

Тема 9. **Origin.**

Зміст

Вступ

1. Початок роботи
2. Введення даних
3. Перетворення даних усередині таблиць
4. Побудова графіків
5. Робота з даними на графіку
6. Оформлення графіків
7. Розташування графіків
8. Побудова простих 3d-графіків
9. Побудова графіків функцій
10. Пошук простих залежностей

Література

Вступ

Відображення результатів дослідження на графіках і таблицях, підготовка малюнків і діаграм для звіту або виступу - усе це є одним з найважливіших елементів роботи сучасного ученого. Способів представити результати існує дуже багато, але одним з самих інформативних являється представлення результатів за допомогою малюнків і графіків. Для цього можна використати різноманітні графічні пакети і інструменти - вибір за дослідником.

Програмний продукт Origin є одним з найбільш потужних засобів графічного представлення результатів. Окрім того, цей пакет дозволяє не лише просто будувати ті або інші графіки і оформляти їх відповідно до бажання автора, він також дозволяє проводити і математичну обробку результатів: шукати залежності в даних, проводити чисельне диференціювання і інтеграцію, здійснювати інтерполяцію і екстраполяцію, проводити необхідні перетворення даних безпосередньо в самій програмі.

Звичайно, в плані графіки і її можливостей цей продукт поступатиметься таким програмам, як наприклад, CoralDraw, в плані математичної обробки він може поступатися таким широко поширеним пакетам як Mathematica, MathCAD, Maple. Але оскільки основне призначення даного програмного продукту - графічне відображення даних, то саме в цьому компоненті по сукупності простоти використання і можливостям Origin помітно перевершує всі перераховані програми.

Окрім Origin, для обробки даних і представлення їх в наочному і зручному виді у науковому світі використовуються і інші програми, наприклад GNUplot, SmartDraw. Проте, пакет програм Origin широко поширений в науковому середовищі і дуже часто використовується ученими при оформленні своїх робіт і статей. У цьому неважко переконатися при уважному ознайомленні з ілюстраціями в багатьох журналах: Astrophysical Journal, Physical Review, Астрономічний журнал, Оптика і Спектроскопія, Астрофізичний Бюлетень і так далі.

Origin є програмою, розробленою під операційні системи сімейства Microsoft Windows, і тому має інтерфейс властивий більшості Windows-додатків. Крім того, він поєднується з деякими програмними продуктами лінійки Microsoft Office, наприклад, з табличним процесором Microsoft Excel що дозволяє, зокрема, легко здійснювати імпорт/експорт даних між цими програмами.

В лекції розглянуто основні аспекти роботи з програмою: способи введення даних, побудова графіків, деякі елементи обробки даних, у тому числі і прямо на графіку. Для більш детальної інформації можна звернутися в розділ довідки (Help) чи на сайт фірми-розробника OriginLab Corporation - де можна знайти і демо-версію програми і детальний опис її можливостей.

При необхідності завжди можна звернутися в розділ довідки (Help), де є короткий опис використовуваних при обробці даних процедур або методів, а якщо цього буде недостатньо, то і до відповідної літератури з тієї або іншої області математичного аналізу.

Опис програмного продукту Origin проводитиметься на основі версій 6 і 7, найбільш поширених на даний момент. Інтерфейс новіших версій трохи відрізняється - з'являються додаткові опції, але основні можливості і інструменти залишаються практично без змін, тому користувач без особливих проблем зможе розібратися з новою лінійкою програм.

На жаль, цей програмний продукт не перекладений: команди меню, контекстні підказки, розділ довідки - уся ця інформація представлена англійською мовою.

Звичайно, сучасний студент, як правило, володіє англійським досить добре, і цілком може обходитися без підказок. Проте, при описі пунктів меню, вкладок в діалогових вікнах, окрім назв по-англійськи можуть даватися відповідні назви українською (там де це можливо).

1. Початок роботи

Запуск програмного продукту Origin нічим не відрізняється від запуску абсолютної більшості Windows додатків. Його можна здійснити і за допомогою піктограми в панелі "Швидкого запуску" на "Панелі завдань", і за допомогою ярлика на "Робочому столі", і стандартним чином через меню Windows : Пуск -> Усі програми -> Origin. Крім того, автоматичний запуск програми відбувається при відкритті файлів типу "Origin Graph" - тобто файлів з розширенням .orj або файлів старих версій .org (якщо, звичайно, програмний продукт Origin встановлений на вашому комп'ютері).

Якщо запуск програми Origin зроблений уперше, то може з'явитися діалогове вікно, в якому потрібно буде ввести реєстраційні дані і тому подібне. Вважатимемо, що це усе зроблено, тому після запуску програми з'явиться вікно з новим (порожнім) проектом (рис.1).

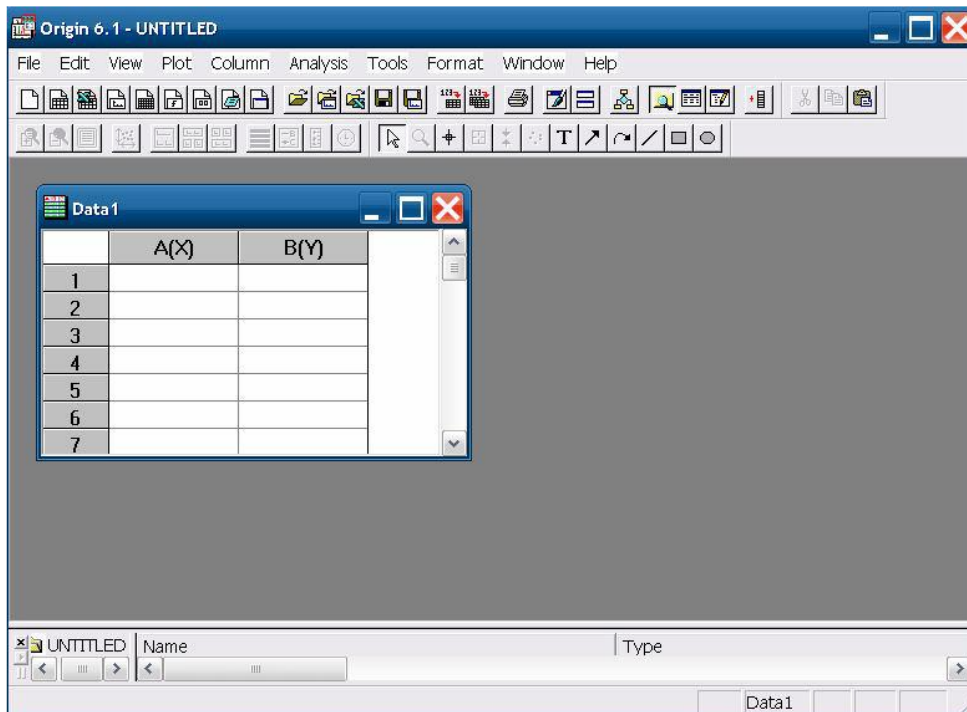


Рис. 1. Вид вікна програми на початку роботи

Як уже згадувалося, інтерфейс програми практично нічим не відрізняється від інтерфейсу більшості Windows-додатків - основний зміст вкладок меню File (Файл), Edit (Редагування), Help (Допомога) такий же, що і у більшості програм. Тому в описі роботи з програмою неторкатимемося питань, пов'язаних з відкриттям і збереженням файлів, копіюванням і вставкою даних, налаштуванням друку і попереднім переглядом сторінки і тому подібне, оскільки вважається, що усе це користувачеві відомо.

При першому запуску програми усі її налаштування (за умовчанням) є стандартними. При необхідності, їх можна змінити і настроїти інтерфейс програми під конкретного користувача, але в цьому описі дотримуватимемося налаштувань "за умовчанням". Процедура зміни налаштувань відображення меню, наборів піктограм, збереження шаблонів і тому подібне будуть описані у відповідній главі.

