

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій
виготовлення матеріалів**

ПРОГРАМА

**та завдання і методичні вказівки
до контрольних робіт з дисципліни**

«ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ»

Харків – 2017

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 27 лютого 2017 р., протокол № 10.

Рекомендується для магістрів спеціальності «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Укладачі:

проф. Л. А. Тимофєєва,
асист. А. Ю. Дьомін

Рецензент

проф. Е. С. Геворкян

ПРОГРАМА
та завдання і методичні вказівки
до контрольних робіт
з дисципліни

«ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ»

Відповідальний за випуск Дьомін А. Ю.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 29.03.17 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,50. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Програма дисципліни.....	5
Методичні вказівки до виконання контрольної роботи.....	7
Контрольна робота 1.....	9
Контрольна робота 2.....	10
Контрольна робота 3.....	13
Список літератури.....	17

ВСТУП

Широко відомо, що розвиток підприємства (організації) неможливий без планування процесів функціонування та без їх грамотної організації. І тим паче це неможливо організувати без використання наукових підходів до планування й організації діяльності. Саме останнє і розглядає дисципліна «Планування та організація експерименту».

Як відомо, теоретичні залежності, що зв'язують вхідні параметри того чи іншого процесу, які на нього впливають (фактори) і вихідні параметри процесу (функції відгуку), досить «складно» отримувати, якщо одночасно враховується велика кількість факторів. Тому на практиці широко застосовуються методи планування експерименту й обробки експериментальних даних, які, ймовірно, ще довго будуть використовуватися при дослідженні різних процесів, що обумовлюється складністю, різноманіттям і в певному сенсі «неоднозначністю» фізичних явищ та їх наслідків для багатьох реальних процесів.

Отже, для реальних виробничих умов у багатьох випадках швидше і дешевше скористатися традиційними способами отримання емпіричних формул, ніж розробляти теоретичні моделі. Виходячи з цього метою нижченаведених контрольних робіт є навчання студентів-магістрів застосуванню математичного апарату обробки експериментальних даних при досить поширеному багатofакторному плануванні експериментів.

Однофакторні експерименти, де варіюється один параметр при фіксованих значеннях інших, потребують виконання великої кількості дослідів і, що не менш важливо, не завжди дають можливість виявити загальну картину впливу факторів на об'єкт оптимізації. Застосування методів планування експериментів дає змогу не тільки обґрунтовано скоротити кількість дослідів, і що найголовніше, без втрати інформації, а й виявити взаємодію факторів, їх сумарний взаємний вплив на об'єкт оптимізації. Планування експерименту дає змогу без великих матеріальних, тимчасових витрат визначити шляхи подальшого продовження досліджень.

ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання навчальної дисципліни «Планування та організація експерименту» є підготовка фахівців у галузі планування експерименту у транспортній сфері; підготовка майбутнього магістра до науково-технічної та організаційно-методичної діяльності, пов'язаної з проведенням наукових досліджень: формулювання завдання; організація і проведення досліджень, включаючи організацію роботи наукового колективу; оформлення результатів досліджень; оцінка ефективності розроблених пропозицій та їх упровадження, а також набування практичних навичок для планування та проведення експериментальних досліджень на підприємствах залізничного транспорту.

Завдання дисципліни:

- теоретичні основи планування експерименту;
- визначення законів розподілу випадкових величин на основі дослідних даних;
- визначення числових характеристик статистичного розподілу, згладжування статистичних рядів;
- побудова інтерполяційних та регресійних залежностей.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- методологічні основи планування,
- закономірності і принципи планування;
- організаційні форми і структуру окремих видів планування,
- інформаційне і програмне забезпечення;
- оцінку ефективності розроблюваних планів, організацію планової роботи на підприємстві, бізнес-планування;

вміти:

- використовувати різноманітні засоби і методи планування;
- планувати інноваційну й інвестиційну діяльність;
- розробляти виробничу програму;
- визначати потребу в персоналі,
- планувати зростання продуктивності праці на підприємстві;

- планувати фонд оплати праці;
- визначати потребу в матеріально-технічних ресурсах;
- планувати витрати виробництва та реалізації продукції, прибутки, рентабельність, оцінювати фінансовий стан підприємства;
- прогнозувати техніко-економічний і соціальний розвиток підприємства; здійснювати поточну перевірку виконання планів та їх аналіз.

