реалізації;

§ використовуючи лабораторне (промислове) обладнання та дані про хімічні властивості речовин розробити алгоритм створення математичної моделі, скласти або обрати відповідну комп'ютерну програму для розрахунків або оптимізації параметрів досліджуваного об'єкта;

§ використовуючи теоретичні основи спеціальних методів дослідження в умовах лабораторії (виробництва) розробити (спроектувати, обрати) адекватну математичну модель процесу чи обладнання виробництва паперу або картону, вміти аналізувати первинні рішення математичного моделювання процесу або системи з метою досягнення оптимальних параметрів роботи об'єкта і робити висновки.

2. НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА КУРСУ

Розділ 1. Наука і організація наукових досліджень

Тема 1.1 Наука та її роль в науково-технічному прогресі

Мета дисципліни і її задачі в підготовці висококваліфікованих інженерів целюлозно-паперового виробництва. Зміст курсу. Визначення та мета науки. Історичні етапи розвитку науки. Сучасний стан науки. Основні закономірності, тенденції та протиріччя розвитку науки. Інтеграція і диференціація в науці. Емпіричний та теоретичний рівні досліджень.

Література: [1,12]

Питання, що виносяться на СРС:

Роль вчених у науково-технічному прогресі. Сучасний стан науки. Основні закономірності, тенденції та протиріччя розвитку науки. Інтеграція і диференціація в науці. Емпіричний та теоретичний рівні досліджень.

Література: [1,12]

Тема 1.2 Система організації наукових досліджень в Україні

Організація наукових досліджень в Україні. Система підготовки наукових кадрів. Аспірантура, докторантура. Стажування. Науковий ступінь, вчене звання. Перспективи розвитку целюлозно-паперової промисловості. Головні напрямки науково-технічного розвитку України. Основні наукові проблеми в галузі целюлозно-паперової промисловості. Роль вчених у науково-технічному прогресі.

Література: [1,12, 22]

Питання, що виносяться на СРС:

ЗАТ "ІНСТИТУТ ПАПЕРУ" – провідний науковий інститут целюлозно-паперової промисловості України. Структура і основні наукові напрямки діяльності.

Література: [1,12, 22]

Тема 1.3 Підготовка та проведення наукових досліджень

Вибір напрямку наукових досліджень. Збір та аналіз інформації по темі досліджень. Реферативний журнал хімії (РЖХ). Монографічна та періодична Література: за спеціальністю. Патентний пошук. Постановка наукової задачі. Вибір методики дослідження. Теоретичні та експериментальні дослідження. Технологічна система виробництва ЦПП як об'єкт наукового дослідження. Деякі аспекти організації та реалізації наукових досліджень. Систематичні та випадкові помилки. Визначення випадкових помилок. Похибка експерименту. Коефіцієнт кореляції. Методи перевірки результатів експерименту. Класифікація факторів, що впливають на технологічну систему. Властивості досліджуваних факторів. Методи оцінки впливу факторів на параметр оптимізації. Метод рангової кореляції.

Література: [1,2, 5, 13, 14, 15]

Питання, що виносяться на СРС:

Систематичні та випадкові помилки. Стандартне відхилення. Визначення випадкових помилок. Похибка експерименту. Коефіцієнт кореляції. Перевірка на однорідність результатів вимірювання. Обробка результатів досліджень на ПК. Бази даних. Лінії тренда.

Література: [1,20, 23]

Розділ 2. Математичні методи теорії експерименту

Тема 2.1 Моделювання складних технологічних систем

Поняття моделювання складних технологічних процесів. Об'єкт дослідження. Види параметрів оптимізації і вимоги до них. Вибір моделі. Регресійний аналіз - один з методів моделювання процесів. Основні терміни та поняття регресійного аналізу.

Метод найменших квадратів. Складання системи нормальних рівнянь (множинна регресія). Статистична обробка рівнянь регресії. Кореляційний аналіз. Множинна лінійна кореляція.

Література: [2, 15, 16]

Питання, що виносяться на СРС:

Ефективність наукових досліджень.

Література: [2, 9, 11, 15]

Тема 2.2 Статистичне планування експериментів

Класичний метод експерименту, його переваги та недоліки. Активний та пасивний експеримент. Обробка результатів експериментальних досліджень. Статистичний аналіз технологічних процесів. Застосування математичних методів планування експерименту у ЦПП. Повний факторний експеримент. Кодування факторів. Матриця планування. Робоча матриця. Рандомізація. Рівняння регресії. Статистичний аналіз рівняння регресії. Критерії Кохрена, Стьюдента, Фішера. Загальна схема виконання повного факторного експерименту. Дробний факторний експеримент. Генеральне співвідношення. Визначальний контраст. Матриця планування. Схема виконання ДФЕ. Приклади застосування ДФЕ у ЦПП. Рототабельні і ортогональні плани 2-го порядку.

Література: [2,13, 14]

Питання, що виносяться на СРС:

Планування експерименту при вивченні діаграм «склад-властивість».
Плани Шеффе. Рототабельні і ортогональні плани 2-го порядку.

Література: [2, 9, 11, 15]

Тема 2.3 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем

Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем. Метод групового врахування аргументів (МГУА). Критерії максимальної інформативності та шумостійкості експерименту. Переваги МГУА над класичним плануванням експериментальних досліджень.

Література: [3,4, 5,15]

Питання, що виносяться на СРС:

Використання методу планування експерименту для вивчення процесу сульфатної варки целюлози. Інтерпретація результатів експерименту.

Література: [2, 9, 11, 15]

Розділ 3. Математичні методи пошуку оптимуму

Тема 3.1 Пошук оптимальних умов технологічних процесів переробки рослинної сировини.

Оптимізація технологічних процесів. Критерії оптимізації за лінійними моделями. Локальний та глобальний оптимум. Методи оптимізації. Метод Гаусса-Зейделя. Метод крутого сходження. Рух за градієнтом функції. Прийняття рішень після крутого сходження.

Література: [2,5, 16]

Питання, що виносяться на СРС:

Метод самоорганізації складних технологічних систем.

Література: [2, 5, 16, 26]

Тема 3.2 Використання математичних моделей для дослідження процесів, пошуку оптимальної композиції, синтезу матеріалів із заданими властивостями. Використання методу самоорганізації для оптимізації композиції волокнистих напівфабрикатів. Використання методу самоорганізації для синтезу матеріалів із заданими властивостями.

Література: [14,15]

Питання, що виносяться на СРС:

Особливості алгоритму групового урахування аргументів (МГУА). Переваги методу самоорганізації в порівнянні з класичним методом планування експерименту.

Література: [2, 5, 16, 26]

3. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Науково-дослідна робота студентів, яка оформляється як курсова робота (КР), є системою обов'язкових навчальних занять з неодмінною участю в них кожного студента. Вона включається до навчальних планів та проводиться в навчальний і позанавчальний час.

Науково-дослідну роботу студенти здійснюють як у межах аудиторних занять згідно з розкладом, так і в позааудиторний.

У процесі виконання студентами лабораторних та інших робіт за спеціалізацією широко практикується включення до них елементів дослідження для того, щоб надати цим роботам науково-дослідного характеру. Наприклад, під час виконання лабораторних робіт з технології виробництва паперу та картону кожному студенту задаються різні режими проведення технологічних процесів, після чого він обробляє отримані дані, аналізує результати. Таким чином, на конкретних прикладах вивчається вплив різних факторів на якість отриманого паперу чи картону. Аналогічно організовуються лабораторні роботи і за іншими розділами спецкурсу.

Результати НДР студенти обговорюють на наукових семінарах у присутності викладача, порушуючи такі питання:

- патентний пошук і огляд літературних джерел з теми дослідження або за окремими тематичними і практичними питаннями, що доповнює зміст лекційних курсів;
- методика проведення досліджень;
- оформлення курсової роботи про виконання досліджень.

Керує НДРС в цілому професорсько-викладацький склад кафедри. До керівництва окремими роботами залучаються наукові співробітники кафедри, а також ПрАТ «ІНСТИТУТ ПАПЕРУ», НАН України та інші наукові організації, з якими кафедра підтримує наукові зв'язки.

Науковий керівник визначає зміст і обсяг реферату та курсової роботи про НДРС, а також рекомендує закріплених за ним студентів для участі в роботі студентських наукових конференцій, допомагає їм у виборі тематики для курсового і дипломного проектування.

Ілюстративний матеріал для захисту атестаційної роботи можна виконати у вигляді плакатів, креслень і подавати за допомогою світло-проекційних і комп'ютерних засобів. Зміст ілюстративного матеріалу повинен досить повно відображати основні положення, які виносяться на захист.