Окрім рядка меню, де окрім згадуваних вкладок є присутніми і інші, специфічні для Origin вкладки, у відкритому вікні під панеллю головного меню є дві панелі з набором піктограм швидкого виклику/запуску тієї або іншої команди або опції. Верхня з панелей завжди активна, нижня панель стає активною при роботі безпосередньо з графіками. При наведенні

покажчика миші на будь-яку з піктограм, з'являється назва піктограми, з якої, як правило, стає зрозумілим її призначення.

Крім того, в режимі роботи з графіками трохи міняється рядок головного меню - при роботі з числовими даними в Worksheet (Таблиця даних) в рядку головного меню є вкладки Plot (Побудова графіку) і Column (Колонки), а при роботі з графіками ці вкладки замінюються на Graph (Графік) і Data (Дані).

У нижній частині вікна є область, в якій ліворуч показано дерево файлів, пов'язаних з цим проектом (на самому початку роботи вона буде порожня), а справа - представлений список вікон, наявних в цьому проекті (на початку роботи там міститиметься тільки одно вікно, яке за умовчанням носить назву Data1).

Будь-яке з вікон, будь то таблиці з даними або малюнки, можна перейменувати. Якщо цього не робити, то Origin автоматично нумерує таблиці даних (Data1, Data2) і графіки (Graph1, Graph2). Виключення складає тільки найменування таблиць з даними при імпортуванні даних - в цьому випадку, як правило, назва таблиці співпадає з першою частиною назви файлу, що імпортується.

2. Введення даних

Для побудови графіку, нам знадобляться деякі числові дані. Ввести дані можна декількома способами. Найпростіший спосіб - введення даних вручну, заповнюючи відповідні осередки в таблиці.

При введенні даних слід звернути увагу на два моменти. По-перше, якщо після введення даних в осередок не була натиснута клавіша Enter (Введення), або не здійснений перехід в інший елемент таблиці даних (стрілками або натисненням лівої кнопки миші) дані з такого осередку не сприйматимуться Origin при побудові графіку. Більше того, після побудови графіку вони зникнуть з таблиці даних.

Відповідно, це відноситься і до випадку, коли треба відредагувати дані у вже наявній таблиці - зміни будуть сприйняті тільки після натиснення клавіші Enter (Введення) або переходу в інший осередок.

По-друге, слід уважно віднестися до введення нецілих числових даних. У нашій країні традиційно прийнято відділяти цілі і дробові частини чисел комою, тоді як у більшості західних країн (зокрема, США, країнах ЄС) це відділення робиться крапкою, а коми використовуються для полегшення сприйняття розрядів числа, наприклад, 1,234,567.89 - це 1234567,89 в звичному для нас розумінні. За умовчанням Origin використовує як роздільник той роздільник, який встановлений при налаштуванні операційної системи.

Тому при введенні числових даних передусім слід переконатися, що ці дані сприймаються правильно.

При необхідності, тип роздільника можна поміняти. Зробити це можна або змінивши налаштування операційної системи (це залежить від версії ОС, шлях Пуск -> Панель управління -> Мова і регіональні стандарти), або зайшовши в пункт меню Tools (Інструменти), рядок Options (Опції) на вкладці Numeric Format (Числовий формат) вибравши параметр Separators (Роздільник). За умовчанням Windows Setting (тобто відповідно до налаштувань ОС), а у випадковому вікні можна вибрати необхідне (мал. 2).

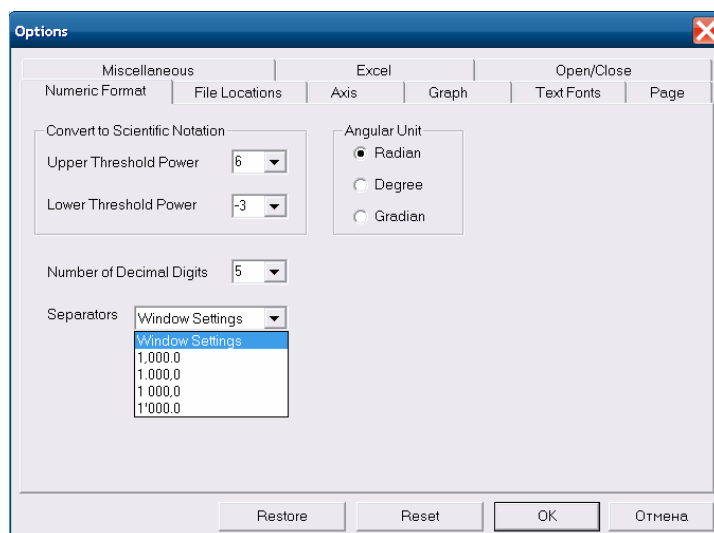


Рис. 2. Вікно Options в пункті меню Tools (Інструменти)

При введенні дуже великих і дуже малих чисел можна використовувати так званий науковий формат даних, тобто записувати число у вигляді: $1230000 = 1.23e6$ або $0.00123 = 1.23e-3$, хоча Origin може це зробити і сам, зробивши необхідні перетворення після введення даних. Також слід врахувати, що число з дуже великою кількістю значущих цифр після коми (байдуже, в якому форматі - звичайному або науковому) буде округлено відповідно до заданої в налаштуваннях програми точності. За замовчуванням це 5 цифр після коми, але це можна змінити в тому ж самому пункті меню Tools (Інструменти), рядок Options (Опції) на вкладці Numeric Format (Числовий формат) задавши потрібне значення параметра Number of Decimal Digits.

Введення установок вручну при сучасних обсягах даних зустрічається вкрай рідко. Тому зазвичай використовуються стандартні для сімейства ОС Windows команди копіювання і вставки, або здійснюється імпорт потрібних даних з файлу.

Винятком, мабуть, є можливість відкриття файлу Excel як таблиці з даними Worksheet (здійснюється стандартним чином через меню File -> Open Excel). При відкритті можна вибрати, в якому вигляді будуть доступні ці дані - як дані в таблиці, або відкриті як лист Excel всередині програми Origin, що дозволяє проводити деякі обчислення (недоступні в Origin, як, наприклад, робота з матрицями), використовуючи можливості табличного процесора Excel.

Необхідні дані можна ввести за допомогою команди Import в меню File (рис. 3). Тип файлу, що імпортується можна вибрати в випадіє вкладці (підтримується велика кількість типів файлів, в тому числі можливий і імпорт з баз даних), але, як правило, інформація в файлах міститься в ASCII-форматі, тобто у вигляді звичайних чисел, букв. Стандартними форматами ASCII-файлів Origin вважає .dat, .txt, .csv, але вибираючи довільний тип (*.*) Можна відкрити будь-який файл.

Слід звернути увагу, що імпорт даних відбувається в активну таблицю, при цьому попередні дані (там, де на них накладаються нові) губляться. Тому при імпорті нових даних, якщо є необхідність зберегти старі, слід створити нову таблицю даних через меню File -> New -> Worksheet, або вибором відповідної піктограми.