Дисципліна «Планування та організація експерименту» базується на дисциплінах «Філософія», «Фізика», «Обчислювальна математика», «Інформатика», «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» і у свою чергу є базою для вивчення і виконання контрольних робіт з означеної дисципліни, а також дипломних робіт.

Основною формою вивчення матеріалу є самостійна робота над рекомендованою літературою. З ключових питань програми читаються лекції. Уміння використовувати знання основ теорії планування експерименту, а також навички за вибором і складанням планів експериментів, обробки й аналізу результатів експерименту студенти набувають на практичних заняттях та у процесі виконання контрольних робіт.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Основи планування експерименту.

Тема 1. Основні поняття планування та методологія експерименту.

Тема 2. Побудова інтерполяційних залежностей.

Тема 3. Побудова регресійних залежностей.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Обробка результатів експерименту.

Тема 1. Визначення законів розподілу випадкових величин на основі дослідних даних.

Тема 2. Визначення числових характеристик статистичного розподілу.

Тема 3. Побудова аналітичних залежностей. Програмні системи обробки даних.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Першим етапом контрольної роботи є вивчення за підручниками і навчальними посібниками теоретичного матеріалу тих розділів програми, які включені до завдання. Успішне виконання контрольної роботи може бути досягнуто в тому випадку, якщо студент уявляє собі мету виконання цієї роботи, тому важливою умовою є ретельна підготовка до контрольної роботи.

Контрольна робота містить розв'язання практичного завдання. Варіант завдання вибирається відповідно до номера прізвища студента у списку групи. Студенти, номери прізвищ яких у списку групи починаються від 20 та більше, обирають варіант відповідно починаючи з першого, наприклад 25-му номеру у списку групи відповідає 5-й варіант.

У контрольній роботі студент має відобразити власне розуміння суті питання, здатність самостійно використовувати літературні джерела, вміння пов'язувати теоретичні положення з їх практичним застосуванням, формулювати й обґрунтовувати висновки.

Роботу виконують акуратно на аркуші формату А4 шрифтом Times New Roman кеглем 14 з полуторним інтервалом. Заголовки і питання бажано виділяти курсивом і жирним шрифтом, великими літерами. Межі полів: ліве – 3 см, праве – 1 см, нижнє і верхнє – 2 см. Текст друкують чорним кольором. У записці не повинно бути помарок, перекреслень. Помилки та графічні неточності виправляють підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці виправленого зображення машинописним способом, або від руки чорнилом того ж кольору, що й оригінал, який виправляється. Усі застосовувані формули у роботі повинні бути набрані у редакторі формул MathType.

Усі структурні елементи роботи починають з нової сторінки. Відстань між розділами, підрозділами і пунктами повинна бути 2 інтервали. Абзаци в тексті починають відступом 1,25.

Після розділових знаків потрібно робити пропуск, перед розділовими знаками пропусків немає. Перед знаком «тире» і

після нього роблять пропуск. Знаки «дефіс» і «перенесення» пишуть без пропусків. Знаки «номер» (№) і «параграф» (§), а також одиниці вимірювання від цифри відокремлюють пропуском. Знак градус (°) пишуть з цифрою разом, а градус Цельсія (°С) –окремо. Знаки «номер», «параграф», «відсоток», «градус» у множині не подвоюють і лапками не замінюють.

Робота повинна бути виконана акуратно в тій же послідовності, у якій наведено питання завдання.

Перед кожною відповіддю на питання слід писати номер завдання і його повне формулювання. Скорочення слів і підкреслення в тексті не допускаються.

Скорочення найменувань і таблиці в задачах повинні виконуватися з урахуванням вимог ЄСКД. При перенесенні таблиць слід повторити заголовок таблиці, вказуючи над нею «Продовження таблиці» і її номер. Одиниці вимірювання вказувати тільки в результуючих значеннях.

При необхідності контрольна робота може бути доповнена додатками. У додатках міститься ілюстративний матеріал, на який у тексті роботи є посилання і який деталізує або пояснює текст роботи, допомагає розкрити основні питання. Додатки до контрольної роботи можуть бути подані у вигляді таблиць, схем, графіків, анкет, зразків документів, аналітичних довідок тощо.

У кінці роботи наводять список використаної літератури, де спочатку вказують нормативні документи (закони, укази, постанови, накази, інструкції тощо), потім в алфавітному порядку – навчальну літературу та довідкові посібники із зазначенням прізвища та ініціалів автора, найменування джерела, місця і року його видання. Список літератури та посилання на літературне джерело складають з урахуванням правил оформлення бібліографії.

