Міністерство освіти і науки України

Запорізька державна інженерна академія

Васильченко Т.О.

**НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Методичні вказівки до самостійної, практичної**

**та контрольної роботи**

**для студентів ЗДІА**

**напряму підготовки 133 Галузеве машинобудування**

Запоріжжя

2018

Наукові дослідження металургійного обладнання. Методичні вказівки до самостійної, практичної та контрольної роботи для студентів ЗДІА напряму підготовки 133 Галузеве машинобудування / Укладач: Васильченко Т.О. – Запоріжжя, ЗДІА, 2018 – 43 с.

Данні методичні вказівки призначені для засвоення теоретичного матеріалу та оволодіння чипсельними методами обробки експериментальних даних. Особливу увагу приділяють регресивному методу аналізу. Описана структура контрольної роботи,яка виконується по цьому матеріалу,приведена варіантна формавихідних даних для її виконання, наведені питання для самоперевірки и контроля знань перелік питань,на які студент має відповісти при сдачі іспиту по дисципліні у цілому.

Укладач - Васильченко Т.О. – кандидат технічних наук, доцент.

Схвалено на засіданні кафедри металургійного обладнання ЗДІА

(протокол № від)

© Васильченко Т.О.

ЗМІСТ

|  |  |
| --- | --- |
| ВСТУП | 4 |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТУ | 6 |
| 2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ПОМИЛОК | 13 |
| 3 ОЦІНКА ВИПАДКОВИХ ПОМИЛОК | 15 |
| 4 ВИЯВЛЕННЯ І ВИКЛЮЧЕННЯ ПРОМАХІВ | 16 |
| 5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ТА ЇЇ МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС | 19 |
| 6 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ | 24 |
| 7 ВИЗНАЧЕННЯ ДОВІРЧОГО ІНТЕРВАЛА | 27 |
| 8 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ | 32 |
| 9 КОНТРОЛЬНА РОБОТА | 33 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 36 |
| ДОДАТКИ | 37 |

ВСТУП

Зростання технічного прогресу та вдосконалення існуючого обладнання неможливе без певного набору досліджень і швидкого впровадження іх у виробництво. Надзвичайно важливу роль у розвитку науки і техніки, відіграють експериментальні дослідження, тому що тільки за допомогою експериментів можна створити метали і сплави з високими механічними і фізичнмих властивостями, відпрацювати найбільш оптимальні параметри конструкції і параметри міцності деталей машин і механізмів.

Експеримент походить від латинського слова *experimentum*  (*experimentum* - проба, досвід) – науково поставлений досвід, спостереження досліджуваного явища в умовах, що точно враховуються, що дозволяє стежити за ходом явища і відтворювати його при повторенні цих умов. Таким чином, експериментом є метод пізнання, за допомогою якого в контрольованих і керованих умовах досліджуються явища дійсності. Експеримент відрізняється від простого спостереження активним управлінням об’єкту, що вивчається. Експеримент здійснюється на основі теорії, що визначає постановку завдань і інтерпретацію його результатів. Головним завданням експерименту є перевірка гіпотез і прогнозів теорії, що мають принципове значення. У зв’язку з цим експеримент, як одна з форм практики, виконує функцію критерію істинності наукового пізнання в цілому. Експеримент, як метод дослідження виник в природознавстві нового часу в працях У. Гильберта и Г. Галілея. Вперше він отримав філософське осмислення в працях Ф. Бекона, що розробив і першу класифікацію експерименту.

Сучасна наука використовує різноманітні види експерименту. У сфері фундаментальних досліджень простий тип експерименту – якісний експеримент, що має на меті встановити наявність або відсутність передбачуваного теорією явища. Більш складений вимірювальний експеримент, що виявляє кількісну визначеність якої-небудь властивості об’єкту. Ще один тип експерименту, що знаходить широке застосування у фундаментальних дослідженнях, – так званий уявний експеримент. Відносячись до області теоретичного знання, він є системою уявних, практично не здійсненних процедур, що проводяться над ідеальними об’єктами. Будучи теоретичними моделями реальних експеримент, ситуацій, уявні експерименти проводяться в цілях з’ясування узгодженості основних принципів теорії. В області прикладних досліджень застосовуються всі вказані види експериментів. Їх завдання – перевірка конкретних теоретичних моделей. Для прикладних наук специфічний модельний експеримент, який ставиться на матеріальних моделях технічного пристрою. Він тісно пов’язаний з виробничим експериментом. Для обробки результатів експерименту застосовуються методи математичної статистики, спеціальна галузь якої досліджує принципи аналізу і планування експерименту.

Один з найбільш важливих етапів експериментальних досліджень є математична обробка придбаних даних. Цьому питанню присвячено чимало технічних джерел, однак у них переважає теоретична основа викладання матеріалу,що ускладнює отримання студентами практичних навиків .

Данні методичні вказівки,окрім викладання теорії,приводяться чисельні приклади математичної обробки експерименту. Особливу увагу приділяють регресивному методу аналізу. Описана структура контрольної роботи,яка виконується по цьому матеріалу,приведена варіантна формавихідних даних для її виконання, наведені питання для самоперевірки и контроля знань перелік питань,на які студент має відповісти при сдачі іспиту по дисципліні у цілому.

1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Підготовка експерименту

Всякий експеримент повинен бути оснащений спеціальною технікою: устаткуванням для проведення експерименту, контрольно-вимірювальними приладами, устаткуванням для підготовки і проведення дослідів, приладами фізико-хімічного аналізу і ін.

Головна особливість експериментальної роботи – поєднання громіздких масивних металевих установок і апаратів, скляних аналітичних приладів, металообробних верстатів і точних вимірювальних приладів, як правило, що заважають роботі один одного. Тому доцільно виконати розділення такого устаткування. Наприклад, апарати високого тиску слід розташовувати в броньованих кабінах в окремому корпусі або в крилі основного корпусу, бажано одноповерхових, з посиленим фундаментом і легкими перекриттями. Устаткування необхідно розташовувати на достатньо могутньому перекритті, здатному витримати вагу установок і вібрацію. Зручно використовувати будівлі або частини будівель, що мають залізобетонний каркас. Пульти управління і прилади фізико-хімічного аналізу, комп’ютери, рентгенівські установки, мікро аналізатор, різні спектрографи, хроматографи і ін. бажано розташовувати в окремих приміщеннях.