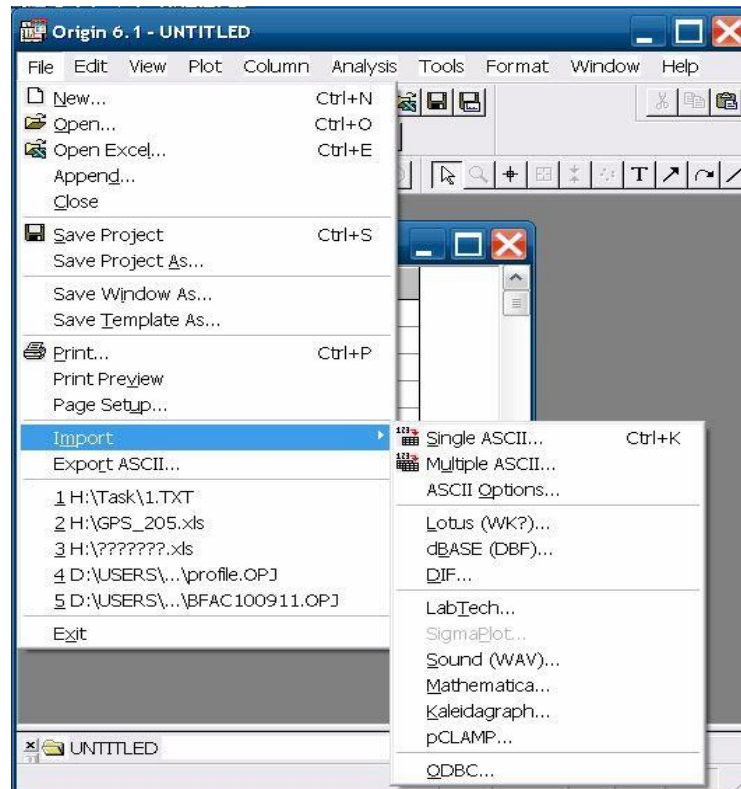


Рис. 3. Імпорт ASCII-файлів

При відкритті файлів в діалоговому вікні, де потрібно вказати шлях до файлу, є вкладка Options, в якій можна задати параметри перетворення даних, які будуть використовуватися при відкритті файлу (рис.4). Це може виявитися необхідним, коли дані всередині імпортованого файлу не мають роздільників, або цей роздільник (delimiter) - незвичайний. Origin легко розпізнає такі роздільники як пробіл (Space), кому (Comma), символ табуляції (Tab), з іншими роздільниками можуть виникнути складності. Якщо роздільників немає взагалі, то можна задати за допомогою перемикача Fixed, col widths фіксовану ширину кожного стовпця даних, що вводяться. До цієї ж самої вкладці можна дістатися прямо з меню: File -> Import -> ASCII Options.

Налаштування імпорту файлів будуть збережені до тих пір, поки не будуть проведені нові зміни, або до закриття файлу. Після повторного відкриття файлу настройки, якщо вони не були збережені в шаблонах (про це у відповідній главі частини II), будуть автоматично скинуті до налаштувань "за замовчуванням".

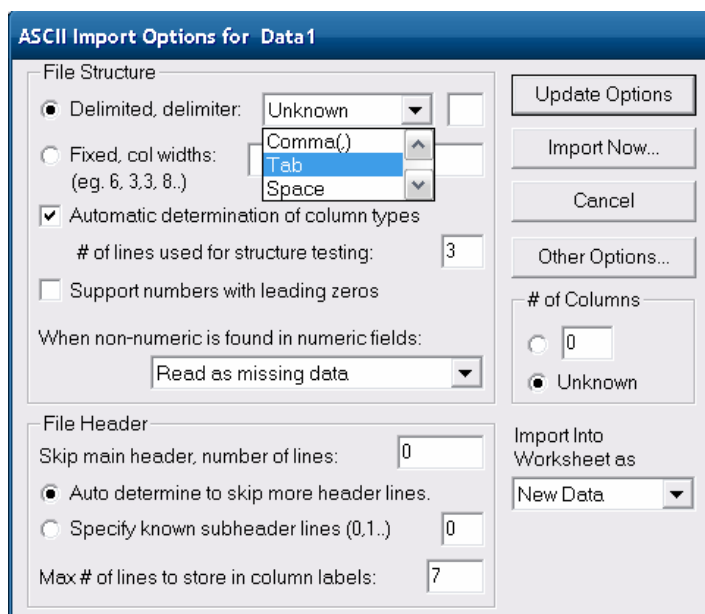


Рис. 4. Вікно налаштування параметрів імпорту ASCII-файлів

Крім одиночного ASCII-файлу можна відкрити відразу кілька - в діалоговому вікні після вибору команди File -> Import -> Multiple ASCII слід вибрати потрібні файли командою Add (Додати).

І, звичайно ж, не варто забувати про нюанси, пов'язані з роздільником цілих і дробових розрядів, а також з необхідною кількістю значущих цифр. Тому при підготовці даних для подальшої обробки, як правило, подібні вимоги враховуються. Наприклад, при написанні програм використовується форматований вивід; в наявних файлах з даними змінюють коми на точки (якщо це необхідно) і т.д.

3. Перетворення даних всередині таблиць

Імпортовані дані розташовуються у вікні таблиці даних (Worksheet) в тому порядку, в якому вони були розташовані в імпортованому файлі. Колонки зазвичай нумеруються літерами латинського алфавіту (A, B, C і

т.д.), але можуть нумеруватися і комбінацією букви і цифри (B2, C3, D7 ...), якщо, наприклад, в імпортованому файлі міститься велика кількість стовпців з даними.

Якщо імпортований файл має так звану "шапку" - відрізняється від числових даних текстову частину (наприклад, опис структури файлу, назва стовпців), то при імпорті Origin може використовувати цю інформацію як назва колонок або підписів стовпців.

За замовчуванням перша їх колонок автоматично позначається міткою X, все решта - Y, що відповідає назві осей, до яких Origin буде співвідносити дані з колонок при побудові графіка. Змінити мітку (можна взагалі її видалити), а також провести інші перетворення з колонкою і даними в ній, можна, перейшовши в меню управління колонкою. Це можна зробити, виділивши потрібну колонку (клацнути лівою кнопкою миші на заголовку) і, зайшовши в пункт меню Column (Колонка), вибрати потрібну команду. З того ж меню можна додати нову колонку (це можна також зробити за допомогою відповідної піктограми на панелі), перемістити колонку в потрібне місце серед стовпців даних.

Але більш функціональним є розширене меню управління колонкою, дістатися до якого можна клацанням правою кнопкою миші на заголовку колонки. Тут, крім уже згаданого, можна, наприклад, отримати статистику за даними в колонці (відкривається в окремому вікні), розбити дані по групах із зазначеним інтервалом (це буває потрібно для статистичного дослідження вибірок), нормувати дані (розділити дані на найбільше значення в колонці) і т.д.

Обравши в контекстному меню команду Properties (Властивості), можна потрапити в меню властивостей колонки (до цього можна дістатися і через головне меню Format-> Column), де можна вибрати тип можливих даних колонки і їх формат (якщо є в цьому необхідність). За допомогою галочки Apply to all columns to the right можна призначити встановлені властивості даної колонки все іншим колонкам справа. Також в цьому меню

установкою галочки Enumerate all to the right можна задати імена всіх стовпців праворуч від колонки у вигляді (C1, C2, C3 і т.д.), де в якості початкової літери і цифри використовується буква і цифра поточної колонки.

Але найкориснішою серед опцій меню колонки є опція Set Column Values (Встановити значення стовпця). За допомогою цієї опції можна робити обчислення і перетворення даних в колонках.

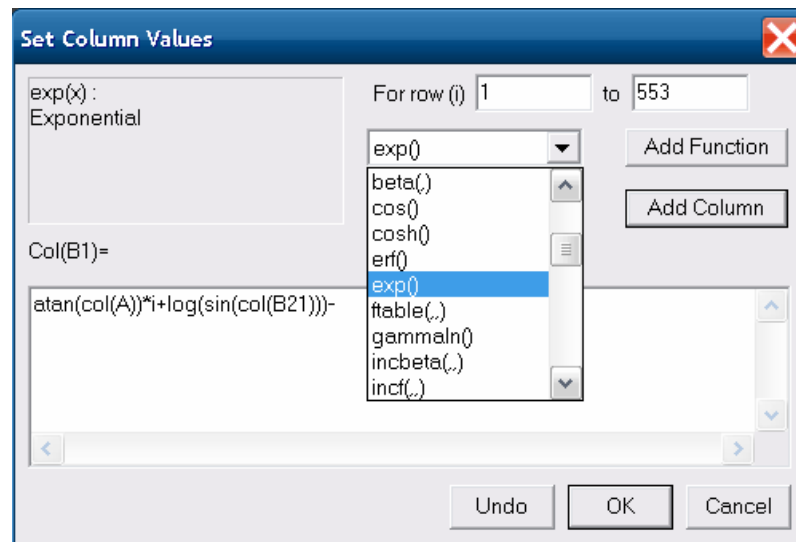


Рис. 5. Перетворення даних в колонці таблиці

У відкритому вікні (рис. 5) для необхідного діапазону даних (вказується діапазон номерів рядків "від" і "до" в полі (For row) в випадіючому списку вибирається необхідна математична функція (Add Function) і необхідні дані з відповідного стовпчика (Add Column). Функцію можна задати складну - тобто зробити вкладення однієї функції в іншу і т.д., але при цьому слід уважно поставитися до круглих дужок, якими обмежується аргумент кожної функції. Тому зручно користуватися командою Add Function (Додати Функцію) в потрібному місці математичного висловлювання, оскільки при цьому ймовірність помилитися з кількістю відкритих і закритих дужок істотно менше, ніж при наборі функції вручну. Перед тим як вставити функцію в математичний вираз, щоб уникнути помилки, можна ознайомитися з коротким описом обраної функції в лівій верхній частині вікна вставки (рис. 5).