Потім студент ставить дату виконання роботи і підпис.

Титульний аркуш роботи має бути оформлений відповідно до затвердженої форми, підписаний, із зазначенням дати здачі роботи. Номер сторінки на ньому не ставлять, а на наступній сторінці вказують цифру «2» і т. д.

Студенти обов'язково повинні здати контрольну роботу на перевірку не пізніше десяти днів до іспиту чи заліку. Без

виконання контрольної роботи студента не допускають до іспиту чи заліку.

На кожну контрольну роботу викладач дає письмовий висновок (рецензію) і виставляє оцінки «зараховано» або «не зараховано». Незарахована робота повертається студенту з докладною рецензією, що містить рекомендації щодо усунення недоліків. Після отримання перевіреної контрольної роботи студент повинен уважно ознайомитися з виправленнями на полях, прочитати висновок викладача, зробити роботу над помилками і повторити недостатньо засвоєний матеріал відповідно до рекомендацій викладача. Після цього студент виправляє роботу і віддає її на перевірку повторно.

КОНТРОЛЬНА РОБОТА 1

Проведення розрахунків при виконанні повного факторного експерименту

Базуючись на повному факторному плані (ПФП) експерименту проведено дослідження впливу трьох факторів X_1 (напруга живлення), X_2 (напруга зміщення робочої точки), X_3 (температура навколишнього середовища) на відгук (вихідна потужність генератора) $y = f(X_1, X_2, X_3)$, де X – нормовані значення факторів. Основні рівні факторів: $X_1 = 15$ В; $X_2 = 4$ В; $X_3 = 10^\circ$ С. Інтервали варіювання факторів: $\Delta X_1 = 3$ В; $\Delta X_2 = 1,5$ В; $\Delta X_3 = 10^\circ$ С.

У кожній точці ($i=1,2, \dots, N$) спектра ПФП було проведено по два дублюючих дослідження. Результати вимірювань відгуків y_{i1} і y_{i2} у цих дослідах наведені у таблиці 1.1, де n – номер студента згідно зі списком навчальної групи.

Таблиця 1.1 – Результати вимірювань відгуків y_{i1} і y_{i2}

i	1	2	3	4	5	6	7	8
y_{i1}	0,661n	0,754n	0,556n	0,711n	0,743n	0,786n	0,688n	0,830n
y_{i2}	0,651n	0,736n	0,548n	0,693n	0,721n	0,764n	0,668n	0,802n

План завдання 1

(для студентів за списком групи від 1 до 10)

- 1 Побудувати матрицю-таблицю плану експерименту.
- 2 Пояснити організацію проведення експерименту. Указати реальні значення факторів у точках спектра плану експерименту.
- 3 Обчислити оцінки дисперсії відгуку у точках спектра плану і перевірити їх однорідність.

План завдання 2

(для студентів за списком групи від 11 до 20)

- 1 Знайти математичну модель об'єкта дослідження у вигляді лінійного полінома з урахуванням можливих взаємодій між факторами.
- 2 Оцінити значущість коефіцієнтів рівняння регресії.
- 3 Перевірити адекватність отриманої моделі.

Перед виконанням контрольної роботи слід вивчити основні теоретичні положення. Для перевірки однорідності дисперсій слід використовувати критерій Кохрена. При оцінці значущості коефіцієнтів рівняння регресії необхідно використовувати критерій Стьюдента (t – критерій). Для перевірки адекватності отриманої моделі слід використовувати критерій Фішера.

КОНТРОЛЬНА РОБОТА 2

Визначення точності та надійності вимірювань

При оцінюванні результатів вимірювань важливо знати не тільки точність, але й надійність результатів. Ступінь надійності отриманого результату можна оцінити, якщо відома його довірча ймовірність. На практиці дуже часто приймають довірчу ймовірність α , яка дорівнює 0,95 (або 95 %). При цьому довірчу межу для середнього значення результату вимірювань можна знайти за виразом

$$y = \bar{y} \pm \Delta y = \bar{y} \pm \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (2.1)$$

де \bar{y} – середнє арифметичне випадкової величини;

σ – середня квадратична помилка;

n – кількість повторних вимірювань;

t – табличне значення критерію Стюдента для n – кількості повторних вимірювань при $\alpha = 0,95$.

Величину \bar{y} , яка вважається найбільш вірогідним значенням вимірюваної величини, знаходять за формулою

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (2.2)$$

де y_i – вимірювані значення.