До курсових і дипломних робіт ставляться такі загальні вимоги: чіткість і логічна послідовність викладення матеріалу; переконливість аргументації; стислість і точність формулювань, що виключають можливість неоднозначних тлумачень; конкретність викладення результатів роботи; обґрунтованість рекомендацій і пропозицій.

Курсова робота має містити такі структурні елементи: титульний аркуш; реферат; зміст; вступ; суть курсової роботи; висновки; перелік посилань; додатки.

3.1 Реферат

Реферат призначено для ознайомлення зі змістом. Він має бути стислим, інформативним і містити відомості, які дозволяють прийняти рішення про доцільність читання всієї курсової роботи. Реферат розміщують безпосередньо за титульним листом, починаючи з нової сторінки.

Реферат повинен містити: відомості про обсяг курсової роботи, кількість частин курсової роботи, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, кількість джерел згідно з переліком посилань (усі відомості наводять, включаючи дані додатків); текст реферату; перелік ключових слів.

Текст реферату має відображати подану у звіті інформацію у такій послідовності:

- об'єкт дослідження;
- мета роботи;
- методи дослідження та апаратура;
- результати та їх новизна;
- основні конструктивні, технологічні і техніко-експлуатаційні характеристики та показники;
- ступінь упровадження;
- взаємозв'язок з іншими роботами;
- рекомендації щодо використання результатів роботи;
- галузь застосування;
- економічна ефективність;
- значущість роботи та висновки;
- прогностні припущення про розвиток об'єкта дослідження.

Частини тексту реферату, щодо яких відсутні відомості, випускають.

Реферат належить виконувати обсягом не більше як 500 слів. Бажано, щоб він умістився на одній сторінці формату А4. Ключові слова, що є визначальними для розкриття суті курсової роботи розміщують після тексту реферату. Перелік ключових слів має становити від 5 до 15 слів (словосполучень), надруковані великими літерами з абзацу в називному відмінку в рядок через коми.

3.2 Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після реферату, починаючи з нової сторінки. До змісту включають: вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) суті курсової роботи; висновки; перелік посилань; назви додатків і номери сторінок, що містять початок матеріалу.

Зміст складають, якщо курсова робота містить не менш, ніж два розділи, або один розділ і додаток, коли загальна кількість сторінок не менше десяти.

3.3 Вступ

У вступі стисло оцінюють сучасний стан проблеми, відзначаючи практично роз'язані задачі, прогалини знань досліджуваної галузі; провідні фірми та провідних учених і фахівців цієї галузі; світові тенденції розв'язання поставлених завдань; актуальність виконуваної роботи та підставу для її виконання; мету роботи та галузь застосування; взаємозв'язок з іншими роботами.

Вступ починають з нової сторінки. Рекомендований розмір вступу - дві - три сторінки.

3.4 Суть науково-дослідної роботи

Суть науково-дослідної роботи - це викладення відомостей про об'єкт дослідження, що є необхідними і достатніми для розкриття сутності цієї роботи (описання: теорії; методів роботи; характеристик і властивостей створеного об'єкта; принципів дії об'єкта та основних принципових рішень, що дають уявлення про його будову; метрологічного забезпечення та ін.) та її результатів.

Викладаючи суть науково-дослідної роботи, особливу увагу приділяють новизні в роботі, а також питанням сумісності, взаємозамінності, надійності, безпеки, екології, ресурсозбереження.

Якщо у науково-дослідній роботі потрібно навести повні докази, наприклад, математичні, або подробиці дослідження, їх розміщують у додатках.

Суть науково-дослідної роботи викладають, поділяючи матеріал на такі розділи: літературний огляд, вибір напрямку дослідження, експериментальна частина. Розділи можна поділяти на пункти або на підрозділи і пункти. Пункти, у разі потреби, поділяють на підпункти. Кожен пункт і підпункт мають містити закінчену інформацію.

Формулюючи суть науково-дослідної роботи, треба використовувати одиниці SI. Якщо вимірювання виконано в інших одиницях, переводити їх в одиниці SI обов'язково лише за умови викладення найважливіших положень курсової роботи.

3.4.1 Літературний огляд

В огляді літератури за темою якнайповніше і систематизовано за опублікованими джерелами (літературними даними) викладають сучасний стан поставленої проблеми. Відомості, що містяться в огляді, повинні допомогти об'єктивно оцінити науковий рівень роботи, правильно обрати шлях та засоби досягнення поставленої мети.

В аналітичному огляді окреслюють основні етапи розвитку наукової думки зі своєї проблеми, аналізують нові ідеї і проблеми, можливі підходи до їх вирішення, а також результати попередніх досліджень за темою роботи. Однак в огляді не повторюють дані, що містяться в опублікованих джерелах, а відбирають і критично аналізують лише ті, що безпосередньо стосуються теми дослідження. Висвітливши роботи попередників, виокремлюють питання, котрі залишилися невирішеними і, отже, визначають їх місце у розв'язанні проблеми. Закінчити цей розділ необхідно коротким резюме щодо потреби проведення даного дослідження. Загальний обсяг літературного огляду не повинен перевищувати 20 % обсягу основної частини звіту.

На підставі аналітичного огляду правильно обирають напрям дослідження.

3.4.2 Вибір напрямку досліджень

У цьому розділі дають стислу мотиваційну оцінку обраного напрямку дослідження стосовно конкретних умов роботи порівняно з іншими можливими варіантами, котрі вказані в літературному огляді, та обирають шляхи та методи вирішення поставленого завдання. Розробляють загальну методику проведення досліджень.

3.4.3 Експериментальна частина

У підрозділах експериментальної частини висвітлюють такі питання: методику досліджень, результати досліджень, узагальнення отриманих результатів.

Методику дослідження викладають таким чином, щоб за наданим її описанням у разі потреби змогли відтворити інші дослідники. Якщо в роботі використовувались загальноприйняті або вже опубліковані методи, їх описання не наводять, а посилаються на джерело. Якщо ж у процесі науково-дослідної роботи їх дещо було видозмінено, це обов'язково відзначають.

Подаючи результати досліджень, коротко формулюють мету кожного експерименту, викладають їх суть, указують точність і достовірність отриманих результатів, а також порівнюють їх з аналогічними результатами, що наведені у вітчизняних та зарубіжних працях. Обґрунтовують потребу у додаткових дослідженнях.

В експериментальній частині роботи наводять усі отримані результати, зокрема й негативні.

Підсумовуючи отримані результати, узагальнюють експериментальні дані, вказують на їх відповідність теоретичним уявленням.

Весь експериментальний (або теоретичний) матеріал обробляють і подають у вигляді узагальнених математичних рівнянь або графічного матеріалу.

3.5 Висновки

Висновки розміщують безпосередньо після викладення суті науково-дослідної роботи, починаючи з нової сторінки. Вони містять оцінку одержаних результатів (негативних також) роботи або її окремого етапу з урахуванням світових тенденцій вирішення поставленого завдання; можливі галузі використання результатів роботи; народногосподарську, наукову, соціальну значущість роботи.

Текст висновків можна поділити на пункти. У першому пункті висновків стисло оцінюють стан питання, потім розкривають методи вирішення поставленої в роботі проблеми, їх практичний аналіз, порівняння з відомими розв'язаннями. Наголошують на якісних і кількісних показниках здобутих результатів, обґрунтовують їх достовірність.

3.6 Перелік посилань

Перелік джерел, на які є посилання в звіті, наводять у кінці тексту звіту, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту мають бути посилання.

Бібліографічні описи в переліку посилань подають у тій послідовності, в якій вони вперше згадуються в тексті. Порядкові номери описів в переліку є посиланнями в тексті (номерні посилання). Бібліографічні описи посилань у переліку наводять відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 [6].

3.7 Додатки

У додатках розміщують матеріал, який: потрібний для повноти звіту, але його включення до основної частини звіту може змінити впорядковане та логічне уявлення про роботу; не може бути послідовно розміщений в основній частині звіту через великий обсяг або способи відтворення.

Додатки можуть містити:

- звіт про патентні дослідження (якщо вони проводились);
- додаткові ілюстрації або таблиці;
- оригінали фотографій, мікрофіші;
- проміжні математичні доведення, формули, розрахунки;
- протоколи випробувань;
- акти про впровадження результатів досліджень;
- висновок метрологічної експертизи;
- копію технічного завдання, програми робіт, договору чи іншого документа, що замінює технічне завдання;
- інструкції, методики, описання комп'ютерних програм, що розроблені у процесі виконання роботи;
- додатковий перелік джерел, на які не було посилань у звіті, але які могли зацікавити;
- описання нової апаратури і приладів, котрі використовувались під час проведення експерименту, вимірювань та випробувань.