При задаванні безпосередньо аргументу функції - власне даних, які потрібно перетворити - слід пам'ятати, що ці дані потрібно задавати у вигляді, наприклад, Col(B), тобто дані з шпальти B. Якщо написати просто B, то ніякі обчислення не будуть зроблені. Також можна згадати, що при обчисленнях можна використовувати індекс i, який відповідає номеру рядка в таблиці.

При перетвореннях даних вихідні значення можуть бути втрачені. Тому зручно перед початком перетворень або обчислень створити новий стовпець командою Add New Column (s) в меню або за допомогою піктограми і всі обчислення робити в новому стовпці.

Також варто мати на увазі, що Origin дозволяє проводити обчислення і записувати результат туди ж, де були взяті вихідні дані (циклічні обчислення). Наприклад, під час запису Col(A) = ln(Col(A)) значення в стовпці A обраної таблиці будуть замінені на обчислені значення натуральних логарифмів вихідних величин. У табличному процесорі Excel, наприклад, таке зробити неможливо.

Якщо в запису математичного виразу є помилка, то дані можуть бути втрачені (це особливо важливо в разі, коли результати обчислень записуються в комірки, звідки були взяті вихідні значення). В цьому випадку можна скасувати останню виконану дію за допомогою команди Edit-> Undo. Але зробити це потрібно відразу ж, так як якщо буде зроблено ще яку небудь дію, то скасування попередньої дії стане неможливе.

4. Побудова графіків

Доступ до основних інструментів для побудови графіків здійснюється через вкладку Plot головного меню. Кількість стандартних варіантів побудови різноманітна (рис. 6), але крім цього існує ще бібліотека шаблонів, доступ до якої здійснюється за допомогою опції Template (Шаблони) в даному меню.

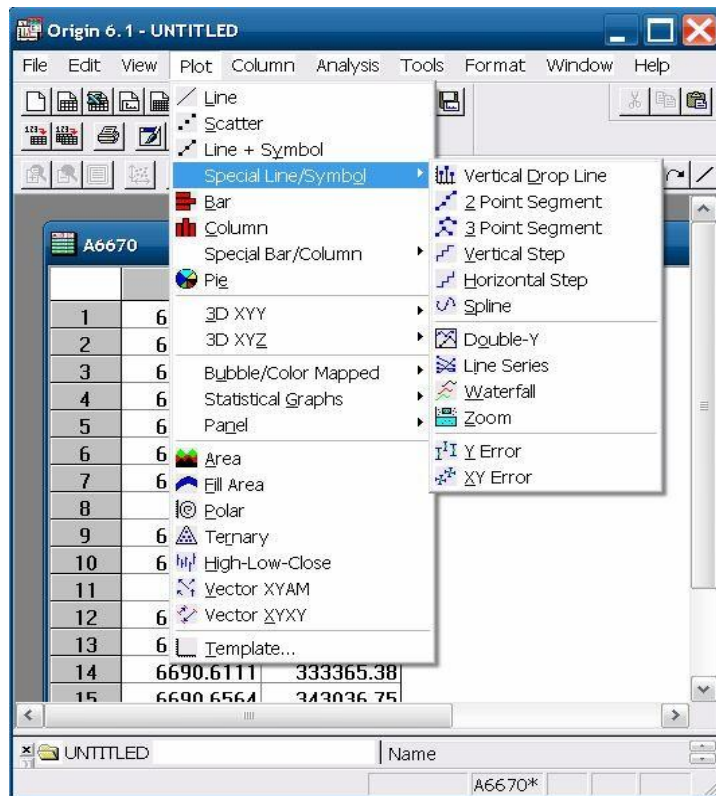


Рис. 6. Вибір виду графіка

Проте, найбільш часто використовуваними видами відображення результатів є три перші варіанти побудови графіків: Line (Лінія), Scatter (Розкид), Line + Symbol (Точки, з'єднані лінією). Тому саме ці варіанти і будуть розглядатися в якості прикладу.

Після вибору виду графіка, якщо який-небудь з стовпців, позначений міткою Y в таблиці з даними, виявився виділеним, Origin автоматично побудує графік, використовуючи дані з виділеного стовпця, і стовпчика з міткою X (за замовчуванням це найперший стовець). Якщо було виділено декілька стовпців, то Origin побудує декілька залежностей на одному малюнку. При цьому графік кожної залежностей матиме свій колір (рис.7).

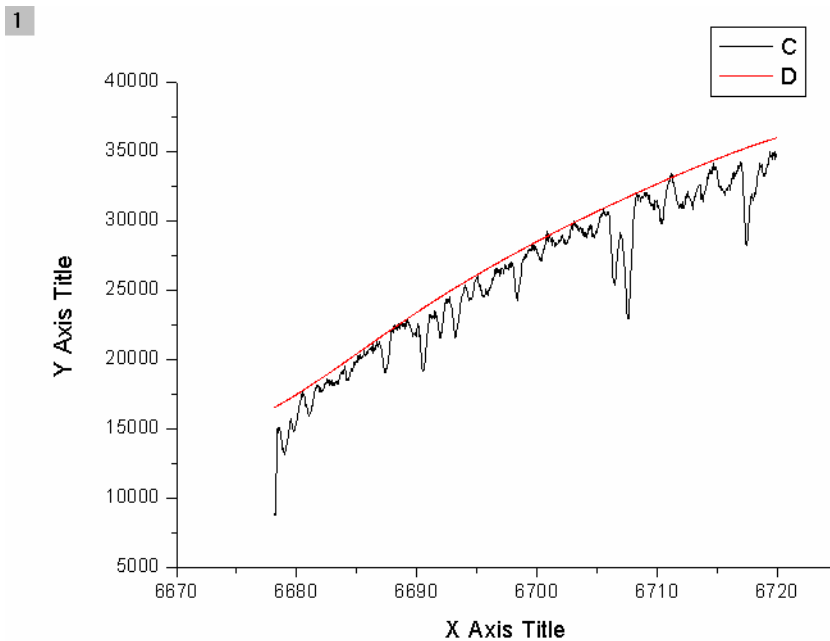


Рис. 7. Приклад побудови графіка

При побудові Origin автоматично вибирає масштаб, встановлює мінімальне і максимальне значення шкали уздовж кожної осі. Все це можна при необхідності змінити, але про це йтиметься у розділі 6.

Побудувати графік можна і за допомогою аналогічної команди Plot з контекстного меню, що з'являється при натисканні правої кнопки миші на назві колонки.

Однак далеко не завжди потрібно побудувати графік залежності колонки з міткою Y від колонки з міткою X. Може знадобитися зворотна залежність (правда, конкретно для такого випадку передбачений механізм зміни осей - Graph -> Exchange XY Axis), також може знадобитися побудувати графіки залежностей колонок з однаковими мітками. Тому для доступу до діалогового вікна з розширеними можливостями розташування даних на графіку слід зняти виділення з усіх стовпців активної таблиці. Для цього досить клацнути лівою кнопкою миші в будь-якому місці вікна таблиці (крім заголовків стовпців).

У цьому випадку після вибору виду графіка з'явиться діалогове вікно з розширеними можливостями побудови графіка (рис. 8).

Вибираючи потрібну таблицю з даними на випадок вкладці Worksheet в лівому верхньому кутку вікна (за замовчуванням буде обрана та таблиця, яка була активною до моменту початку побудови графіка), а потім вибираючи потрібний стовпець в таблиці, можна вказати цьому стовпцю з даними його роль при побудові даного графіка. Для цього обраний стовпець з допомогою кнопок управління виду <-> встановлюється на потрібну позицію: його можна розташувати уздовж осі X або осі Y, вибрати цей стовпець як показчик бару помилок уздовж тієї чи іншої осі і навіть використовувати дані з шпальти як підписів (L).