Успішне виконання експериментальної роботи вимагає від дослідника не тільки хорошої голови, але і умілих рук. Зрозуміло, відпрацьовані методи і стандартну апаратуру можна використовувати не тільки для рутинної роботи, але і для знаходження нових напрямів досліджень і вирішення оригінальних завдань. Проте для багатьох піонерських досліджень самому експериментаторові необхідно придумувати нові апарати і установки. Експериментатор зобов’язаний розбиратися в принципах роботи апаратів високих температур і тиску і їх окремих вузлів, а також контрольно-вимірювальних і аналітичних приладів. Він повинен уміти читати технічні креслення і розбиратися хоч би в простих електричних схемах, уміти проводити прості розрахунки дослідницької апаратури. Не зайві і практичні навики в слюсарній і токарній справі, умінні паяти і так далі При цьому головними завданнями експериментатора залишаються постановка, проведення і обробка результатів дослідів.

Планування експерименту

Зазвичай експериментатор перед початком робіт складає програму експерименту, в якій виділені основні етапи, вказані очікуваний результат, методи, терміни і виконавці робіт. Завдання і теоретичний прогноз експериментального дослідження великою мірою визначаються станом проблеми, що вивчається, оцінити яке дозволяє критичний огляд літератури. Огляд допомагає з’ясувати необхідність, мету і метод дослідження - на початку роботи, і зрозуміти сенс і місце власних результатів - в кінці. По огляду можна судити також про рівень знань і загальну культуру експериментатора. Складання огляду потребує читання і конспектування основних монографій і періодики, виписок з довідників, відбору, аналізу і зіставлення цих матеріалів. Головне в літературі для експериментатора - це постановка завдання і власне експериментальні результати. Тому спочатку зазвичай проглядають короткий зміст реферованої роботи, малюнки, таблиці, оцінюють необхідність і значущість роботи і лише потім роблять виписки. Автор огляду повинен проявляти своє власне відношення до фактів і висловлювати сумніви, якщо вони є. Якщо згадувані в огляді факти суперечливі, а ви віддаєте яким-небудь з них перевагу, то потрібно обґрунтувати, по яких причинах. Огляд думок не потрібний - після огляду і аналізу фактів досить виділити, чим можна пояснити всю їх сукупність, а які з пояснень не можна прийняти.

Робота з літературою вимагає складання картотеки. Час громіздких ящиків з каталожними картками або перфокартами йде. Картотеки, які включені в поширені стандартні комп’ютерні програми, дозволяють зберігати більше інформації про кожну роботу, чим можна записати на паперовій картці, зберігаючи практично всі зручності звичайних каталогів. У комп’ютерних картотеках, крім того, реалізуються автоматичне сортування карток, пошук потрібних карток по прізвищу автора, за ключовими словами, як в назвах, так і в зроблених рефератах. Будь-яка робоча бібліографія вимагає розділення на рубрики, причому виділені по різних принципах.

Займаючись, наприклад, моделюванням утворення вольфрамових родовищ, експериментатор напевно зацікавиться рівновагами, як в силікатній, так і в рудній частині системи, методичними особливостями постановки дослідів, генезисом родовищ в природі, геохімією вольфраму і супутніх елементів. У міру поглиблення в проблему число питань і відповідних рубрик буде рости. При цьому багато робіт, що містять інформацію одночасно по декількох питаннях, повинні потрапити в різні рубрики. Для звичайної картотеки потрібно приготувати відповідне число дублікатів картки, в комп’ютерній картотеці досить помітити її кодами всіх (будь-якої кількості) рубрик, що стосуються її. Підбір і складання списку літератури з конкретного вузького питання не складе труднощів. Виписки з літератури раніше робилися в зошитах. Тепер її роль краще довірити файлу (або декільком файлам) в одній з поширених програм-редакторів. Використання можливостей таких програм значно полегшить складання і редагування огляду.

В ув’язненні огляду обґрунтовуються цілі, методи і устаткування для виконання експериментів. Звідси слідує його план, оскільки, тільки виписавши по порядку всі дії, можна представити об’єм роботи і терміни, необхідні для її виконання. Перший варіант плану повинен бути якнайповнішим, таким, що враховує всі склади і параметри дослідів. Найзручніше складати його в табличній формі. Якщо кількість намічених дослідів перевищить ваші можливості (по термінах, доступності апаратури, аналітики, економічним чинникам), почніть скорочувати план. Логіка скорочення зазвичай така. По-перше, краще менше, та краще: краще небагато надійних крапок з достатнім для статистичних виводів числом результатів, чим багато одиничних результатів, які не з чим порівняти. По-друге, не обов’язково відразу робити всі досліди для всіх варіантів (складів початкових речовин або Т-Р параметрів). Спочатку потрібно отримати опорні точки, а лише потім можна заповнити пропуски, якщо це виявиться необхідним. По-третє, зазвичай краще згаяти час і сили на один-два головних перспективних напрями, чим зробити десять простіших дослідів, але без глибокого задуму. Не можна запланувати відкриття, але вся робота для нього планується, оскільки ресурси і час, як правило, обмежені.

Перш ніж провести експеримент, завжди треба продумати кожну його стадію і краще всього почати з кінця, тобто з очікуваних результатів. Скрізь, де це можливо, слід провести термодинамічні розрахунки, використовуючи довідкові термохімічні константи з’єднань в даній системі. Для прогнозних цілей придатні константи, визначені з різною точністю, і навіть дані наближених оцінок, отриманих з різних екстраполяцій. Результати розрахунків слід зафіксувати, підкреслити допущення і припущення, покладені в їх основу. Якщо неможливий кількісний прогноз, можуть принести користь і якісні оцінки: побудова різних варіантів якісних діаграм (замість Т-Р), діаграм хімічних потенціалів компонентів, використання топологічних властивостей діаграм, просто аналогії з схожими вивченими системами.

Важливо виробити методику обробки результатів експерименту, забезпечити необхідні умови для вибраних методик відповідно до чутливості і точності аналізу. Часто потрібний спеціальний розвиток стандартних методик. Тому ще в період підготовки експериментів бажаний тісний контакт з аналітиками або власні достатньо глибокі знання методів аналізу.

Дуже істотно отримати результат з використанням мінімальної кількості дослідів. Якщо потрібно отримати крапку на якій-небудь кривій, серію дослідів бажано розташовувати приблизно перпендикулярно передбачуваному ходу кривої. Так, для рівноваги, слабо залежної від тиску, слід задати декілька дослідів при одному тиску, але при різних температурах. Різниця в температурі між двома сусідніми крапками (крок експерименту) визначається необхідною точністю визначення температури рівноваги. Для встановлення залежності ходу процесів відразу від декількох чинників існують таблиці, що дозволяють намітити мінімальне число дослідів і поєднання чинників, що рекомендуються, в них. Для скорочення числа дослідів часто задають спочатку крок, в 2-3 рази більший необхідного, а потім згущують крапки поблизу шуканої рівноваги або в найцікавішій області.