3.8 Правила оформлення курсової роботи

Курсова робота має бути виконана комп'ютерним або машинописним (змішаним) способом відповідно до чинної нормативно-технічної документації на виконання документів з використанням друкуючих і графічних пристроїв виводу ЕОМ.

Робота оформлюється на аркушах формату А4 (210х297 мм), шрифт розміром 14 пунктів через 1,5 інтервали з розрахунку не більше 40 рядків на сторінці. Розміри поля: верхнє, нижнє і ліве – 20 мм, праве – 10 мм.

Окремі слова та формули, що вписуються до надрукованого тексту, мають бути чорного кольору та мати близьку до основного тексту густоту. Власні імена наводяться мовою оригіналу (при першому згадуванні – обов'язково).

Структурні елементи: «РЕФЕРАТ», «ЗМІСТ», «ВИСНОВКИ», «РЕКОМЕНДАЦІЇ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» не нумерують, а їх найменування є заголовками структурних елементів.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки.

Заголовки структурних елементів і розділів необхідно розміщувати посередині рядка і друкувати прописними літерами без крапки в кінці. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів необхідно починати з абзацу (5 знаків). Відстань між заголовком та наступним або попереднім текстом має бути не менше двох рядків. Не можна розміщувати заголовок у нижній частині сторінки, якщо після нього залишається тільки один рядок тексту.

Розділи, підрозділи, пункти і підпункти нумеруються арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 1.1, 1.2 і т.д. Номер пункту складається з номера розділу, номера підрозділу (якщо він є) і порядкового номера пункту, розділених крапками тощо.

Сторінки роботи нумеруються арабськими цифрами в правому верхньому кутку зі збереженням наскрізної нумерації усього тексту. Титульний аркуш також включають до нумерації, але номер сторінки не ставлять.

Ілюстрації необхідно розміщувати безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації (власні та

запозичені) мають бути посилання в роботі. Всі ілюстрації, які виносяться на захист, необхідно навести в основній частині атестаційної роботи або в додатках.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми мають відповідати вимогам нормативно-технічної документації. Ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу та називаються «Рисунок», що разом з назвою ілюстрації (у разі необхідності) розміщується під рисунком, наприклад, «Рисунок 3.2 – Схема розміщення» (другий рисунок третього розділу).

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Таблицю слід розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті. Нумерують таблиці як і рисунки. Слово «Таблиця» розміщують ліворуч над таблицею.

Формули та рівняння наводять безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються, посередині рядка з полями зверху та знизу не менше одного рядка.

Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера, розділених крапкою. Номер проставляється в дужках на рівні формули в кінці рядка.

Пояснення символів та числових коефіцієнтів формул слід наводити безпосередньо під формулою, в тій самій послідовності, у якій вони подані у формулі. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки. Пояснення кожного символу необхідно починати з нового рядка.

Посилання в тексті на джерела необхідно вказувати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками.

Додатки потрібно розміщувати в порядку появи посилань на них у тексті. Кожен додаток має починатися з нової сторінки. Додатки позначають посередині рядка прописними буквами (А, Б, В...). Наприклад, «Додаток А». Далі, симетрично до тексту, друкується заголовок додатка. Додатки повинні мати спільну з іншою частиною роботи наскрізну нумерацію сторінок.

У разі необхідності текст додатка можна поділити на розділи, підрозділи і пункти (наприклад, Г.4.1.3 – пункт 4.1.3 додатка Г). Ілюстрації, таблиці, формули і рівняння необхідно нумерувати в межах кожного додатка (наприклад, рисунок Е.3, таблиця Б.2 – друга формула Додатка Б тощо).

4. ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Мета практичних занять з курсу полягає у поглибленні теоретичних знань і набутті практичних навичок у визначенні окремих розділів курсу.

Студентам стаціонарної форми навчання в рамках практичних занять рекомендується виконувати розрахунки для проведення індивідуальних або комплексних наукових досліджень.

Видача тем курсових робіт. Збір та аналіз інформації з виданої теми наукових досліджень. Патентний пошук. Постановка наукової задачі. Вибір методики дослідження .

Складання плану проведення експерименту. Визначення ступеня впливу на вихідну функцію технологічної системи факторів, що одночасно діють, за допомогою статистичного методу - методу дисперсійного аналізу. Вибір необхідних факторів для дослідження, рівнів факторів. Кодування факторів. Складання матриці планування та робочої матриці для проведення повного факторного експерименту.

Визначення коефіцієнтів та складання рівняння регресії за результатами проведеного повного факторного експерименту. Статичний аналіз рівняння регресії за критеріями Кохрена, Стьюдента, Фішера.

Складання матриці планування та робочої матриці для проведення дробного факторного експерименту.

Визначення коефіцієнтів та складання рівняння регресії за результатами проведеного дробного факторного експерименту. Статичний аналіз рівняння регресії за критеріями Кохрена, Стьюдента, Фішера.

Пошук оптимальних умов (комбінації досліджуваних факторів) проведення технологічних процесів (варіння, розмелювання, вибілювання) за допомогою математичної моделі об'єкта дослідження.

Пошук оптимальних умов проведення технологічних процесів (варіння, розмелювання, вибілювання) безпосередньо на об'єкті дослідження.

Складання та оформлення літературного огляду з теми дослідження .

5. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАЧ

5.1 Розрахувати середню точку (основний рівень) варіювання факторів (заповнюючи відповідну строчку в наведеній таблиці), використовуючи значення верхнього та нижнього рівнів факторів.

Найменування факторів	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Основний рівень, 0				
Верхній рівень, +1	25	180	300	9,0
Нижній рівень, -1	15	160	240	6,0

Рішення задачі:

Середня точка між граничними значеннями Z_{j0} є центром плану, її основним рівнем.

Основний рівень розраховують за формулою:

$$z_{j0} = \frac{z_{j2} + z_{j1}}{2}.$$

$$z_{10} = \frac{z_{12} + z_{11}}{2} = \frac{25+15}{2} = \frac{40}{2} = 20; \quad z_{20} = \frac{z_{22} + z_{21}}{2} = \frac{180+160}{2} = \frac{340}{2} = 170;$$

$$z_{30} = \frac{z_{32} + z_{31}}{2} = \frac{300+240}{2} = \frac{540}{2} = 270; \quad z_{40} = \frac{z_{42} + z_{41}}{2} = \frac{9,0+6,0}{2} = \frac{15}{2} = 7,5.$$

Відповідь:

Найменування факторів	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Основний рівень, 0	20	170	270	7,5
Верхній рівень, +1	25	180	300	9,0
Нижній рівень, -1	15	160	240	6,0

5.2 Надати формулу розрахунку кількості дослідів повного факторного експерименту (ПФЕ) та розробити матрицю для трьох факторів.

Рішення задачі:

Із правила побудови плану повного факторного експерименту витікає, що точок, що містить в k-факторний план, становить:

$$N = 2^k.$$

Складання ортогонального плану для числа факторів більше двох може бути здійснено способом, показаним у таблиці.

Таблиця

№ точки	X ₁	X ₂	X ₃	Y	№ точки	X ₁	X ₂	X ₃	Y
1	+1	-1	-1	y ₁	5	+1	-1	+1	y ₅
2	-1	-1	-1	y ₂	6	-1	-1	+1	y ₆
3	+1	+1	-1	y ₃	7	+1	+1	+1	y ₇
4	-1	+1	-1	y ₄	8	-1	+1	+1	y ₈

Спочатку двічі переписують таблицю повного факторного експерименту для випадку, в якому число факторів на одиницю менше, тобто для $k-1$ (точки 1-4 і 5-8 для факторів X_1 і X_2).

Потім колонку для k -того фактору складають таким чином, щоб половина точок (наприклад, верхня половина) відповідала дослідам, у яких цей фактор підтримували на нижньому рівні (-1), а друга половина - на верхньому (+1).

Відповідь:

Кількість точок ПФЕ: $N = 2^k = 2^3 = 8$.

Матриця для трьох факторів:

№ точки	X_1	X_2	X_3	Y
1	+1	-1	-1	Y_1
2	-1	-1	-1	Y_2
3	+1	+1	-1	Y_3
4	-1	+1	-1	Y_4
5	+1	-1	+1	Y_5
6	-1	-1	+1	Y_6
7	+1	+1	+1	Y_7
8	-1	+1	+1	Y_8

5.3 Дати пояснення кореляції та проаналізувати діаграми розсіювання за характером лінійного кореляційного зв'язку у випадках прямої та зворотної кореляції.

Рішення задачі:

Під **кореляцією** розуміється усілякий зв'язок між двома або декількома явищами.