До цього мова йшла про довірчі ймовірності для окремого вимірювання y_i . На практиці важливіше знати про допустимі відхилення середнього арифметичного \bar{y} від істинного значення y . Відповідні завдання можуть бути вирішені, якщо Δy визначається з такого співвідношення:

$$\Delta y = \pm \frac{tS}{\sqrt{n}}, \quad (2.3)$$

де t – критерій Стюдента;

S – середня квадратична помилка;

n – число вимірювань.

Середню квадратичну помилку повторних (паралельних) дослідів визнають за виразом:

$$\sigma = S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}. \quad (2.4)$$

Величина $f = n-1$ називається ступенем свободи, під яким розуміють кількість незалежних порівнянь або кількість

незалежних вимірювань (загальна кількість вимірювань мінус кількість накладених зв'язків). У нашому випадку на вимірювання накладений один зв'язок (для обчислень потрібне знання середнього значення) і тому $f = n - 1$.

Для визначення помилок вимірювань проводимо перевірку нульової гіпотези про приналежність мінімального і максимального значення до вибірок. Для цього використовуємо критерій Стьюдента:

$$\frac{y_i - \bar{y}}{S} \geq t, \text{ або } t_{\text{розрах.}} \geq t_{\text{табл.}} \quad (2.5)$$

Стосовно виразів, що перевіряються, можна використати такі вирази:

$$t_{\text{розрах.}} = \frac{y_{\text{max}} - \bar{y}}{S}; \quad t_{\text{розрах.}} = \frac{\bar{y} - y_{\text{min}}}{S} \quad (2.6)$$

Якщо умова $t_{\text{розрах.}} \geq t_{\text{табл.}}$ не виконується, то результати вимірювань не можна вважати помилковими.

План завдання

1 Розрахувати середнє арифметичне результатів кожного досліду проведеного експерименту і величину середньої квадратичної помилки;

2 Усі можливі комбінації рівнів факторів визначити за допомогою третього прийому, зазначеного вище.

3 Провести перевірку нульової гіпотези про приналежність мінімального і максимального значень до вибірки по кожному досліду на рівні значущості 0,05 (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Критичні значення t_{α}

n	$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
3	1,15	1,15	1,15
4	1,42	1,46	1,49
5	1,60	1,67	1,75
6	1,73	1,82	1,94
7	1,83	1,94	2,10
8	1,91	2,03	2,22
9	1,98	2,11	2,32
10	2,03	2,18	2,41
11	2,09	2,23	2,48
12	2,13	2,29	2,55
13	2,17	2,33	2,61
14	2,21	2,37	2,66
15	2,25	2,41	2,70

КОНТРОЛЬНА РОБОТА 3

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії

Визначення виходу процесу і забезпечення заданого рівня факторів у кожному досліді здійснюється неточно, з якоюсь помилкою. Отже, з певною помилкою будуть визначатися і коефіцієнти рівняння регресії.

Статистичний аналіз рівняння має на меті показати з наперед заданою ймовірністю P , що отримані оцінки коефіцієнтів рівняння за модулем або більші (тоді вони значно відрізняються від нуля), або менші від помилки в їх визначенні (тоді вони незначно відрізняються від нуля і повинні бути з рівняння виключені).

Перевірка значущості кожного коефіцієнта проводиться незалежно.

Її можна здійснювати двома рівноцінними способами: перевіркою за критерієм Стюдента або побудовою довірчого інтервалу. При використанні повного факторного експерименту

або регулярних дробових реплік, довірчі інтервали для всіх коефіцієнтів (у тому числі й ефектів взаємодії) дорівнюють один одному.

Перш за все необхідно знайти дисперсію коефіцієнта регресії $S_{\{bj\}}^2$. Вона визначається за формулою

$$S_{\{bj\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{N}. \quad (3.1)$$

З формули видно, що дисперсії всіх коефіцієнтів дорівнюють один одному, так як вони залежать тільки від помилки досліду і кількості дослідів.

Тепер легко побудувати довірчий інтервал (Δb_j):

$$(\Delta b_j) = \pm t S_{\{bj\}}^2, \quad (3.2)$$

де t – табличне значення критерію Стьюдента при ступені свободи, з яким визначалася дисперсія відтворюваності $S_{\{y\}}^2$ та обраному рівні значущості (зазвичай 0,05);

$S_{\{bj\}}$ – квадратична помилка коефіцієнта регресії: $S_{\{bj\}} = \sqrt{S_{\{bj\}}^2}$.