Заходи безпеки при виконанні експериментів

Робота з електронагрівальними приладами і апаратурою високого тиску вимагає неухильного дотримання певних правил, зневага якими може загрожувати здоров’ю і навіть життю людей. Найбільш загальні правила, обов’язкові для всіх лабораторій, в яких проводяться експерименти, наступні:

- До роботи допускаються особи старше 18 років.

- Персонал лабораторії проходить щорічний інструктаж по техніці безпеки, про що всі співробітники повинні розписуватися в спеціальному журналі. Студенти, що проходять у складі групи практичні заняття в лабораторії, розписуються в отриманні інструктажу на спеціальних листах.

- До роботи допускаються особи, обізнані з установками і приладами (необхідно здати техмінімум).

- Всі електроприлади повинні бути заземлені (занулені). Перетини проводів повинні відповідати (із запасом!) максимальному струму, що протікає по ним . Недопустимі відкриті клеми і дроти, що знаходяться під напругою.

- Апаратура високого тиску повинна поміщатися за огорожами. Заходити за межі огорожі під час дослідів категорично забороняється.

- У приміщенні лабораторії під час дослідів не повинні знаходитися сторонні.

- Працювати завжди необхідно як мінімум удвох. Студенти, що працюють на установці повинні знати, де розташований рубильник, яким відключається апаратура.

- Досліди на апаратурі, що не має блокування, вимагають присутності в лабораторії чергового.

- Тривалі досліди залишають в автоматичному режимі за наявності систем блокування і запису параметрів після того, як експериментатор переконається, що заданий режим стабільно підтримується.

- Перед початком досвіду слід ретельно перевірити правильність збірки апаратури і повісити на огорожу застережливі таблички "Йде дослід", "Високий тиск!" і тому подібне

- Особливої обережності слід дотримуватися при гарті дослідів

Існують загальновизнані прийоми і правила, які рекомендується виконувати при проведенні експериментів:

* Якщо ви відкоркували що-небудь - закупорте.
* Якщо в руках у вас рідке - не розлийте, порошкоподібне – не розсипте, газоподібне - не випустите назовні.
* Якщо включили - вимкніть.
* Якщо відкрили - закрийте.
* Якщо розібрали - зберіть.
* Якщо ви не можете зібрати - покличте на допомогу умільця.
* Якщо ви не розбирали, не надумайтеся збирати.
* Якщо ви позичили що-небудь - поверніть.
* Якщо ви користуєтеся чим-небудь - тримаєте в чистоті і порядку.
* Якщо ви привели що-небудь в безлад – відновите статус-кво.
* Якщо ви зрушили що-небудь - поверніть на місце.
* Якщо ви хочете скористатися чим-небудь, що належить іншому, попросите дозволу.
* Якщо ви не знаєте як це діє, ради бога не чіпайте.
* Якщо це вас не стосується - не втручайтеся
* Якщо не знаєте, як це робиться, відразу запитаєте.
* Якщо не можете що-небудь зрозуміти - почухайте в потилиці.
* Якщо все ж таки не зрозумієте, то і не намагайтеся.
* Якщо ви горите на роботі, постарайтеся, щоб у вас нічого не згоріло.
* Якщо у вас що-небудь вибухнуло, перевірте: чи залишилися ви живі. Сфотографуйтеся. Якщо вийде, то існуєте.
* У решті випадків керуйтеся інструкцією по техніці безпеки.
* Якщо не засвоїли цих правил, не входіть в лабораторію.

Слід також враховувати вироблені практикою правила проведення експериментів (закони Мерфі):

* Упущений інструмент падає туди, де може принести найбільшу шкоду.
* Будь-яка трубка при укороченні виявляється занадто короткою.
* Після розбирання і збірки якого-небудь пристрою декілька деталей виявляються зайвими.
* Кількість наявних запасних частин обернено пропорційно до потреби в них.
* Якщо яка-небудь частина машини може бути змонтована неправильно, завжди знайдеться хто-небудь, хто так і зробить.
* Необхідність у введенні в конструкцію принципових змін зростає безперервно у міру наближення до завершення проекту.
* Всі герметичні стики протікають.

2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ПОМИЛОК

Кінцевим продуктом будь-якого експерименту в більшості випадків є дані, записані в тій чи іншій формі. B простих експериментах можуть бути досить елементарні дані і не містити будь-яких помилок. Прикладом може служити рахунок числа простоїв механізму через поломки або знос деталей. З іншого боку, якщо проводяться вимірювання параметрів за допомогою вимірювальних приладів, інструментів і т. д., дані експерименту, який би він не був простий, будуть містити помилки. Прикладом тут може служити вимірювання частоти обертання електродвигуна, довжини стрижня, величини переміщення та ін. Це пов'язано з тим, що ніякий вимір не може бути виконано достатньо точно. Його результат завжди містить помилку. Тому в задачу вимірів входить не тільки перебування самої величини, але й оцінка допущеної при вимірюванні похибки.

При вимірюванні фізичних величин існує три основних джерела помилок:

- прилад або датчик, що неправильно відображають вимірювану величину;

- нездатність індикатора або якій-небудь частини приладу правильно відображати реакцію сприймаючого елемента;

- нездатність спостерігача правильно реєструвати покази приладу.

Ці три джерела похибки призводять до двох основних класів помилок: випадкових і систематичних.

Систематичні помилки пов'язані з обмеженою точністю вимірювання приладу, неправильним вибором методу вимірювання, неправильною установкою приладу і т. п.

Випадкові помилки носять випадковий характер. B основі теорії цих помилок лежать два припущення, що підтверджуються досвідом:

- при великому числі вимірювань випадкові помилки однакової величини, але різного знака, зустрічаються однаково часто;

- великі за абсолютною величиною помилки зустрічаються рідше, ніж малі.

Ha основі цих припущень Гауссом виведений закон нормального розподілу, на якому і базується теорія випадкових помилок.

Нормальний закон розподілу відіграє виключно важливу роль в теорії ймовірностей і займає серед інших законів розподілу особливий стан. Це закон, який найчастіше зустрічається на практиці. Головна особливість, яка виділяє нормальний закон серед інших законів, полягає в тому, що він є граничним законом, до якого наближаються інші закони розподілу.

Так, наприклад, велика кількість гарматних пострілів, здійснених в різних умовах, показує, що розсіювання снарядів на площині при пострілі з однієї гармати при встановленому прицілі підлягає нормальному закону.

“Універсальність” нормального закону пояснюється тим, що будь-яка випадкова величина, яка є сумою великої кількості окремих числових значень, кожне з яких підпорядковується різним законам розподілу і несуттєво впливає на суму, розподілена майже за нормальним законом.