Він може бути детерміністичним або випадковим (імовірнісним).

Перший тип зв'язку визначається чіткими закономірностями, зазвичай у вигляді формул.

Інший (другий) тип зв'язку - зв'язок між явищами тільки передбачається і відсутні теоретичні передумови, які б свідчили про такий зв'язок.

На відміну від методів регресійного аналізу методами кореляційного аналізу досліджують випадкові зв'язки між незалежними перемінними.

За допомогою кореляційного аналізу перевіряється лише сам факт, тобто статистична гіпотеза про відсутність (або наявність) зв'язку.

Зазвичай, за допомогою кореляційного аналізу досліджуються лише лінійні зв'язки між величинами, а статистичний критерій засвідчує про наявність або відсутність передбачуваного зв'язку.

Тому негативна відповідь за перевірки гіпотези про кореляційну залежність може свідчити не тільки про відсутність зв'язку, але і про можливу наявність нелінійної залежності між досліджуваними величинами.

Кореляційні методи аналізу найбільш широко розповсюджені під час кількісних оцінок в таких описових галузях науки, як психологія і педагогіка, в біологічних і медичних експериментах та ін.

Але такі методи необхідні і за проведення інших досліджень в тому числі наукових.

Найбільш доступно представити (наглядно) результати у вигляді діаграм розсіювання (кореляційного поля) (рис.1).

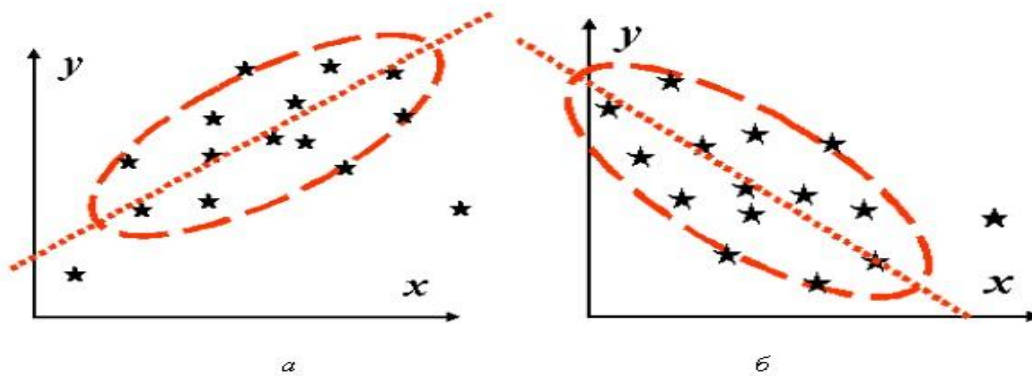


Рис. 1. Візуальна оцінка характеру кореляційного зв'язку за кореляційним полем: *а* – пряма кореляція, $r > 0$; *б* – зворотна кореляція, $r < 0$.

Для прямої кореляції характерною тенденцією є збільшення одного з параметрів, якщо збільшується інший, а для зворотної, навпаки: збільшення одного супроводжується, зазвичай, зменшенням іншого.

Відповідь:

Для прямої кореляції характерною тенденцією є збільшення одного з параметрів, якщо збільшується інший, а для зворотної, навпаки: збільшення одного супроводжується, зазвичай, зменшенням іншого.

5.4 Обґрунтувати мініміально необхідну кількість точок, реалізація яких потрібна для виявлення та дослідження впливу фактора і проаналізувати це на прикладі двох факторів.

Рішення задачі:

Наприклад, вибираємо приклад з **двома** експериментальними точками. Через дві точки можна абсолютно точно провести пряму, але перевірити, наскільки добре ця пряма описує досліджувану залежність, не можна. Для цього потрібно, як мінімум, **ще одна точка**, тобто один ступінь свободи $f=1$.

Якщо виявиться, що пряма неадекватно описує значення параметра оптимізації для **трьох** точок, то в рівняння потрібно додати квадратичний член. Потім додати ще одну (**четверту**) точку і знову перевірити адекватність рівняння відповідно дослідним даним.

У всіх випадках після додавання чергової точки коефіцієнти регресії обчислюють заново з врахуванням доданої точки.

Для побудови лінійної залежності потрібно не менш трьох точок, для квадратичної - не менш чотирьох і т.д.

Розташування цих точок у досліджуваному інтервалі значень змінних (факторів) не обов'язково повинне бути рівномірним. Можна розташовувати їх довільно, але так, щоб інтервали між ними перевершували помилку виміру значень змінних.

Деякі експериментатори вважають, що вплив факторів на процес необхідно вивчити по черзі при фіксованих значеннях інших факторів. Ця теза хибна.

Зобразимо графічно послідовність вивчення поверхні другого порядку при почерговому фіксуванні факторів. На рис. 1 наведена залежність параметра оптимізації (вихід продукту) від фактора X_1 за фіксованого фактора X_2 .

З рис. 1 видно, що максимальне значення параметра оптимізації відповідає значенню X_1 рівному x_{13} . Фіксуємо фактор X_1 на рівні x_{13} і вивчаємо вплив фактору X_2 (рис. 2, крива x_{13}).

Потім наносимо на рис. 2 дані з рис. 1, у результаті чого з'являються ще 3 точки (на кривих x_{14} , x_{12} і x_{11} вони відзначені хрестиками). Вийшло всього сім точок, позначених хрестиками. Чи досить це для опису вивченої системи? Звичайно ні, тому що є ще досить велика невивчена область.

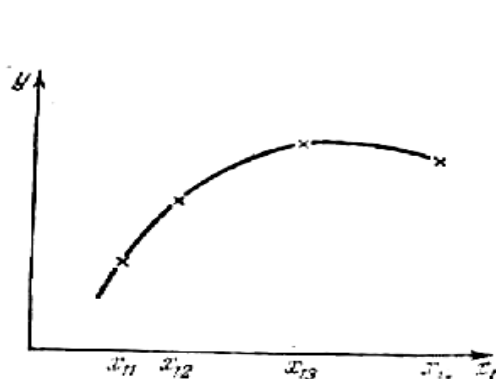


Рис. 1 Залежність параметра оптимізації від фактора X_1 при фіксованому значенні фактора X_2 .

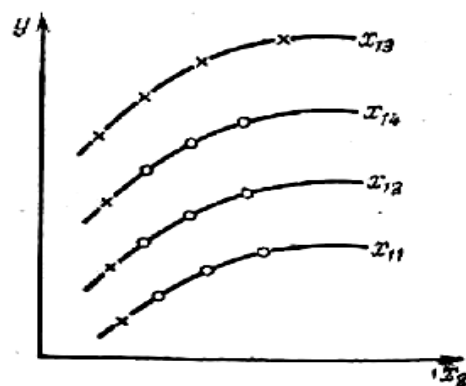


Рис. 2 Залежність параметра оптимізації від фактора X_2 при чотирьох рівнях фіксації значення фактора X_1 .

Відповідь: Для повного дослідження всієї області, в якій змінюються два фактори, потрібно поставити експерименти в шістнадцятьох точках. Для трьохфакторної задачі буде потрібно 64 точки.

5.5 Для матриці дробного факторного експерименту (ДФЕ) (див. таблицю) розрахувати середнє значення параметра оптимізації та похибку паралельних дослідів (і занести значення в таблицю):

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				S_u^2
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_3$	y_1	y_2	y_3	$\bar{y}$	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3		
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6		
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0		
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7		
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8		
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5		
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7		
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2		

Рішення задачі:

У відповідності зі значеннями параметра оптимізації необхідно розрахувати:

а) Середнє значення параметра оптимізації $\bar{y}$ за формулою:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^m y_{im}}{m};$$

m – число паралельних дослідів.

$$\bar{y}_1 = \frac{(37,7 + 37,5 + 37,3)}{3} = 37,5; \bar{y}_2 = \frac{(41,8 + 42,0 + 41,6)}{3} = 41,8;$$

$$\bar{y}_3 = \frac{(43,2 + 43,1 + 43,0)}{3} = 43,1; \bar{y}_4 = \frac{(49,0 + 49,3 + 48,7)}{3} = 49,0;$$

$$\bar{y}_5 = \frac{(37,4 + 37,6 + 37,8)}{3} = 37,6; \bar{y}_6 = \frac{(41,8 + 41,2 + 41,5)}{3} = 41,5;$$

$$\bar{y}_7 = \frac{(43,1 + 42,9 + 42,7)}{3} = 42,9; \bar{y}_8 = \frac{(50,4 + 50,0 + 50,2)}{3} = 50,2.$$