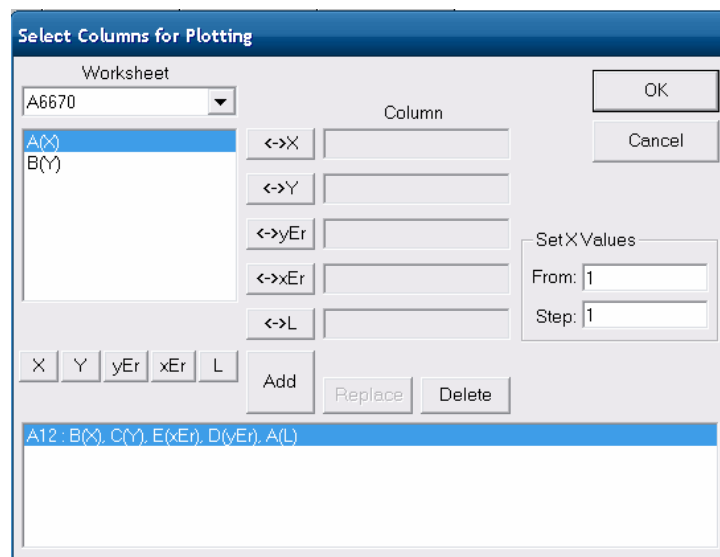


Рис. 8. Вікно вибору стовпців для побудови графіка

Якщо потрібно побудувати кілька залежностей на одному графіку, то після натискання кнопки Add і додавання обраної залежності в список побудови - в нижній частині вікна (рис. 8) - можна перейти до вибору даних для нової залежності і т.д.

У правій частині діалогового вікна побудови графіків є область Set X Values, призначена для задання параметра X в разі, коли жоден з стовпців таблиці не обраний в такій якості. Тут можна вибрати початкове значення параметра X і крок його зміни. Слід зазначити, що при обробці наукових даних така опція, швидше за все, навряд чи буде затребувана.

При необхідності на вже існуючий графік можна додати дані для побудови нової залежності. Для цього в пункті меню Graph потрібно вибрати опцію Add Plot to Layer, після чого відкриється діалогове вікно вибору стовпців даних для побудови графіка. Тобто ця опція аналогічна використанню опції Add при первісному побудові графіка.

Слід зазначити, що при додаванні нових даних на малюнок Origin автоматично перебудовує масштаб і розміри шкал для відображення всіх даних на малюнку. Тому оформлення графіка (наприклад, для підготовки його до публікації), про що піде мова в главі 6, слід починати тільки після винесення на графік всіх необхідних результатів.

Також потрібно відзначити, що при зміні набору даних в тій таблиці (Worksheet), звідки були взяті дані для побудови графіка, ці зміни автоматично відіб'ються і серед побудованих залежностей. Тобто видалення даних призведе до видалення відповідних точок на графіку, зміна даних - до зміщення точок. При цьому автоматичну зміну масштабу і перебудова області відображення на графіку не відбуваються.

5. Робота з даними на графіку

Після побудови графіка може виникнути необхідність уточнити будь-які дані для подальшого виправлення, отримати нові значення для подальшого використання. Для цього можна використовувати стандартні інструменти Origin, розташовані у вигляді піктограм під рядком головного меню. Точне розташування піктограм на панелі меню залежить від налаштувань і версії програми, тому вони можуть розташовуватися в будь-якому місці (над або під малюнком, збоку на додатковій панелі тощо). Тому при описі буде даватися назва опції, якій відповідає піктограма (ця назва "спливає" при наведенні на піктограму покажчика миші), а там, де це можливо - вид самої піктограми.

Так, наприклад, можна збільшити або зменшити малюнок, використовуючи опції Zoom In і Zoom Out. Розгорнути малюнок на всю

сторінку (тобто скинути всі зміни, пов'язані зі збільшенням або зменшенням малюнка) - за допомогою опції Whole Page.

Якщо є необхідність більш докладно розглянути конкретну область малюнка, то зручніше користуватися інструментом Enlarger (Збільшення). Після вибору цієї піктограми слід натиснути ліву кнопку миші, і, не відпускаючи її, виділити потрібну область на графіку. Подібне збільшення можна виробляти необмежено. Повернення до вихідного масштабу малюнка здійснюється подвійним кліком по тій же піктограмі.

Два наступних інструменти Screen Reader і Data Reader призначені для зняття даних з графіка. Інструмент Screen Reader дає значення координат x і y тієї точки, на якій він знаходиться. Інструмент Data Reader призначений для визначення координат конкретної точки з числа точок, які були використані при побудові графіка. В обох випадках використання цих інструментів з'являється додаткове вікно Data Display, в якому якраз і даються координати. При цьому в разі використання Data Reader додатково присутня інформація про місцезнаходження вихідних даних: назва таблиці, стовпці (буквенне позначення) і рядки (число в дужках).

Якщо положення будь-якої з точок на графіку різко відрізняється від інших, то інформація, отримана за допомогою даних інструментів, може стати в нагоді для перевірки або виправлення вихідних даних.

Наступний інструмент Data Selector використовується для вибору діапазону з усієї області даних, представлених на графіку. Це може стати в нагоді, наприклад, при обчисленні визначеного інтеграла в заданому діапазоні або при пошуку аналітичної залежності серед даних в заданому діапазоні, не розглядаючи всі інші точки. Для використання цього інструменту слід, після натискання піктограми, схопити покажчиком миші стрілки, які з'явилися на малюнку, і, пересуваючи їх, вибрати необхідний діапазон даних.

Інструмент Draw Data призначений для нанесення на графік даних вручну. З нанесеними на графік даними можна працювати, як з даними з

таблиці, більш того, можливі навіть математичні операції між цими групами даних. Після нанесення додаткових точок на графіку у відкритому проекті Origin створюється таблиця, в якій зберігаються результати нанесення точок. При необхідності, ця таблиця може бути активована для подальшої роботи.

Подібний інструмент може використовуватися, наприклад, при проведенні рівня континууму в спектрі (рис.9). В результаті нанесення рівня континууму на графік і ділення вихідного ненормованого спектра (шкала по вертикалі в деяких умовних одиницях, по горизонталі в ангстремах) на континуум, вийде так званий нормований спектр (в якому рівень континууму відповідає 1), з яким зазвичай починають працювати астрономи (рис. 11).

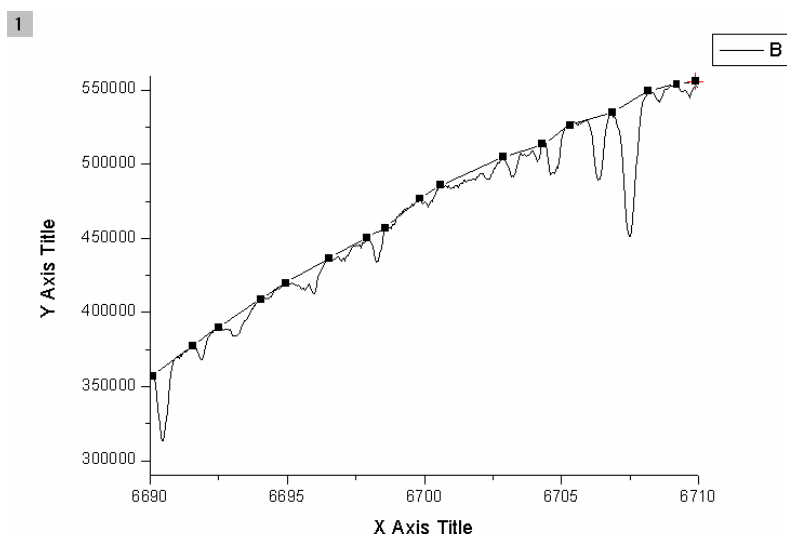


Рис. 9. Приклад використання інструменту Draw Data при проведенні континууму

Саме розподіл виконується за допомогою вбудованого інструменту Origin: Analysis -> Simple Math (рис. 10). У діалоговому вікні вибирається блок даних, які будемо ділити (в нашому випадку це дані з таблиці A6670, колонка B), а також вибирається блок даних, на які буде здійснюватися розподіл (в даному випадку це штучно нанесені дані, що містяться в створеній Origin таблиці Draw1, колонка B). Крім поділу, звичайно ж, можна

використовувати і інші математичні операції - це залежить від того, що необхідно зробити.