Більшість випадкових величин, таких, наприклад, як похибки вимірів, похибки гарматних стрільб і т. д. можуть бути подані як суми великої кількості малих доданків ‑ елементарних похибок, кожна з яких визначається дією окремої причини, яка не залежить від інших. Яким би законам розподілу не підпорядковувались окремі елементарні похибки, особливості цих розподілів в сумі великої кількості доданків нівелюються і сума підпорядковується закону, що близький до нормального. Підсумовані похибки в загальній сумі повинні грати відносно малу роль.

3 ОЦІНКА ВИПАДКОВИХ ПОМИЛОК

Випадкова похибка — складова загальної похибки вимірювання, яка змінюється випадковим чином (як за знаком, так і за величиною) під час повторних вимірювань однієї і тієї ж величини.

Для оцінки величини випадкової помилки вимірювання існує ряд способів. Однак найбільш поширена оцінка за допомогою середньої квадратичної помилки

Середня квадратична похибка окремого виміру визначається за формулою:

, (3.1)

де - - cереднє арифметичне величин у1, у2 … уn

Середня квадратична похибка серії вимірювань візначається за формулою:

. (3.2)

У випадку, коли одне або кілька вимірів різко відрізняються за своїм значенням, слід перевірити, чи не є вони промахом.

4 ВИЯВЛЕННЯ І ВИКЛЮЧЕННЯ ПРОМАХІВ

Промахи відносяться до числа випадкових помилок, але явно відрізняються своєю величиною від величин решти серії вимірювань. Якщо серія з невеликого числа вимірювань містить грубу похибку - промах, то наявність його може сильно спотворити як середнє значення вимірюваної величини, так і межі довірчого інтервалу. Тому з остаточного результату необхідно виключити цей промах.

Для виключення промахів користуються формулами:

(4.1)

, (3.2)

де yn  -найбільше значення вимірювань у серії n вимірювань;

y1 - найменше значення в цієї ж серії.

(4.3)

B таблиці 4.1. наведені значення Vmax - максимально можливе значення Vn, що виникають внаслідок статистичного розкиду і відповідні заданій надійності *а* (крім того, коефіцієнт *а* носить ще назву довірчої ймовірності). Значення Vmax зростає із збільшенням надійності *α* і числа вимірювань n. Це означає, що дане значення уn несумісне з вихідним припущенням про закон нормального розподілу і його можна розглядати як промах. Це вимірювання слід виключити і визначити нове значення. Якщо ж величина V(n) відповідна значенню yn, менше Vmax для цього ж числа вимірювань при заданій надійності α, то цей різко виділений вимір уn є наслідком систематичного розкиду і немає підстав вважати його промахом.

Таблиця 4.1 - Значення Vmax при різних значеннях числа вимірювань n і для різних надійностей *α*.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| n | α=0,9 | α=0,95 | α=0,99 |
| 3 | 1,41 | 1,41 | 1,41 |
| 4 | 1,64 | 1,69 | 1,72 |
| 5 | 1,79 | 1,81 | 1,96 |
| 6 | 1,89 | 2,00 | 2,13 |
| 7 | 1,97 | 2,09 | 2,26 |
| 8 | 2,04 | 2,17 | 2,37 |
| 9 | 2,10 | 2,24 | 2,46 |
| 10 | 2,15 | 2,29 | 2,54 |
| 11 | 2,19 | 2,34 | 2,61 |
| 12 | 2,23 | 2,39 | 2,66 |

Розглянемо на прикладі технологію виключення промахів. Для цього скористаємося вихідними даними, наведеними у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Вихідні дані для прикладу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | Точка 1 | | Точка 2 | | Точка 3 | | Точка 4 | | Точка 5 | | Точка 6 | | Точка 7 | |
| x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 1 | 0 | 0 | 10 | 20,1 | 20 | 33,8 | 30 | 44,9 | 40 | 53,8 | 50 | 61,6 | 60 | 68,8 |
| 2 | 24,9 | 39,5 | 48,9 | 59,0 | 67,6 | 73,2 |
| 3 | 22,2 | 31,6 | 46,6 | 56,9 | 64,3 | 70,8 |
| 4 | 16,2 | 28,8 | 42,7 | 49,4 | 58,7 | 65,4 |
| 5 | 18,7 | 37,1 | 39,1 | 44,0 | 56 | 65,2 |
| середне значення *у* | | |  | 20,42 |  | 34,16 |  | 44,44 |  | 52,62 |  | 61,64 |  | 68,04 |

З чисто візуального розгляду викликає сумніви число «44,0» для точки 5.

Перед тим, як визначити ν для цієї величини, спочатку обчислимо значення за (4.2).

Середнє значення у для точки 5 становитиме:

Відхилення підозрюваної величини:

52,62-44,0=8,62

Тоді

та

З таблиці 3.1 для n=5 і *α*=0,95 νmax=l,81

Таким чином ν< νmax і, отже, немає підстави вважати величину y=44,0 промахом.

Середні значення для прикладу приведені в таблиці 4.2

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ТА ЇЇ МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС

Це питання є одним з основних при обробці результатів досліджень, методика обробки яких, крім виду проведення експерименту, залежить від виду залежності змінних. Існують чотири основних види.

1. Залежність між двома невипадковими змінними (схема А).

2. Залежність випадкової змінної від невипадковою змінної (схема Б).

3. Залежність між двома випадковими змінними (схеми C1 і С2).

При схемі A змінна *y* цілком однозначно визначається значенням змінної *x*, тобто значення залежить тільки від відповідних значень *x* і повністю ними визначаються. Це чисто функціональна залежність і не містить ніяких елементів випадковості у визначенні величини *x* і *у*. Тому при проведенні аналізу немає необхідності використовувати методи ймовірнісно-статистичної теорії. При такій схемі обмежуються лише побудовою графіка залежності змінних і аналізом їх зв'язку.

За схемою Б вимірювання змінної *у* пов'язано з деякими похибками вимірювання, а змінна *x* вимірюється без помилок або ж вони незначні в порівнянні з похибками залежної змінної *у*. При обробці результатів у цьому випадку застосовується регресійний аналіз, невід'ємною частиною якого є метод найменших квадратів. B відповідності з цим методом квадрат різниці між лівою і правою частинами функцій повинен бути мінімальним. .

Регресі́йний ана́ліз — розділ [математичної статистики](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), присвячений методам аналізу залежності однієї величини від іншої. На відміну від [кореляційного аналізу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7) не з'ясовує чи [істотний зв'язок](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%86%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BE%D0%BA&action=edit&redlink=1), а займається пошуком моделі цього зв'язку, вираженої у функції регресії.