б) Похибки паралельних дослідів за формулою:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{q=1}^m (y_q - \bar{y})^2.$$

$$S_{u1}^2 = \frac{1}{2} (37,7 - 37,5)^2 + (37,5 - 37,5)^2 + (37,3 - 37,5)^2 = \frac{1}{2} (0,2)^2 + (0,0)^2 + (-0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u2}^2 = \frac{1}{2} (41,8 - 41,8)^2 + (42,0 - 41,8)^2 + (41,6 - 41,8)^2 = \frac{1}{2} (0,0)^2 + (0,2)^2 + (-0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u3}^2 = \frac{1}{2} (43,2 - 43,1)^2 + (43,1 - 43,1)^2 + (43,0 - 43,1)^2 = \frac{1}{2} (0,1)^2 + (0,0)^2 + (-0,1)^2 = 0,02.$$

$$S_{u4}^2 = \frac{1}{2} (49,0 - 49,0)^2 + (49,3 - 49,0)^2 + (48,7 - 49,0)^2 = \frac{1}{2} (0,0)^2 + (0,3)^2 + (-0,3)^2 = 0,09.$$

$$S_{u5}^2 = \frac{1}{2} (37,4 - 37,6)^2 + (37,6 - 37,6)^2 + (37,8 - 37,6)^2 = \frac{1}{2} (-0,2)^2 + (0,0)^2 + (0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u6}^2 = \frac{1}{2} (41,8 - 41,5)^2 + (41,2 - 41,5)^2 + (41,5 - 41,5)^2 = \frac{1}{2} (0,3)^2 + (-0,3)^2 + (0,0)^2 = 0,09.$$

$$S_{u7}^2 = \frac{1}{2} (43,1 - 42,9)^2 + (42,9 - 42,9)^2 + (42,7 - 42,9)^2 = \frac{1}{2} (0,2)^2 + (0,0)^2 + (-0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u8}^2 = \frac{1}{2} (50,4 - 50,2)^2 + (50,0 - 50,2)^2 + (50,2 - 50,2)^2 = \frac{1}{2} (0,2)^2 + (-0,2)^2 + (0,0)^2 = 0,04.$$

Відповідь: Середнє значення параметра оптимізації та похибки паралельних дослідів наведені у таблиці:

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				S_u^2
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ *X ₂	X ₁ *X ₃	X ₂ *X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	$\bar{y}$	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5	0,04
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8	0,04
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1	0,02
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0	0,09
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6	0,04
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5	0,09
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9	0,04
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2	0,04

5.6 Для матриці дробного факторного експерименту (ДФЕ) (див. таблицю), базуючись на середніх значеннях параметра оптимізації, розрахувати похибку паралельних дослідів та дисперсію відтворюваності (і занести значення в таблицю):

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				S_u^2
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ *X ₂	X ₁ *X ₃	X ₂ *X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	$\bar{y}$	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5	
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8	
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1	
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0	
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6	
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5	
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9	
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2	

Рішення задачі:

У відповідності з середніми значеннями параметра оптимізації необхідно розрахувати:

а) Похибки паралельних дослідів за формулою:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{q=1}^m (y_q - \bar{y})^2.$$

$$S_{u1}^2 = \frac{1}{2} (37,7 - 37,5)^2 + (37,5 - 37,5)^2 + (37,3 - 37,5)^2 = \frac{1}{2} (0,2)^2 + (0,0)^2 + (-0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u2}^2 = \frac{1}{2} (41,8 - 41,8)^2 + (42,0 - 41,8)^2 + (41,6 - 41,8)^2 = \frac{1}{2} (0,0)^2 + (0,2)^2 + (-0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u3}^2 = \frac{1}{2} (43,2 - 43,1)^2 + (43,1 - 43,1)^2 + (43,0 - 43,1)^2 = \frac{1}{2} (0,1)^2 + (0,0)^2 + (-0,1)^2 = 0,02.$$

$$S_{u4}^2 = \frac{1}{2} (49,0 - 49,0)^2 + (49,3 - 49,0)^2 + (48,7 - 49,0)^2 = \frac{1}{2} (0,0)^2 + (0,3)^2 + (-0,3)^2 = 0,09.$$

$$S_{u5}^2 = \frac{1}{2} (37,4 - 37,6)^2 + (37,6 - 37,6)^2 + (37,8 - 37,6)^2 = \frac{1}{2} (-0,2)^2 + (0,0)^2 + (0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u6}^2 = \frac{1}{2} (41,8 - 41,5)^2 + (41,2 - 41,5)^2 + (41,5 - 41,5)^2 = \frac{1}{2} (0,3)^2 + (-0,3)^2 + (0,0)^2 = 0,09.$$

$$S_{u7}^2 = \frac{1}{2} (43,1 - 42,9)^2 + (42,9 - 42,9)^2 + (42,7 - 42,9)^2 = \frac{1}{2} (0,2)^2 + (0,0)^2 + (-0,2)^2 = 0,04.$$

$$S_{u8}^2 = \frac{1}{2} (50,4 - 50,2)^2 + (50,0 - 50,2)^2 + (50,2 - 50,2)^2 = \frac{1}{2} (0,2)^2 + (-0,2)^2 + (0,0)^2 = 0,04.$$

б) Дисперсію відтворюваності за формулою:

$$S_{\text{відтвор.}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^m (y_{qi} - \bar{y}_q)^2}{n * (m - 1)}.$$

$$S_{\text{відтвор.}}^2 = \frac{0,04 + 0,04 + 0,02 + 0,09 + 0,04 + 0,09 + 0,04 + 0,04}{8 * 2} = \frac{0,4}{16} = 0,025.$$

Відповідь: Дисперсія відтворюваності дослідів $S_{\text{відтвор.}}^2 = 0,025$. Похибки паралельних дослідів наведені у таблиці:

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				S_u^2
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_3$	y_1	y_2	y_3	$\bar{y}$	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5	0,04
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8	0,04
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1	0,02
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0	0,09
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6	0,04
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5	0,09
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9	0,04
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2	0,04

5.7 Враховуючи, що в якості генеруючого співвідношення прийнято варіант, в якому за фактор взято потрібний змішаний ефект: $X_4 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$, а визначальним контрастом слугує: $1 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4$, визначити, з якими ефектами взаємодії будуть зв'язані фактори: X_1, X_2, X_3, X_4 .

Рішення задачі:

Якщо в якості генеруючого співвідношення прийнято варіант, в якому за фактор взято потрібний змішаний ефект: $X_4 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$, а визначальним контрастом слугує: $1 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4$, то для визначення з якими ефектами взаємодії будуть зв'язані фактори: X_1, X_2, X_3, X_4 , необхідно:

- перемножити ліву і праву частини визначального контрасту на відповідний фактор і отримаємо:

$$X_1 = X_2 \cdot X_3 \cdot X_4;$$

$$X_2 = X_1 \cdot X_3 \cdot X_4;$$

$$X_3 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_4;$$

$$X_4 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Відповідь:

$$X_1 = X_2 \cdot X_3 \cdot X_4;$$

$$X_2 = X_1 \cdot X_3 \cdot X_4;$$

$$X_3 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_4;$$

$$X_4 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

5.8 Для матриці дробного факторного експерименту (ДФЕ) (див. таблицю), базуючись на кодованих значеннях факторів та рівнянні регресії з лінійними ефектами виду: $y = 42,9 - 2,68 \cdot x_1 - 3,35 \cdot x_2 - 0,20 \cdot x_3$, розрахувати теоретичні значення параметра оптимізації (і занести їх в таблицю).

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				у
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ *X ₂	X ₁ *X ₃	X ₂ *X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	ȳ	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5	
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8	
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1	
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0	
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6	
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5	
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9	
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2	

Рішення задачі:

У відповідності з рівнянням регресії з лінійними ефектами виду:
 $y = 42,9 - 2,68 \cdot x_1 - 3,35 \cdot x_2 - 0,20 \cdot x_3$ та кодованими значеннями факторів необхідно розрахувати теоретичні значення параметра оптимізації.

$$\mathcal{E}_1 = 42,9 - 2,68 \cdot (+1) - 3,35 \cdot (+1) - 0,20 \cdot (+1) = 36,67;$$

$$\mathcal{E}_2 = 42,9 - 2,68 \cdot (-1) - 3,35 \cdot (+1) - 0,20 \cdot (+1) = 42,03;$$

$$\mathcal{E}_3 = 42,9 - 2,68 \cdot (+1) - 3,35 \cdot (-1) - 0,20 \cdot (+1) = 43,37;$$

$$\mathcal{E}_4 = 42,9 - 2,68 \cdot (-1) - 3,35 \cdot (-1) - 0,20 \cdot (+1) = 48,73;$$

$$\mathcal{E}_5 = 42,9 - 2,68 \cdot (+1) - 3,35 \cdot (+1) - 0,20 \cdot (-1) = 37,07;$$

$$\mathcal{E}_6 = 42,9 - 2,68 \cdot (-1) - 3,35 \cdot (+1) - 0,20 \cdot (-1) = 42,43;$$

$$\mathcal{E}_7 = 42,9 - 2,68 \cdot (+1) - 3,35 \cdot (-1) - 0,20 \cdot (-1) = 43,77;$$

$$\mathcal{E}_8 = 42,9 - 2,68 \cdot (-1) - 3,35 \cdot (-1) - 0,20 \cdot (-1) = 49,05.$$

Відповідь:

Теоретичні значення параметра оптимізації розраховані і занесені в таблицю.