Формулу для довірчого інтервалу можна записати у такій еквівалентній формі:

$$\Delta b_j = \pm \frac{t S_{\{y\}}}{\sqrt{N}}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт значущий, якщо його абсолютна величина більша від довірчого інтервалу.

Довірчий інтервал задається верхньою і нижньою межами: $b_j + \Delta b_j$ та $b_j - \Delta b_j$.

При отриманні незначного лінійного коефіцієнта будь-якого фактора слід знайти цьому пояснення, проаналізувавши такі ситуації:

1) цей фактор на досліджуваний процес не впливає і його слід виключити з рівняння;

2) обраний занадто малий інтервал варіювання, у зв'язку з чим зміна виходу процесу, обумовлена зміною фактора, пропорційна випадковим відхиленням, що викликаються впливом неврахованих факторів або похибкою вимірювальних приладів;

3) значення цього фактора в центральній точці експерименту відповідає його оптимальній величині, у зв'язку з чим однакове його зменшення або збільшення на λ_i знизить вихід процесу приблизно на одну й ту ж величину.

План завдання

1 Побудувати довірчий інтервал для коефіцієнтів регресії, використовуючи дані таблиці 3.1.

2 Визначити значущість коефіцієнтів регресії.

3 При отриманні незначних коефіцієнтів регресії виключити їх з рівняння.

Таблиця 3.1 – Значення критерію Стьюдента (t-критерію) при
різній довірчій імовірності α для різної кількості
вимірювань n

n	α								
	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
2	2,00	1,38	2,0	3,1	6,31	12,71	31,8	63,7	637
3	0,82	1,06	1,3	1,9	2,92	4,30	6,96	9,92	31,6
4	0,77	0,98	1,25	1,6	2,35	3,18	4,54	5,84	12,9
5	0,74	0,94	1,2	1,5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,6
6	0,73	0,92	1,2	1,5	2,02	2,57	3,36	4,03	6,9
7	0,72	0,90	1,1	1,4	1,94	2,45	3,14	3,71	6,0
8	0,71	0,90	1,1	1,4	1,90	2,37	3,00	3,50	5,4
9	0,71	0,89	1,1	1,4	1,86	2,31	2,90	3,36	5,0
10	0,70	0,88	1,1	1,4	1,83	2,26	2,82	3,25	4,8
11	0,70	0,88	1,1	1,4	1,81	2,23	2,76	3,17	4,6
12	0,70	0,87	1,1	1,4	1,80	2,20	2,72	3,10	4,5
13	0,70	0,87	1,1	1,4	1,78	2,18	2,68	3,05	4,3
14	0,69	0,87	1,1	1,4	1,77	2,16	2,65	3,30	4,2
15	0,69	0,87	1,1	1,3	1,76	2,15	2,62	2,98	4,1
16	0,69	0,87	1,1	1,3	1,75	2,13	2,60	2,95	4,0
17	0,69	0,86	1,1	1,3	1,75	2,12	2,58	2,92	4,0
18	0,69	0,86	1,1	1,3	1,74	2,11	2,56	2,90	4,0
19	0,69	0,86	1,1	1,3	1,73	2,10	2,55	2,88	3,9
20	0,69	0,86	1,1	1,3	1,73	2,09	2,54	2,85	3,9
30	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	2,8	3,7
40	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,6
60	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,5
∞	0,67	0,84	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Винарский М. С., Лурье М. В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – М.: Техника, 1985. – 168 с.

2 Горский В. Г., Адлер Ю. П. Планирование промышленных экспериментов. – М.: Metallurgia, 1978. – 184 с.

3 Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 284 с.

4 Белай Г. Е., Дембовский О. В., Соценко В. В. Организация металлургического эксперимента: Учеб. пособие. – М.: Metallurgia, 1993. – 255 с.

5 Назаров Н. Г. Измерения: планирование и обработка результатов. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 301 с.

6 Богатырев А. А. Стандартизация статистических методов управления качеством: Учебник. – М.: Изд-во Стандартов, 2006. – 132 с.

7 Алексеев В. В. Практикум по вероятностным методам в измерительной технике: Учеб. пособие. – СПб: Энергоатомиздат, 1993. – 260 с.

8 Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов: Пер. с нем. – М.: Мир, 1977. – 552 с.

9 Блохин В. Г., Глудкин О. П., Гуров А. И., Ханин М. А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов; Под ред. О. П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1997. – 232 с.