Регресійний аналіз використовується в тому випадку, якщо відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у виді деякої комбінації цих змінних. Отримана комбінація використовується для передбачення значення, що може приймати [цільова (залежна) змінна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B0), яка обчислюється на заданому наборі значень вхідних (незалежних) змінних. У найпростішому випадку для цього використовуються стандартні статистичні методи, такі як лінійна регресія. На жаль, більшість реальних моделей не вкладаються в рамки лінійної регресії.

Обробка включає побудову найкращої прямої (кривої) на графіку за допомогою методу найменших квадратів і, якщо можливо, визначення довірчих иитегралов, влучення в які індивідуальних або середніх значень *у* при кожному фіксованому значенні *x* гарантувалося б з наперед заданою ймовірністю.

При схемі C1 досліджувані величини залежать від сукупності неконтрольованих факторів, так що є випадковими по своїй фізичній сутності. B цьому випадку використовується кореляційний аналіз, при якому проводиться дослідження ступеня тісноти зв'язку між змінними, побудова конкретної залежності та визначення її точності.

Кореляційний аналіз — це статистичне дослідження [(стохастичної) залежності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%8F) між випадковими величинами (англ. *correlation* — взаємозв'язок). У найпростішому випадку досліджують дві вибірки (набори даних), у загальному — їх багатовимірні комплекси (групи).[[1]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7#cite_note-1)

Мета кореляційного аналізу — виявити чи існує істотна залежність однієї змінної від інших.

Головні завдання кореляційного аналізу:

1. оцінка за вибірковими даними [коефіцієнтів кореляції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%97)
2. перевірка значущості вибіркових коефіцієнтів кореляції або кореляційного відношення
3. оцінка близькості виявленого зв'язку до лінійного
4. побудова довірчого інтервалу для коефіцієнтів кореляції.

Розрізняють ступені зв'язку: тісний і слабку або нульову, при якій зміна однієї змінної не викликає зміну іншої.

Тіснота зв'язку встановлюється шляхом визначення коефіцієнта кореляції (при лінійної кореляції) і кореляційного відношення (при криволінійної кореляції). Обидва лежать у межах 0...1. Чим ближче значення до одиниці, тим тісніше зв'язок між змінними. При близьких значеннях K одиниці або рівних одиниці буде мати місце певна функціональна залежність. Це дає підставу застосувати регресійний аналіз з побудовою математичної залежності.

При схемі C2 досліджувані величини не випадкові, однак можуть бути виміряні з деякими випадковими помилками вимірювання. При цій схемі, залежно від конкретного випадку, для обробки результатів вимірювання може бути застосовано регресійний або кореляційний аналіз.

Після виявлення і виключення промахів, якщо вони мають місце, за середнім значенням для кожної точки будують графік (рис. 5.1).

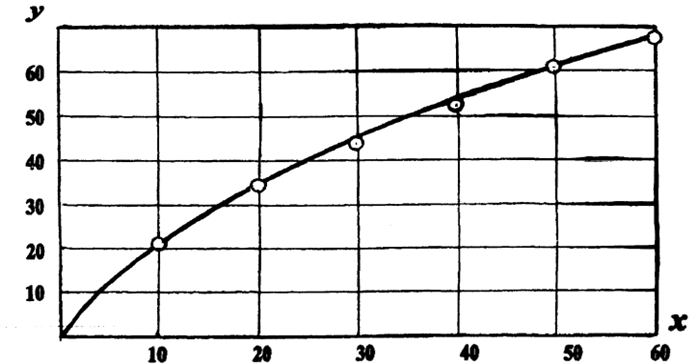


Рисунок 5.1 – Графік залежності y=f(x),побудований по середнім значенням *у*.

Після побудови графіку приступають до розпізнавання виду функціональної залежності. Для цього користуються математичної довідковою літературою, де наводяться різноманітні графіки та иЖттематическое опис. Припустимо, що ця функціональна залежність має вигляд:

y=axk , (5.1)

де а - постійний коефіцієнт;

k - ступінь.

Якщо є підстава вважати, що це так, то приступають до визначення чисельних значень *а* і *к*. Якщо ж ні, то визначають достовірність прийнятого виду функцій методом вирівнювання. Він полягає в припущенні, що між *у* і *x* існує залежність певного виду. Для нашого випадку слід (5.1) перевести в логарифмічну форму, тобто

lg y=lg a+klg x (5.2)

або Y=A+kX (5.3)

Вивчення виразу (5.3) показує, що його графічне зображення має пряму лінію, яка не проходить через початок координат. Обчислюючи для заданих значень *x*, *у*, відповідні значенням X, Y і зображуючи їх графічно, легко відразу побачити, близкість залежності між X і Y до лінійної ( відповідні точки лягають приблизно на пряму лінію) і, отже, підходить обрана формула.

Для побудови графіка, користуючись таблицею 4.2, знайдемо логарифми необхідних величин (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 - Логарифми необхідних величин

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Точка1 | Точка2 | Точка3 | Точка4 | Точка5 | Точка6 | Точка7 |
| х | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Х | 0 | 1,000 | 1,301 | 1,477 | 1,602 | 1,699 | 1,778 |
| у | 0 | 20,42 | 34,16 | 44,44 | 52,62 | 61,64 | 68,04 |
| У | 0 | 1,310 | 1,533 | 1,648 | 1,721 | 1,790 | 1,833 |

За даними таблиці 5.1 будуємо графік (рис. 5.2), прийнявши A=0 і k=1.

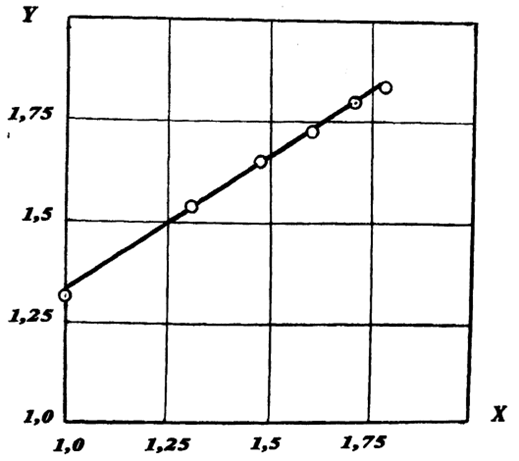


Рисунок 5.2 – Графік вирівнювання

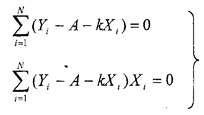
З графіка (рис. 5.2) видно, що значення Y практично розташовуються на прямій лінії, що дає підставу вважати правильним вибір виду функціональної залежності.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ

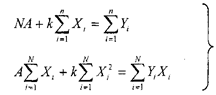
Для цієї мети використовуємо регресійний аналіз на основі методу найменших квадратів, згідно з яким можна записати:



Після диференціювання по A і отримаємо два рівняння:



або

 (6.1)

Для полегшення розрахунків необхідно скласти таблицю (табл. 6.1), куди вносяться значення елементів рівняння. Для цього використовуються середні значення (табл. 4.2, 5.1).