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				ε
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ *X ₂	X ₁ *X ₃	X ₂ *X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	ȳ	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5	36,67
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8	42,03
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1	43,37
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0	48,73
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6	37,07
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5	42,43
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9	43,77
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2	49,05

5.9 Для матриці дробного факторного експерименту (ДФЕ) (див. таблицю), базуючись на середніх значеннях параметра оптимізації і кодованих значеннях факторів, розрахувати коефіцієнти рівняння регресії.

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації			
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ *X ₂	X ₁ *X ₃	X ₂ *X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	$\bar{y}$
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2

Рішення задачі:

У відповідності зі середніми значеннями параметра оптимізації та кодованими значеннями факторів необхідно розрахувати:

а) коефіцієнти регресії (за методом найменших квадратів):

Загальний вигляд рівняння регресії такий:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3;$$

Розрахунок коефіцієнтів регресії проводиться за такою формулою:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot y_i}{N}.$$

$$b_0 = \frac{(+37,5 + 41,8 + 43,1 + 49,0 + 37,6 + 41,5 + 42,9 + 50,2)}{8} = 42,95;$$

$$b_1 = \frac{(+37,5 - 41,8 + 43,1 - 49,0 + 37,6 - 41,5 + 42,9 - 50,2)}{8} = -2,68;$$

$$b_2 = \frac{(+37,5 + 41,8 - 43,1 - 49,0 + 37,6 + 41,5 - 42,9 - 50,2)}{8} = -3,35;$$

$$b_3 = \frac{(+37,5 + 41,8 + 43,1 + 49,0 - 37,6 - 41,5 - 42,9 - 50,2)}{8} = -0,20;$$

$$b_4 = \frac{(+37,5 - 41,8 - 43,1 + 49,0 - 37,6 + 41,5 + 42,9 - 50,2)}{8} = -0,12;$$

$$b_{12} = \frac{(+37,5 - 41,8 - 43,1 + 49,0 + 37,6 - 41,5 - 42,9 + 50,2)}{8} = 0,62;$$

$$b_{13} = \frac{(+37,5 - 41,8 + 43,1 - 49,0 - 37,6 + 41,5 - 42,9 + 50,2)}{8} = 0,12;$$

$$b_{23} = \frac{(+37,5 + 41,8 - 43,1 - 49,0 - 37,6 - 41,5 + 42,9 + 50,2)}{8} = 0,025.$$

Відповідь:

$$b_0 = 42,95; b_1 = -2,68; b_2 = -3,35; b_3 = -0,20; b_4 = -0,12; b_{12} = 0,62;$$

$$b_{13} = 0,12; b_{23} = 0,025.$$

5.10 Для матриці дробного факторного експерименту (ДФЕ) (див. таблицю), базуючись на середніх значеннях параметра оптимізації, кодованих значеннях факторів та дисперсії відтворюваності, розрахувати коефіцієнти рівняння регресії і перевірити їх значимість.

№ п.п	Фактори								Параметри оптимізації				S_u^2
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$	y_1	y_2	y_3	$\bar{y}$	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	37,7	37,5	37,3	37,5	0,04
2	+	-	+	+	-	-	-	+	41,8	42,0	41,6	41,8	0,04
3	+	+	-	+	-	-	+	-	43,2	43,1	43,0	43,1	0,02
4	+	-	-	+	+	+	-	-	49,0	49,3	48,7	49,0	0,09
5	+	+	+	-	-	+	-	-	37,4	37,6	37,8	37,6	0,04
6	+	-	+	-	+	-	+	-	41,8	41,2	41,5	41,5	0,09
7	+	+	-	-	+	-	-	+	43,1	42,9	42,7	42,9	0,04
8	+	-	-	-	-	+	+	+	50,4	50,0	50,2	50,2	0,04

Рішення задачі:

У відповідності зі середніми значеннями параметра оптимізації та кодованими значеннями факторів необхідно розрахувати:

а) коефіцієнти регресії (за методом найменших квадратів):

Загальний вигляд рівняння регресії такий:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3;$$

Розрахунок коефіцієнтів регресії проводиться за такою формулою:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot y_i}{N}.$$

$$b_0 = \frac{(+37,5 + 41,8 + 43,1 + 49,0 + 37,6 + 41,5 + 42,9 + 50,2)}{8} = 42,95;$$

$$b_1 = \frac{(+37,5 - 41,8 + 43,1 - 49,0 + 37,6 - 41,5 + 42,9 - 50,2)}{8} = - 2,68;$$

$$b_2 = \frac{(+37,5 + 41,8 - 43,1 - 49,0 + 37,6 + 41,5 - 42,9 - 50,2)}{8} = - 3,35;$$

$$b_3 = \frac{(+37,5 + 41,8 + 43,1 + 49,0 - 37,6 - 41,5 - 42,9 - 50,2)}{8} = - 0,20;$$

$$b_4 = \frac{(+37,5 - 41,8 - 43,1 + 49,0 - 37,6 + 41,5 + 42,9 - 50,2)}{8} = - 0,12;$$

$$b_{12} = \frac{(+37,5 - 41,8 - 43,1 + 49,0 + 37,6 - 41,5 - 42,9 + 50,2)}{8} = 0,62;$$

$$b_{13} = \frac{(+37,5 - 41,8 + 43,1 - 49,0 - 37,6 + 41,5 - 42,9 + 50,2)}{8} = 0,12;$$

$$b_{23} = \frac{(+37,5 + 41,8 - 43,1 - 49,0 - 37,6 - 41,5 + 42,9 + 50,2)}{8} = 0,025.$$

б) перевірити значимість коефіцієнтів регресії.

Перевірка значимості коефіцієнтів регресії проводиться за формулою:

$$S_{bj}^2 = \frac{S_{\text{відтвор.}}^2}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2} = \frac{S_{\text{відтвор.}}^2}{N}.$$

Спочатку потрібно розрахувати значення критерію Стьюдента та перевірити його з табличним значенням: $t_j = \frac{|b_j|}{S(b_j)} \leq t_{кр}$;

Для цього спочатку запишемо: $S_{bj} = +\sqrt{S_{bj}^2}$;

$Db_j = t \cdot S_{bj}$; (знаходимо за таблицями значення критерія Стьюдента $t_{кр} = 2,31$ - для рівня значимості 0,05; ступеня свободи $-f=8$).

$$\Delta b_j = 2,31 \cdot S_{bj} = 2,31 \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{відтвор.}}^2}{N}} = 2,31 \cdot \sqrt{\frac{0,025}{8}} = 0,129;$$

Коефіцієнти, які менші за критичне значення **0,129** – незначимі.

Рівняння регресії приймає такий вигляд:

$$y = 42,9 - 2,68 \cdot x_1 - 3,35 \cdot x_2 - 0,20 \cdot x_3 + 0,62 \cdot x_1 \cdot x_2;$$

Відповідь:

$$b_0 = 42,95; b_1 = -2,68; b_2 = -3,35; b_3 = -0,20; b_4 = -0,12; b_{12} = 0,62;$$

$$b_{13} = 0,12; b_{23} = 0,025.$$

Коефіцієнти, які менші за критичне значення **0,129** – незначимі.

Рівняння регресії приймає такий вигляд:

$$y = 42,9 - 2,68 \cdot x_1 - 3,35 \cdot x_2 - 0,20 \cdot x_3 + 0,62 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

6. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Самостійна робота студентів регламентується Положенням про організацію навчального процесу в вищих навчальних закладах України, затвердженого наказом Міністерства освіти України № 161 від 2 червня 1993 року та Положенням про систему нарахування балів за кредитно-модульною системою.

Положенням про організацію навчального процесу в вищих навчальних закладах України передбачено, що навчальний час, відведений для самостійної роботи студентів визначається робочим навчальним планом і повинен становити не менше 0,5 загального обсягу навчального часу студента, відведеного для вивчення конкретної дисципліни.