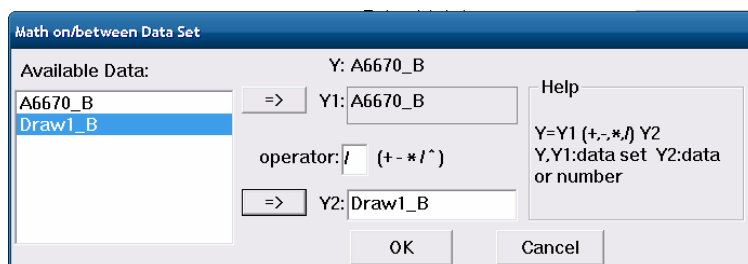


Рис. 10. Діалогове вікно інструменту Analysis -> Simple Math

Оскільки в результаті поділу ненормованого спектра на рівень континууму отримані значення будуть мати величини, близькі до 1, тоді як вихідні значення мали величини порядку декількох сотень тисяч (див. Шкалу по вертикалі на рис. 9), то результат ділення - нормований спектр - на вихідному малюнку відобразиться у вигляді абсолютно непомітної лінії уздовж осі X. Для того, щоб побачити отриманий спектр, потрібно змінити масштаб шкали уздовж осі Y (див. розділ 6), після чого можна побачити остаточний результат (рис. 11).

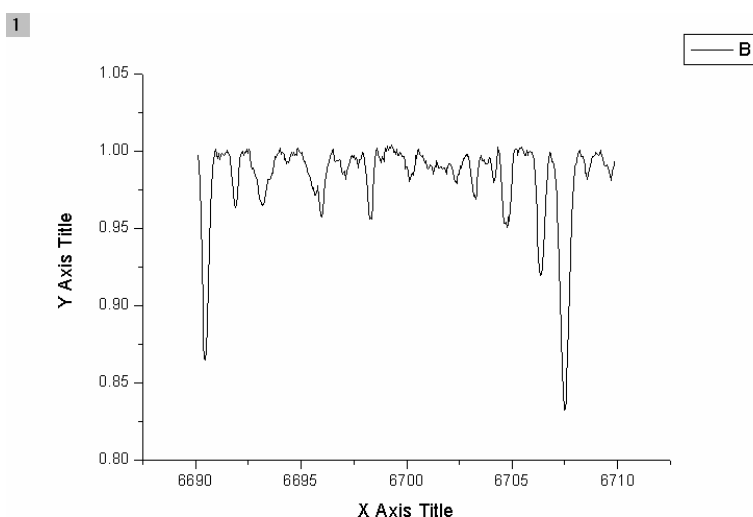


Рис. 11. Результат ділення - нормований спектр

Наступний інструмент - Text Tool - призначений для створення написів і коментарів. Причому цей інструмент, як і наступні 5, можуть бути використаний як при роботі з графіками, так і з таблицями даних.

Саме діалогове вікно панелі введення тексту має вигляд, показаний на малюнку 12. Необхідний результат відображення тексту досягається вибором необхідних параметрів. Попередній результат відображається в нижній частині діалогового вікна, а після натискання кнопки ОК - розташовується в тому місці графіка або таблиці, яке було вказано клацанням миші при виклику даного інструменту.

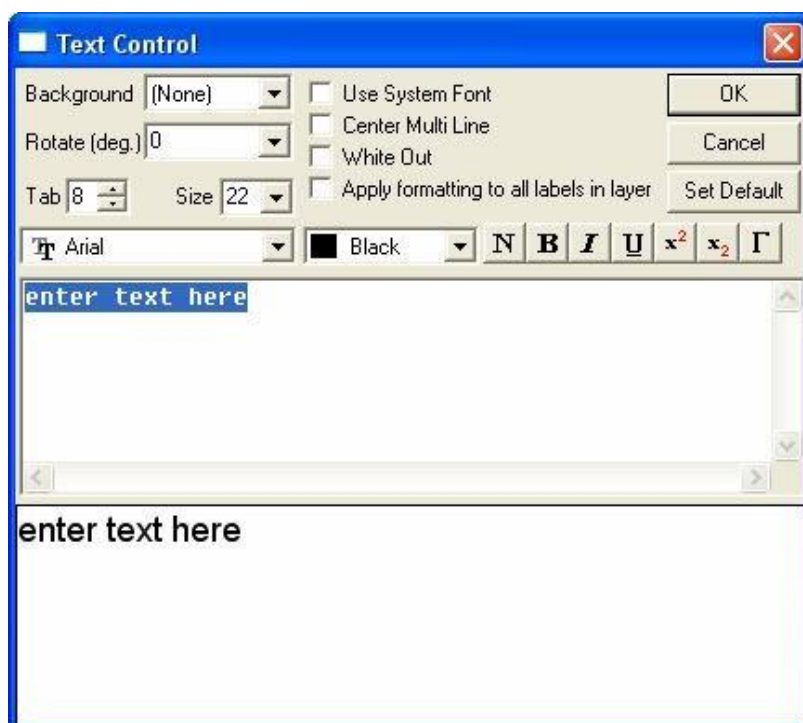


Рис. 12. Вікно панелі введення тексту


Слід зазначити, що введений напис завжди можна виправити, викликавши діалогове вікно введення тексту подвійним клацанням миші на обраному напису. Положення напису також можна змінити за допомогою миші, а також видалити зовсім, якщо цей напис вже не потрібний. При роботі в версії 7 програмного продукту Origin діалогове вікно панелі введення тексту відсутнє, але замість цього є додатковий набір піктограм на одній з панелей програми, що виконують ті ж функції.

Під час введення тексту можна використовувати жирний шрифт (Bold Face), виділення курсивом (Italic), підкреслення, верхні і нижні індекси, змінювати шрифт і колірні схеми оформлення. Особливо слід відзначити

можливість набору грецьких букв (піктограма з літерою Г) в написи, а також можливість повороту написи на будь-який необхідний кут (іноді це буває необхідно).

Також слід зазначити, що при наборі тексту українською мовою для правильного його відображення слід вибрати в якості шрифту (в випадку вкладці) один з кириличних шрифтів (з поміткою Cyr). В іншому випадку текст російською мовою буде відображатися невірно.

Виникаюча на малюнку при побудові графіка "легенда" (у правому верхньому кутку графіка) являє собою напис, параметри відображення якого можна змінювати. Крім того, ця "легенда" дозволяє швидко викликати діалогове вікно Plot Details (див. Рис. 13), в якому можна змінювати вид і товщину ліній, що з'єднує точки з даними, форму і розмір символів на графіку і т.п. Діалогове вікно Plot Details можна викликати і подвійним клацанням безпосередньо на точці або лінії, представлений на графіку. "Легенду" можна видалити, якщо вона заважає; при необхідності, вона може бути створена заново, при виборі піктограми New Legend.

Наступні 5 піктограм  призначені для виклику інструментів малювання стрілок, ліній, деяких геометричних фігур. Використання цих інструментів і модифікація створених з їх допомогою зображень (подвійне натискання лівої кнопки миші при наведенні покажчика на відповідний об'єкт) не викличе у користувача ніяких труднощів.

Інструмент Plot Details заслуговує того, щоб йому була присвячена окрема частина даної глави. Цей інструмент особливо затребуваний в разі, коли на одному графіку є різні дані, які не можна змішувати між собою, але які, тим не менш, потрібно порівняти один з одним. У цьому випадку кожному типу представлених даних призначається свій символ або своя лінія, для яких можна вказати розмір, тип, глибину кольору та т.п. Приклад використання цього інструменту наведено на рис. 13, де для одного типу даних в якості символу обраний чорний квадрат розміром 8x8 pixel.