Підставляємо відповідні значення параметрів (табл. 6.1) в рівняння(6.1):

Для можливості розв'язання цих рівнянь помножимо перше з них на (-8,857/6).

Тоді:

,

або :

-8,857 A-K∙13,074=-14,518

Таблиця 6.1 – Значення елементів рівняння

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | Уі | Xi | Y=lg Уі | X**=**lgXi | YiXi | X2 |
| 1 | 20,42 | 10 | 1,310 | 1,000 | 1,300 | 1,000 |
| 2 | 34,16 | 20 | 1,533 | 1,301 | 1,994 | 3,693 |
| 3 | 44,44 | 30 | 1,648 | 1,477 | 2,434 | 2,181 |
| 4 | 52,62 | 40 | 1,721 | 1,602 | 2,757 | 2,566 |
| 5 | 61,64 | 50 | 1,790 | 1,699 | 3,041 | 2,887 |
| 6 | 68,04 | 60 | T,833 | 1,778 | 3,259 | 3,161 |
| Сума: | | | 9,835 | 8,857 | 14,795 | 13,488 |

Складаємо це рівняння з другим рівнянням системи

-8,857∙ A-k∙13,074=-14,518

A∙8,857+k∙13,488=14,795

0,000+k∙0,414=0,277

Звідси

K=0,277/0,414=0,669

Для знаходження A підставимо значення в одне з рівнянь системи

6A+0,669∙8,857=9,835

Тоді a=10A=100,669=4,487.

Таким чином функціональна залежність у частковому виді матиме вигляд:

y=4,487∙x0,669  (6.2)

Після цього виконуємо обчислення для побудови на графіку математичної кривої:

y1=4,487∙100,669 =20,94

у2=4,487∙200,669 =33,29

у3=4,487∙300,669 =43,67

У4=4,487∙400,669 =52,94

у5=4,487∙50 0,669 =61,46

у6=4,487∙60 0,669=69,43

Ha підставі цих обчислень будуємо графік (рис. 6.1).

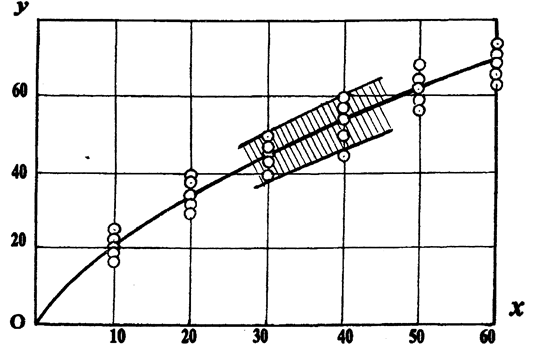


Рисунок 6.1 - Графік залежності у=f(x), отриманий на підставі виразу (6.2)

Ha цей же графік наносимо результати експериментальних досліджень (кожні п'ять точок у всіх значень x), (табл. 4.2).

Далі задача зводиться до побудови довірчого інтервалу.

7 ВИЗНАЧЕННЯ ДОВІРЧОГО ІНТЕРВАЛУ

Побудова довірчого інтервалу і, отже, визначення довірчої імовірності дозволяє оцінити ступінь надійності отриманого результату.

Математичний опис довірчого інтервалу для окремо взятої точки виражається наступним чином:

, (7.1)

де у- істинне значення вимірюваної величини;

- середнє арифметичне значення, отримане в результаті вимірів;

Δy - похибка вимірювання.

Вірогідність носить назву довірчої ймовірності або коефіцієнта надійності.

Інтервал значень + Δ y до -Δy називається довірчим інтервалом, тобто інтервалом, в який потрапляє істинне значення із заданою ймовірністю.

Чим більше величина довірчого інтервалу, тобто чим більше задана похибка вимірювань Δу, тим з більшою надійністю шукана величина у потрапляє в цей інтервал.

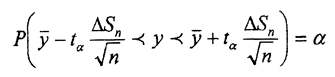
Величина надійності а залежить від числа вимірювань n вироблених вимірів, а також від величини заданої похибки. Ha практиці число вимірювань завжди обмежена і тому, щоб отримати об'єктивну оцінку меж довірчого інтервалу для у, інтервал Δy представляється у вигляді:



Звідки або

Коефіцієнт ta запропоновано B 1908 році англійським математиком і хіміком B. C. Госсетом, публікувати свої роботи під псевдонімом «Стьюдент» - студент, і отримав назву коефіцієнта Стьюдента.

З урахуванням цього коефіцієнта вираз (7.1) прийме вигляд:

 (7.2)

B таблиці (7.1) наведені значення коефіцієнтів Стыодента tα, для різних значень надійності a при різних значеннях n. Вважається, що при звичайних вимірах можна обмежитися довірчою ймовірністю 0,90 або 0,95. Для вимірювань, за умовами яких потрібно надзвичайно висока ступінь надійності, задають довірчу ймовірність 0,999. T. o. на практиці користуються інтервалом довірчої ймовірності, що лежить в межах 0,9...0,999.

При розгляді довірчого інтервалу функції в цілому обчислюються довірчі інтервали для *а* і *к*, ця задача є набагато складніше. Для її вирішення розроблена відповідна методика.

Щоб спростити виконання роботи, розглянемо лише довірчі інтервали в двох сусідніх точок (наприклад, при x=30 і x=40).

З (3.1, 3.2 та з урахуванням табл. 5.2) обчислюємо средньоквадратичні помилки:

Таблиця 7.1 – Значення коефіцієнтів Стьюдента

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n-1 | Значення α | | | | |
| 0,90 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,999 |
| 1 | 6,31 | 12,7 | 31,8 | 63,7 | 63,66 |
| 2 | 3,92 | 4,3 | 6,96 | 9,92 | 31,6 |
| 3 | 3,25 | 3,18 | 4,54 | 5,84 | 12,9 |
| 4 | 2,13 | 2,78 | 3,75 | 4,60 | 8,61 |
| 5 | 2,02 | 2,57 | 3,36 | 4,03 | 6,87 |
| 6 | 1,94 | 2,458 | 3,14 | 3,71 | 5,96 |
| 7 | 1,89 | 2,36 | 3,00 | 3,50 | 5,41 |
| 8 | 1,86 | 2,31 | 2,90 | 3,36 | 5,04 |
| 9 | 1,83 | 2,26 | 2,82 | 3,25 | 4,78 |

Задаємося α=0,95 і за таблицею 7.1 знаходимо коефіцієнт Стьюдента tα=2,78 . Тоді з (7.2):

44,44-2,78 ∙ 1,604 < y < 44,44+2,78 ∙1,604

або

39,98 < y < 48,90;

або

45,13 < y < 60,ll

Ці граничні значення *у* наносимо на графік (рис. 6.1) і з'єднуємо дві верхні і нижні точки, отримуємо в графічному вигляді довірчий інтервал для заданого ділянки кривої.