Мета самостійної роботи студентів:

- розвиток творчих здібностей та активізація розумової діяльності студентів;
- формування в студентів потреби безперервного самостійного поповнення знань;
- здобуття студентом глибокої системи знань;
- самостійна робота студентів як результат морально-вольових зусиль.

Завдання самостійної роботи студентів:

- навчити студентів самостійно працювати над літературою;
- творчо сприймати навчальний матеріал і його осмислювати;
- набути навички щоденної самостійної роботи в одержанні та узагальненні знань, вмінь.

Зміст самостійної роботи студентів з конкретної дисципліни визначається навчальною програмою дисципліни та робочою навчальною програмою вивчення дисципліни.

На самостійну роботу можуть виноситись:

- підготовка до лекцій;

- ▼ частина теоретичного матеріалу, менш складного за змістом;
- ▼ підготовка до семінарських занять;
- ▼ виконання індивідуальної роботи.

Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з конкретної дисципліни може виконуватись у бібліотеці, навчальних кабінетах, комп'ютерних класах (лабораторіях), а також у домашніх умовах.

Залежно від особливостей дисциплін викладач може видавати студентам різні види завдань самостійної роботи:

- ▼ переробка інформації отриманої безпосередньо на обов'язкових навчальних заняттях;
- ▼ робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- ▼ самостійне вивчення окремих тем або питань із розробкою конспекту;
- ▼ робота з довідковою літературою;
- ▼ написання рефератів, повідомлень;
- ▼ творчі завдання (доповіді, проекти, есе, огляди тощо);
- ▼ виконання підготовчої роботи до лабораторних та практичних занять;
- ▼ виконання індивідуальних графічних, розрахункових завдань;
- ▼ виконання курсових робіт (проектів);
- ▼ підготовка письмових відповідей на проблемні питання;
- ▼ виготовлення наочності;
- ▼ складання картотеки літератури за змістом наступної фахової діяльності;

Успішне виконання завдання самостійної роботи можливе за умов наявності у студентів певних навичок: вміння працювати з книгою (складати план, конспект, реферат); проводити аналіз навчального матеріалу (складати різні види таблиць, проводити їх аналіз).

7. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАХОДІВ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Контрольні заходи включають поточний і підсумковий контроль знань студентів.

Поточний контроль є органічною частиною навчального процесу і проводиться під час лекцій, семінарських, практичних і лабораторних занять.

Форми поточного контролю:

- усна співбесіда за матеріалами розглянутої теми на початку наступної лекції з оцінкою відповідей студентів (5-10 хв);
- письмове фронтальне опитування студентів на початку чи в кінці лекції (5-10 хв). Відповіді перевіряються і оцінюються у позааудиторний час;
- фронтальний безмашинний стандартизований контроль знань студентів за кількома темами, винесеними на самостійну роботу (5-10 хв).

Проводиться на початку семінарських, практичних чи лабораторних занять;

- перевірка домашніх завдань;
- перевірка набутих вмінь на практичних, лабораторних заняттях;
- тестова перевірка знань студентів;
- інші форми.

За кредитно-модульної системи навчання самостійна робота впливає на загальний рейтинг з дисципліни. Контролюється після закінчення логічно завершеної частини лекцій та інших видів занять з дисципліни і її результати враховуються при виставленні підсумкової оцінки.

Навчальний матеріал навчальної дисципліни, передбачений робочим навчальним планом для засвоєння студентами у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль (екзамен або диф. залік/залік).

8. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

СРС до теми 1.3 Систематичні та випадкові помилки. Стандартне відхилення. Визначення випадкових помилок. Сиденко В.М., Грушко И.М. Основы научных исследований. - Харьков: Выща школа, 1985. с.15-24.

Експериментальні похибки, які можна виявити за допомогою багатократних вимірювань, називаються випадковими похибками.

Ті похибки, які не можна виявити таким способом, називаються систематичними похибками.

Щоб проілюструвати різницю між цими видами похибок, розглянемо декілька прикладів.

Припустимо спочатку, що ми вимірюємо час одного обороту рівномірно обертаючого диска. Одною із причин похибок буде час нашої власної реакції під час запуску та зупинки секундоміра.

Якби цей час реакції завжди було точно тим самим, то два запізнення, обумовлені реакцією (перше – під час запуску, друге під час зупинки), компенсували б одне одного. Разом з тим, фактично час нашої реакції змінюється. Ми можемо більше забаритися під час запуску секундоміра і тим самим недооцінити час обороту, або ж більше затриматися під час його зупинки і в такому випадку переоцінити час.

В зв'язку з тим, що обидві можливості рівноймовірні, то знак ефекту випадковий.

За багатократного повторення вимірювань ми інколи будемо переоцінювати час, а інколи - недооцінювати. Таким чином, змінний час нашої реакції буде проявлятися в розходженні отриманих результатів .

Аналізуючи коливання в результатах методами статистики, ми можемо одержати дуже достовірну оцінку похибки такого типу.

З іншого боку, якщо наш секундомір постійно відстає, то всі виміряні значення часу будуть недооцінені і ніяка кількість повторень (з тим же секундоміром) не виявить цього джерела похибок.

Похибка такого типу називається систематичною, оскільки вона завжди зміщує наш результат в один бік. (Якщо секундомір відстає, ми завжди недооцінюємо час, а якщо поспішає - завжди переоцінюємо.)

Систематичні похибки не можна виявити тими статистичними методами, про які зараз піде мова.

В якості другого прикладу проявлення випадкових і систематичних похибок розглянемо вимірювання точно визначеної довжини за допомогою лінійки.

Одне із джерел похибки - це необхідність в інтерполяції між мітками шкали, і ця похибка, ймовірно, є випадковою. (Під час інтерполяції ми з рівною ймовірністю як переоцінюємо, так і недооцінюємо результат.)

Але є також імовірність того, що наша лінійка дефектна, а це джерело похибки буде, імовірно, призводити до систематичної похибки. (Якщо лінійка видовжена, ми завжди недооцінюємо результат, якщо укорочена - завжди переоцінюємо.)

Подібно цим двом прикладам, майже всі вимірювання піддаються як випадковим, так і систематичним похибкам.

Не важко було б навести і інші приклади. Зокрема, необхідно звернути увагу на те, що типові джерела випадкових похибок - це невеликі похибки спостерігача (як у випадку інтерполяції), невеликі перешкоди, що впливають на апаратуру (подібні до механічних вібрацій), проблеми визначення і деякі інші.

Можливо, що найбільш очевидна причина систематичної похибки - це розкалібрування приладів (подібно секундоміру, що відстає, видовженій лінійці або приладу, у якого стрілка до початку вимірювань не була виставлена на нуль).

Розходження між випадковими та систематичними похибками не завжди можна чітко визначити.

Наприклад, за зміни положення вашої голови відносно приладу зі стрілкою (наприклад, на звичайному годиннику результати зчитування будуть змінюватися). Цей ефект називається паралаксом, і він призводить до того, що правильне зчитування зі шкали можливо тільки у випадку, коли ваша голова розташована точно перед стрілкою.

Навіть якщо ви дуже акуратний експериментатор, ви не зможете розташувати ваше око завжди точно перед стрілкою; отже, ваші вимірювання будуть містити малі похибки, пов'язані з паралаксом, і ця похибка буде, імовірно, випадковою.

З іншого боку, неуважний експериментатор, що поставить прилад зі стрілкою збоку від себе і забуде про вплив паралакса, внесе систематичну помилку в усі свої звіти про вимірювання.

Таким чином, один і той же самий ефект паралакса може призвести до випадкових похибок в одному випадку та систематичних - в іншому.

Врахування випадкових похибок кардинально відмінне від врахування систематичних похибок.

Статистичні методи, які ми розглянемо в цій лекції, дають достовірну оцінку випадкових похибок і, як ми побачимо, вказують шлях певного їх зменшення.

З іншого боку, систематичні похибки важко оцінити і навіть виявити.

Досвідчений експериментатор повинен вміти передбачати можливі джерела систематичних похибок і завчасно потурбуватися, щоб всі невраховані ним систематичні похибки були значно менші необхідної точності вимірювання.

Для цього потрібна, наприклад, перевірка стрілочних приладів за прийнятими стандартами, їхнє калібрування, або навіть, якщо необхідно, придбання більш досконалих приладів.

На жаль, у навчальній лабораторії така перевірка приладів майже неможлива, тому врахування систематичних похибок завжди являє собою нелегку справу.

Ми у наших лекціях ще повернемося до питання систематичних похибок, а поки що будемо розглядати експерименти, для яких всі джерела систематичних похибок виявлені та вжиті необхідні заходи, щоб ці похибки були набагато менші необхідної точності.