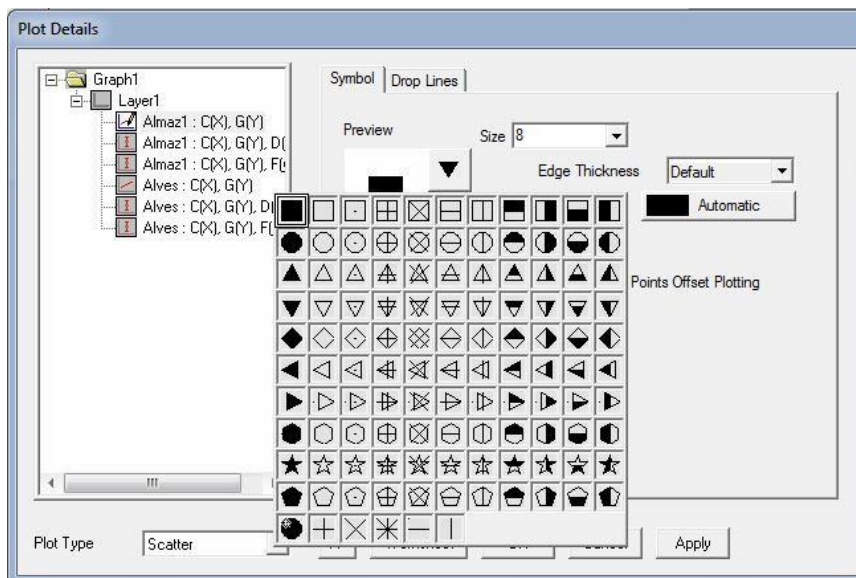


Рис. 13. Вікно Plot Details

Поступаючи аналогічно і призначаючи як символ іншому типу даних, наприклад, червоний кружок діаметром 8 pixels, на графіку можна отримати необхідний розподіл (див. Рис. 14) двох різних груп даних. Використання різних символів і різного забарвлення, дозволяє побудувати малюнок, де однозначно можна зрозуміти, до якого типу даних належать ті чи інші елементи графіка, що, тим не менш, не ускладнює і загальний аналіз всіх представлених даних в цілому.

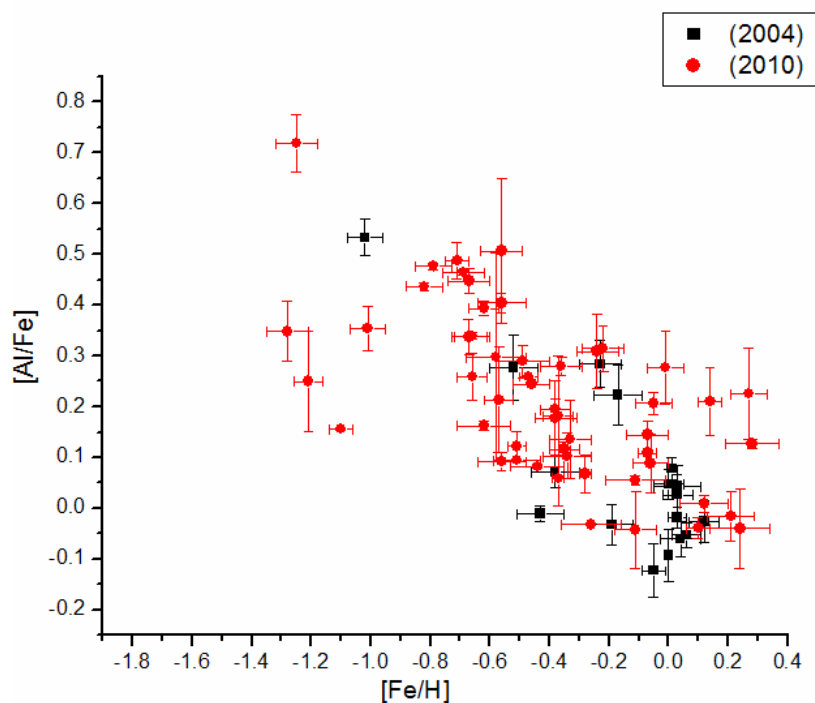


Рис. 14. Приклад виділення окремих груп даних з використанням інструменту Plot Details

6. Оформлення графіків

Вид графіка, який створюється програмою Origin за замовчуванням (див. Рис. 7), навряд чи задовольнить вимогам до оформлення малюнків до наукових статей. Тому для приведення його у належний вигляд (із зазначенням підписів до шкал, створенням додаткових осей і сіток і т.п.) використовується відповідне діалогове вікно. Виклик цього вікна здійснюється подвійним натисканням лівої кнопки миші на одній з осей, що обмежують графік, або шкал з числовими підписами.

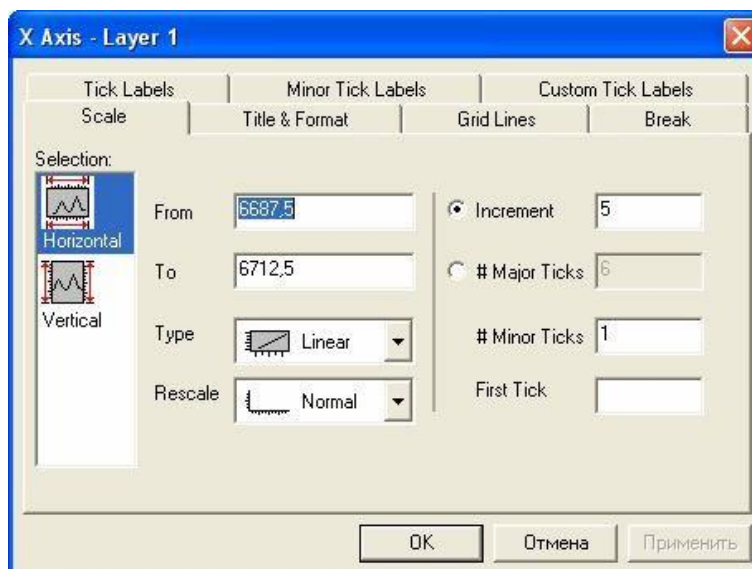


Рис. 15. Діалогове вікно оформлення графіка. вкладка Scale

Дане вікно (див. Рис. 15) містить кілька вкладок, кожна з яких відповідає за оформлення того чи іншого елемента.

Вкладка Scale (Шкала) служить для вказівки діапазону відображення даних на графіку по горизонтальній і вертикальній осях (вибір відповідної осі здійснюється в меню Selection). Тут, крім діапазону зміни даних (позиції From і To), можна вказати крок зміни числових підписів (Increment) або кількість основних поділів в межах діапазону змін даних; кількість проміжних поділок; тип шкали (лінійний, логарифмічний і т.д.).

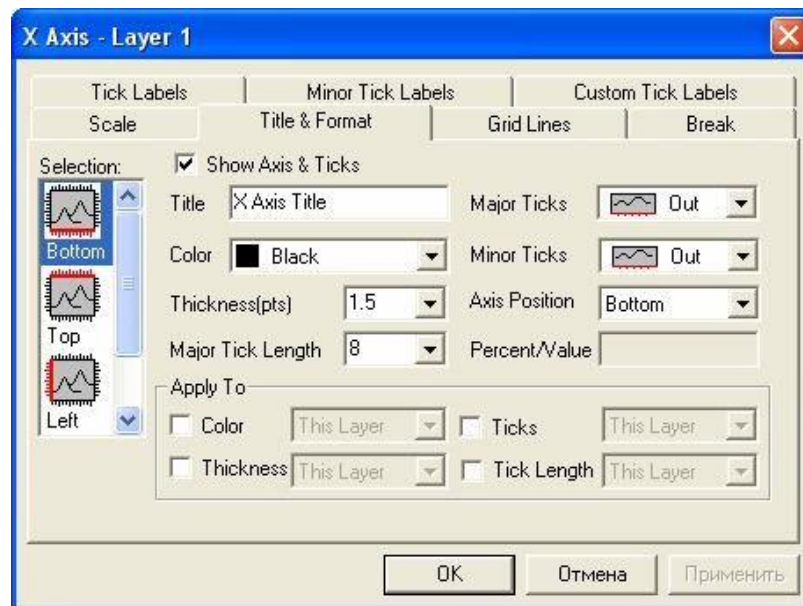


Рис. 16. Вкладка Title & Format

Вкладка Title & Format (Назва і Формат) призначена для включення / вимикання відображення осей на графіку. Для відображення відповідної осі слід встановити галочку Show Axis & Ticks в лівому верхньому кутку вкладки (див. Рис. 16), попередньо обравши потрібну вісь в меню Selection. За замовчуванням відображаються тільки нижня і ліва осі на графіку. Після установки галочки стають доступними інші інструменти: підпис заголовка осі; напрямок і розмір поділів; схема кольорів.