У заключення проведемо оцінку точності вимірювань. Для цього вводиться поняття відносної похибки ԑ, що дорівнює відношенню абсолютної похибки Δу результату вимірювань до результату вимірювань. Зазвичай ця похибка виражається у відсотках:

Для нашого випадку:

З наведених обчислень випливає, що вимірювання у при X=40 мають більш високу похибку, а точність вимірювань недостатньо висока (задовільна похибка результату вимірювань не повинна перевищувати 10%).

8 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ТА КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

1. Основні джерела помилок.

2. Класифікація помилок.

3. Природа систематичних і випадкових помилок.

4. Основні положення теорії помилок.

5. Середньоквадратична помилка окремого вимірювання і середня квадратична похибка результату серії вимірювань.

6. Що таке промах?

7. Технологія виключення промахів.

8. Чотири види залежності між змінними.

9. Суть регресійного та кореляційного методів аналізу

10 Якими показниками характеризуються тісноти зв'язку між змінними?

12. Як розпізнається функціональна залежність результатів вимірювань?

13. Суть методу найменших квадратів.

14. Навіщо потрібен метод вирівнювання і в чому він полягає?

15. Що таке довірча ймовірність?

16. Що таке коефіцієнт Стьюдента і яке його призначення? Хто ввів цей коефіцієнт?

17. Технологія визначення довірчого інтервалу.

18. Яка різниця між абсолютною і відносною похибками вимірювань?

9 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Контрольна робота виконується на папері формату A4 від руки або машинописним набором ( шрифт Times New Roman 14 , інтервал 1,5. Допускається виконання окремих матеріалів записки різними способами (наприклад, текст друкується, а графіки виконуються від руки). Текст виконується без рамок у відповідності з ДСТУ 3008-95, дотримуючись таких розмірів полів: верхнє, ліве і нижнє - не менше 20 мм, праве — не менше 10 мм Скорочення слів виконується у відповідності зі стандартами бібліотечних і видавничим положенням.

Сторінки слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Номер проставляють у правому верхньому куті сторінки баз точки і кінці.

Титульний лист (додаток А) враховують дозагальної нумерації записки, але номер на ньому не проставляють.

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти нумерують арабськими цифрами без крапки перед з назвами. Наприклад, «2.3.1 Визначення седньоквадратичної помилки».

Рисунки і таблиці позначаються в межах разделу, розміщують після першого згадування про них. Номери складаються з номера розділу і їх порядкового номеру. Наприклад, «Таблиця 2.1 - Значення коефіцієнта...»; «Рисунок 2.1 - Графік залежності...». Слова «таблиця», «рисунок» пишуться повністю.

Формули також нумеруються в межах розділу, а їх номери складаються з номера розділу і порядкового номера формули і беруться в дужки, наприклад, (2.3).

Структура записки

Записка повинна містити такі основні розділи:

- вихідні дані представлені у вигляді таблиці;

- виявлення і виключення промахів;

- визначення виду функціональної залежності та її математичний опис;

- визначення параметрів функціональної залежності;

- визначення довірчого інтервалу;

- відповідь на теоретичне питання.

Номер варіанта контрольної роботи вибирається у відповідності з порядковим номером студента в журналі групи. Вихідні дані наведені в Додатку Б.

Теоретичні питання до контрольної роботи:

1. Значення експерименту в науці.

2. Принцип дії світлепроміневого осцилографу.

3. Уристрій гальванометра. '

4. Принцип дії самописного приладу .

5 Тензодатчики. Будова і принцип дії. B яких випадках застосовуються фольгові датчики?

6. Технологія наклейки тензодатчиків.

7. З'єднання тензодатчиків в мостову схему. Навіщо це потрібно? B яких випадках використовується полумостовасхема складання?

8. Призначення тензопідсилювачів і їх розподіл по несучій частоті (низькочастотні і високочастотні).

9.. Комплектоапарати при тензометричних вимірах.

10. Навіщо потрібні екрановані з'єднувальні дроти?

11. Що таке тарування і навіщо воно потрібна?

12. Різниця між прямим і непрямим тарируванням?

13. Основні етапи тарування. Запис осцилограми, побудову графіка, визначення масштабу запису.

14. Основні види датчиків для вимірювання зусиль.

15. Датчики для виміру крутних моментів.

16. Датчики для виміру переміщень.

17. Датчики для виміру швидкостей.

18. Датчики для вимірювання прискорень.

19. Віброметри і їх наэначения.

20. Датчики для вимірювання тиску вгидросистемах

21. Способи вимірювання електричних параметрів струму, напруги та потужності.

22. Що таке планований експеримент і випадки, яких його використання необхідно?

23. Що таке «чорний ящик» і його сутність?

24. Факторний експеримент. Суть та види.

25. Графічне зображення плану дво - і трехфакторного планованого експерименту.

26. Необхідність кодування факторів.

27. Що потрібно скласти для планування експерименту?

28. B чому полягає суть операції «рух до оптимуму»?

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жук А.Я., Желябина Н.К. Теория и практика приводов. Учебн. пос. в 3-х кн. Кн. 3/ Запорожье: Издательство ЗГИА 2001. – 176с.

2. Цапко В.К., Толстиков Г.И., Ермократьев В.А., Жук А.Я. Техника эксперимента и основы научных исследований металлургических машин и агрегатов. Учебн. пос. – К.: УМК ВО 1989. – 140с.

3. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 381 с. – 1 прим. – Библиогр. по главам.

4. Основи наукових досліджень [Текст]. Кн. 1. Теоретичні дослідження / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев ; ЗДІА. - Запоріжжя : ЗДІА, 2008. - 195 c. : iл.

5. Основи наукових досліджень [Текст]. Кн. 2. Експериментальні дослідження / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев ; ЗДІА. - Запоріжжя : ЗДІА, 2008. - 205 c. : iл.