Наше завдання зводиться до того, щоб вирішити, як оцінити **систематичну складову** $\Delta k_{\text{систем.}}$, а потім - як скомбінувати $\Delta k_{\text{вип.}}$ і $\Delta k_{\text{сист.}}$, щоб одержати повну похибку Δk .

Не існує простої теорії, що вказала б, як нам поступати з систематичними похибками.

Фактично єдина теорія систематичних похибок полягає в тому, що вони повинні бути виявлені та зменшені настільки, щоб стати набагато меншими за точність вимірювань.

Разом з тим, у навчальній лабораторії це зробити часто неможливо. Як правило, немає можливості перевірити стрілочний прилад відносно більш надійного, щоб прокалібрувати його, і ще менше шансів - купити новий прилад з метою замінити несправний старий. Із цієї причини в деяких навчальних лабораторіях прийнято за правило, що в умовах відсутності точної інформації кожному приладу треба прописати певну систематичну похибка. Наприклад, можна було б вирішити, що всі секундоміри мають 0,5 %-ву систематичну похибку, всі ваги -1%-ву, всі вольтметри та амперметри - 3%-ву і т.д.

Озброївшись правилами такого типу, можна просуватися далі різними шляхами. Вибір кожного з них неможливо строго обґрунтувати, і зараз ми розглянемо тільки один зі шляхів.

У випадку останнього приклада з попереднього розділу лекції коефіцієнт пружності пружини $k = 4\rho^2 m / T^2$ визначався за допомогою вимірювань ряду значень m і відповідних значень T . Як було відзначено, статистичний аналіз різних значень k призводить до наступної випадкової складової Δk :

$$\Delta k_{\text{вип}} = s_{\bar{k}} = 0,06 \text{ Н/м.} \quad (21)$$

Нехай нам відомо, що ваги, які використовуються для вимірювання m , і годинники, що використовуються для вимірювання T , мають систематичні похибки 1 і 0,5%, відповідно. Тепер ми можемо знайти систематичну складову похибки Δk методом розрахунку похибок в непрямих вимірюваннях, причому виникає тільки одне питання: складати похибки квадратично або безпосередньо?

Оскільки похибки в m і T однозначно незалежні і тому можлива деяка компенсація, то, ймовірно, розумно використати квадратичну суму, що дає ¹⁾

$$\frac{\Delta k_{\text{сист}}}{k} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m_{\text{сист}}}{m}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta T_{\text{сист}}}{T}\right)^2} = \quad (22)$$

$$= \sqrt{1 + 1} \% = 1,4\% \quad (23)$$

і, отже,

$$\Delta k_{\text{сист.}} = (13,16 \text{ Н/м}) * 0,014 = 0,18 \text{ Н/м.} \quad (24)$$

Тепер, оскільки ми оцінили як випадкову, так і систематичну складові Δk , нам залишається тільки якось скомбінувати їх, щоб отримати саму величину Δk .

Можна було б обґрунтувати необхідність їхнього квадратичного додавання, і тоді повна похибка мала б вид

$$\Delta k = \sqrt{(\Delta k_{\text{вип.}})^2 + (\Delta k_{\text{сист.}})^2} = \quad (25)$$

$$= \sqrt{(0,06)^2 + (0,18)^2} = 0,189 \approx 0,2 \text{ Н/м} \quad (26)$$

У цьому прикладі систематична похибка повністю домінує над випадковою.

Вираз (25) для Δk не може бути строго доведений. Не ясний також зміст отриманого виразу: наприклад, ми, очевидно, не можемо стверджувати, що з ймовірністю 70% істинне значення лежить в інтервалі $k \pm \Delta k$. Разом з тим, цей вираз дає принаймні розумну оцінку повної похибки в умовах, коли наші прилади мають систематичні похибки, які ми не змогли ліквідувати.

Зокрема, існує один важливий аспект, внаслідок якого результат (25) правдоподібний і повчальний. У лекції раніше ми говорили, що стандартне відхилення середнього прагне до нуля зі збільшенням числа вимірювань N . Це положення означало, що якщо ми запаслися терпінням і виконуємо величезне число вимірювань, то можемо нескінченно зменшувати похибку, не вдосконалюючи нашого обладнання або методу вимірювань. Тепер ми можемо бачити, що в дійсності це не так.

Збільшення N призведе до необмеженого зменшення випадкової складової $\Delta k_{\text{вип}} = s_{\bar{k}}$. Але будь-яка дана апаратура характеризується деякими систематичними похибками, які не зменшуються, коли ми збільшуємо N . З (25) ясно, що немає великої вигоди надалі зменшувати $\Delta k_{\text{вип}}$, коли величина $\Delta k_{\text{вип}}$ стала меншою за $\Delta k_{\text{сист.}}$

Зокрема, повна Δk ніколи не може бути меншою за $\Delta k_{\text{сист.}}$. Все це тільки підтверджує те, про що ми вже догадувалися, а саме що на практиці значне зменшення похибки вимагає покращення в методі вимірювань або в обладнанні, щоб зменшити як випадкову, так і систематичну похибки в кожному окремому вимірюванні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сиденко В.М., Грушко И.М. Основы научных исследований. - Харьков: Выща школа, 1985. - 189 с.
2. Пен Р.З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажной промышленности. - Красноярск, 1982. - 192 с.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. – Киев: Наук. Думка, 1982. – 296с.
4. Ивахненко А.Г. Кибернетика – наука о моделировании связи и управления в сложных системах // Автоматика. – 1982. - №1. –С.3-15.
5. Кикоть В.С. Разработка и исследование комбинированных методов идентификации проектируемых объектов на основе принципа самоорганизации: Автореф. Дис. Канд. Техн наук. – Киев: 1984. -22с.
6. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. К.: Держстандарт України, 1995 -36 с.
7. Головач А.С. Оформление документов. - Харьков: Вышшая школа, 1983. -176 с.
8. Методические указания к лабораторным работам и контрольные задания по дисциплине «Технология бумаги и картона» / Сост.: Н.С. Астратов, С.Ф. Примаков. - К.: КПИ, 1993. - 84 с.
9. Методичні вказівки до лабораторних робіт з хімії рослинної сировини і целюлози / Укл. Барбаш В.А., Антоненко Л.П., Дейкун І.М. - К.: НТУУ „КПІ”,2003.-70с.
10. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт і контрольних завдань з дисципліни "Технологія целюлози" / Укл. Примаков СП., Антоненко Л.П., Барабаш В.А., Дейкун І.М., Черьопкіна Р.І. - К.: НУТУ "КПІ\2003.-71.
11. Глушенко И.М., Пинскер А.Е., Полянчиков О.И. Основы научных исследований.-К.: Выща школа, 1983. - 158 с.
12. Душинський В.В. Основы наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням: Навч. посібник. - К.: НТУУ "КПІ\ 2000.- 408 с.
13. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 272 с.
14. Боженко Л.І. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація. – Львів: Афіша, 2006. - 324 с.

15. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. - К.: Выща школа, 1976. - 200 с.
16. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. - К.: Вища школа, 1980.-264 с.
17. Кикоть В.С., Плосконос В.Г. Идентификация характеристик сложных проектируемых систем с использованием принципов самоорганизации и топологического метода анализа // Автоматика. – 1986. - №3. – С.34-42.
18. Ахназарова С.А., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. - М.: Высш. школа, 1985.-119 с.
19. Веселов И.В. Современное деловое письмо в промышленности. - М.: Изд-во Стандартов, 1990.-159 с.
20. Журнали «Папір», «Целюлоза. Бумага. Картон», «Бумага и жизнь», «Упаковка» за останні 5-10 років.
21. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы научных исследований» для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ» / Сост.: И.М. Астрелин, А.Л. Концевой, Ю.В. Князев. - К.: ЮТИ, 1990. - 60 с.
22. Примаков СП., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону. К.: ЕКМО, 2002.-396 с.
23. Положення про підготовку науково-педагогічних і наукових кадрів / Постанова Кабміну України № 309 від 01.03.1999 р.
22. Закон України "Про наукову і науково-технічну діяльність", №1977-12, Відомості Верховної Ради України, 1999 р.
23. Національна Стратегічна програма розвитку целюлозно-паперової промисловості України до 2020 року, 2006 р.
24. Черьопкіна Р.І., Плосконос В.Г. Оптимізація композиційного складу волокнистих напівфабрикатів для виготовлення паперу для гофрування// Упаковка. – 2010. - №2. – С.28-31.
25. Коптюх Л.А., Плосконос В.Г., Аістова О.Г. Властивості паперових пакувальних матеріалів в залежності від умов їх виготовлення // Упаковка. – 2009. - №4. – С.28-30.