ДОДАТКИ

Додаток A

Міністерство освіти і науки України

Запорізька державна інженерна академія

кафедра МО

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з дисципліни «Сучасні методи експериментальних досліджень»

Вариіант 1А

Виконав

ст.гр МБ-12 А. П. Іванченко

Перевірив

доц, к.т.н Т.О. Васильченко

Запоріжжя

2018

Додаток Б

Вихідні данні до контрольної роботи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Значення х та у | | | | | | | | | | | | | |
| Точка 1 | | Точка 2 | | Точка 3 | | Точка 4 | | Точка 5 | | Точка 6 | | Точка 7 | |
| х | у | х | у | х | у | х | у | х | у | х | у | х | у |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 0 | 0 | 10 | 11,2 | 20 | 14,3 | 30 | 16,5 | 40 | 18,2 | 50 | 19,5 | 60 | 20,9 |
| 13,0 | 12,2 | 15,2 | 17,4 | 20,1 | 20,3 |
| 11,4 | 14,4 | 17,1 | 16,0 | 18,9 | 18,5 |
| 9,8 | 16,2 | 16,6 | 18,3 | 19,4 | 20,6 |
| 11,6 | 14,8 | 18,4 | 20,5 | 22,0 | 22,8 |
| 2 | 0 | 0 | 10 | 12,7 | 20 | 17,3 | 30 | 20,6 | 40 | 23,7 | 50 | 26,2 | 60 | 28,4 |
| 14,5 | 18,6 | 22,1 | 25,1 | 27,8 | 30,1 |
| 11,0 | 17,0 | 18,8 | 22,0 | 24,6 | 27,2 |
| 13,5 | 18,2 | 21,4 | 24,5 | 26,5 | 29,0 |
| 12,6 | 17,2 | 19,4 | 23,5 | 25,2 | 28,4 |

Продовження таблиці

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 3 | 0 | 0 | 10 | 14,7 | 20 | 20,1 | 30 | 24,1 | 40 | 27,4 | 50 | 29,8 | 60 | 32,8 |
| 17,0 | 21,8 | 25,5 | 29,2 | 32,1 | 34,2 |
| 12,2 | 18,1 | 22,0 | 24,8 | 21,5 | 30,5 |
| 16,1 | 20,8 | 23,4 | 28,2 | 31,6 | 33,6 |
| 13,5 | 19,4 | 24,6 | 26,4 | 28,4 | 31,4 |
| 4 | 0 | 0 | 10 | 17,5 | 20 | 23,9 | 30 | 28,5 | 40 | 32,6 | 50 | 25,8 | 60 | 39,1 |
| 19,1 | 25,5 | 31,1 | 34,5 | 38,1 | 41,2 |
| 15,8 | 22,5 | 26,5 | 30,0 | 33,6 | 37,0 |
| 18,6 | 24,8 | 29,5 | 33,6 | 37,4 | 39,8 |
| 16,5 | 22,8 | 27,5 | 31,4 | 34,6 | 38,1 |
| 5 | 0 | 0 | 10 | 19,0 | 20 | 26,8 | 30 | 32,9 | 40 | 37,9 | 50 | 42,6 | 60 | 46,5 |
| 20,9 | 28,7 | 34,8 | 40,1 | 44,5 | 48,5 |
| 17,1 | 24,9 | 30,1 | 36,0 | 40,1 | 44,6 |
| 19,8 | 27,6 | 33,8 | 38,8 | 43,7 | 47,4 |
| 18,2 | 25,8 | 32,0 | 37,1 | 41,6 | 45,4 |

Продовження таблиці

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 6 | 0 | 0 | 10 | 20,3 | 20 | 29,3 | 30 | 36,2 | 40 | 42,4 | 50 | 48,1 | 60 | 52,5 |
| 22,3 | 31,4 | 38,1 | 44,5 | 50,2 | 54,6 |
| 18,4 | 27,2 | 34,1 | 40,3 | 46,0 | 50,4 |
| 21,4 | 30,2 | 37,3 | 43,3 | 49,1 | 53,4 |
| 19,3 | 28,3 | 35,2 | 41,2 | 47,2 | 51,3 |
| 7 | 0 | 0 | 10 | 19,9 | 20 | 30,2 | 30 | 38,9 | 40 | 45,7 | 50 | 52,8 | 60 | 58,3 |
| 21,8 | 32,3 | 40,8 | 47,8 | 54,9 | 60,2 |
| 17,8 | 28,1 | 36,9 | 43,6 | 50,7 | 56,4 |
| 20,7 | 31,4 | 39,7 | 46,6 | 53,7 | 59,2 |
| 18,6 | 29,3 | 37,8 | 44,8 | 51,8 | 57,5 |
| 8 | 0 | 0 | 10 | 33,1 | 20 | 39,8 | 30 | 46,5 | 40 | 52,5 | 50 | 57,5 | 60 | 61,7 |
| 35,2 | 41,9 | 48,6 | 54,6 | 59,7 | 63,8 |
| 31,0 | 37,7 | 44,4 | 50,4 | 55,5 | 59,6 |
| 34,3 | 40,7 | 47,5 | 53,5 | 58,6 | 62,7 |
| 32,4 | 38,6 | 45,5 | 51,6 | 56,5 | 60,6 |

Продовження таблиці

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 9 | 0 | 0 | 10 | 24,8 | 20 | 36,4 | 30 | 46,1 | 40 | 53,2 | 50 | 60,1 | 60 | 66,5 |
| 26,9 | 38,5 | 48,2 | 55,3 | 62,2 | 68,6 |
| 22,7 | 34,3 | 44,0 | 51,1 | 57,9 | 64,4 |
| 25,7 | 37,3 | 47,3 | 54,4 | 61,3 | 67,7 |
| 23,6 | 35,2 | 45,2 | 52,3 | 58,8 | 65,3 |
| 10 | 0 | 0 | 10 | 23,9 | 20 | 36,2 | 30 | 46,1 | 40 | 54,9 | 50 | 62,5 | 60 | 69,9 |
| 25,9 | 38,4 | 48,2 | 56,9 | 64,6 | 72,0 |
| 21,8 | 34,1 | 44,0 | 52,8 | 60,4 | 67,8 |
| 24,7 | 37,4 | 47,5 | 55,1 | 63,4 | 71,5 |
| 22,7 | 35,1 | 45,6 | 53,5 | 61,3 | 68,7 |

При видачі завдання вказується варіант: lA.. .10A; lB... 10B; lC...10C; lD... 10D.

B цьому випадку всі значення *у* множаться на відповідний коефіцієнт: 1,1; 1,2; 1,3; 1,4.

Наприклад, для варіанта 1A:

при х=10значения у: 19\*1,1=20,9; 20,9\*1,1—22,99; 17,1\*1,1=18,81; 19,8\*1,1=21,78; 18,2\*1,1=20,02.

значення x залишаються без змін, тобто 10; 20; 30; 40; 50; 60.

Підваріанти:

* А=1,1; α=0,95;
* В=1,2; α=0,98;
* С=1,3; α=0,99;
* D=1,4; α=0,999;