Особливо слід звернути увагу на нижню частину вкладки Apply To (Застосувати К): обрану схему відображення елементів графіка можна поширити на окремих шар на даному графіку, на всі шари або на всі графіки, відкриті в даному проекті. Це дозволяє оформити всі графіки, які можуть знадобитися при написанні статті, в одному стилі, не витрачаючи зайвий час на оформлення кожного графіка окремо.

Наступна вкладка - Grid Lines - дозволяє додати на графік лінії сітки (див. Рис. 17). При цьому розмір ліній сітки, їх тип, кольорова схема - також можуть бути обрані за бажанням користувача. На цій вкладці також присутній команда Apply To (Застосувати К): для полегшення оформлення графіків. Можна включити на графіку і додаткові лінії, наприклад, лінії $X = 0$ і $Y = 0$, якщо в цьому є необхідність.

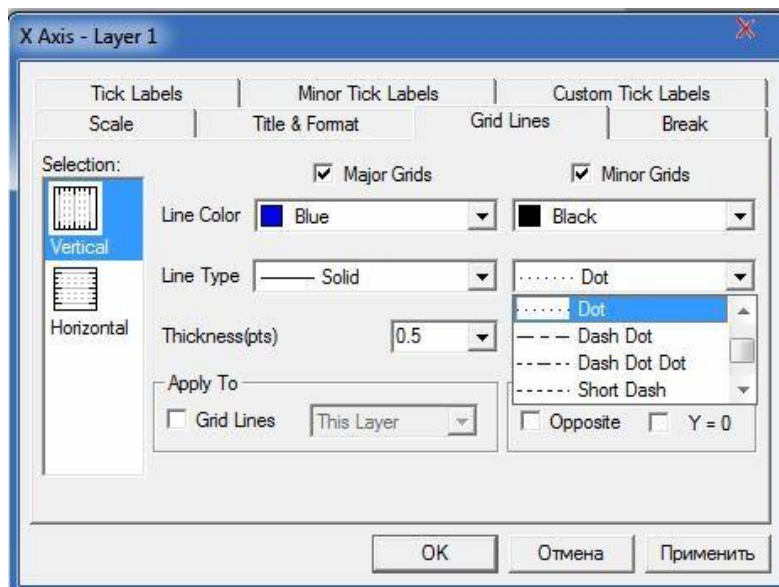


Рис. 17. Вкладка Grid Lines

Вкладка Break дозволяє включити режим відображення розриву (ставиться галочка в лівому верхньому кутку вкладки). Після цього всі елементи вкладки стають активними, і можна вказати діапазон розриву і деякі параметри відображення даних.

Використання цієї опції доцільне, якщо для кращого відображення даних на графіку є необхідність виключити деякий діапазон даних, не видаляючи їх зовсім.

Три останні вкладки відносяться до оформлення підписів до розподілів шкали. Підписи можна включити для будь-якої з чотирьох осей графіка (вкладка Tick Labels на рис. 18), можна змінити їх розмір, шрифт, кут повороту підписів. З іншого списку опцій слід згадати можливість використання елементів Prefix і Suffix. Число або символ, додані в даних полях, будуть відображатися, відповідно, перед і після підписів до розподілам.

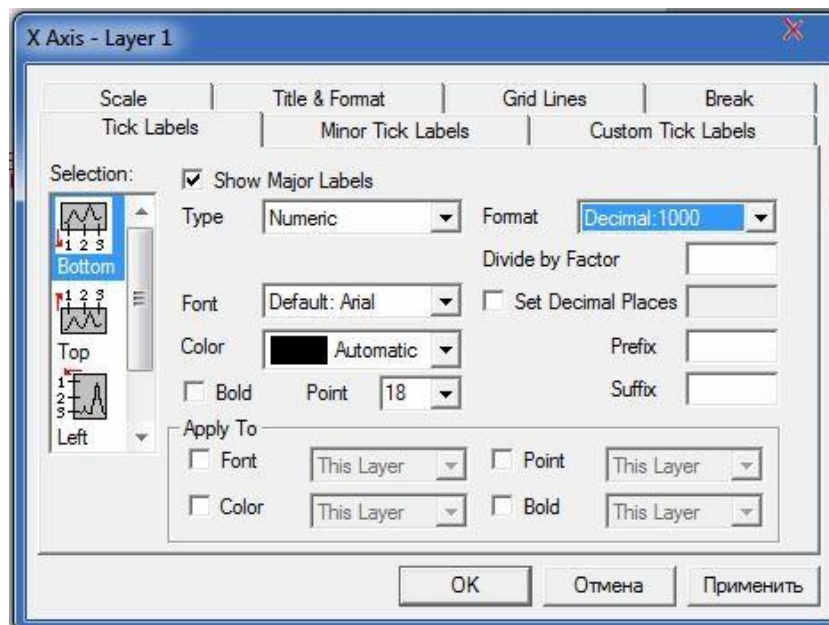


Рис. 18. Вкладка Tick Labels

7. Розташування графіків

У програмному продукті Origin передбачена можливість відображення кількох графіків на одному аркуші. Для цього можна використовувати інструменти, що дозволяють розташовувати графіки в різних місцях сторінки, використовувати різні шари для відображення даних, робити виноски.

Найпростіший спосіб розміщення декількох графіків на одному малюнку полягає у використанні опції Merge all Graph Windows в пункті меню Edit (див. Рис. 19) або вибір піктограми в рядку меню.

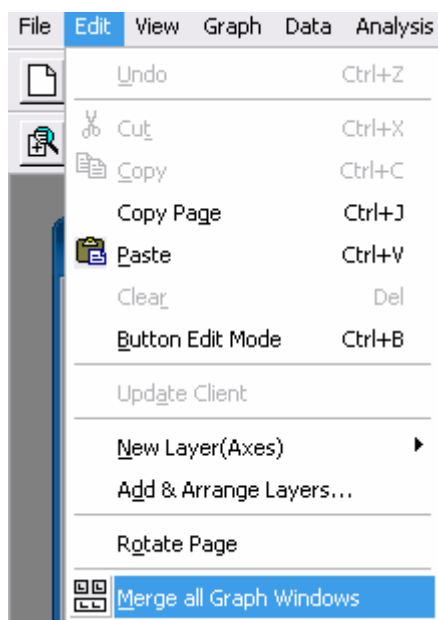


Рис. 19. Опція Merge all Graph Windows

Ця команда буде застосована до всіх графіків даного проекту, які не перебувають в згорнутому (Minimize) стані. При цьому користувачу буде поставлено питання - чи слід зберегти вихідні графіки. Так як процедура, взагалі кажучи, є незворотною, рекомендується вихідні графіки зберігати.

При використанні процедури "склеювання графіків" з'явиться діалогове вікно, в якому можна вказати, як саме потрібно розташувати графіки на аркуші. Кількість колонок і рядків можна вказати вручну. Якщо числа графіків на заповнення всіх "осередків" не вистачить, Origin залишить ці області порожніми, зобразивши тільки координатні осі. Після вказівки кількості колонок і рядків з'явиться діалогове меню, в якому можна вказати розміри відступів від краю сторінки для відображення графіків і величини відступів між самими графіками (див. Рис. 20).

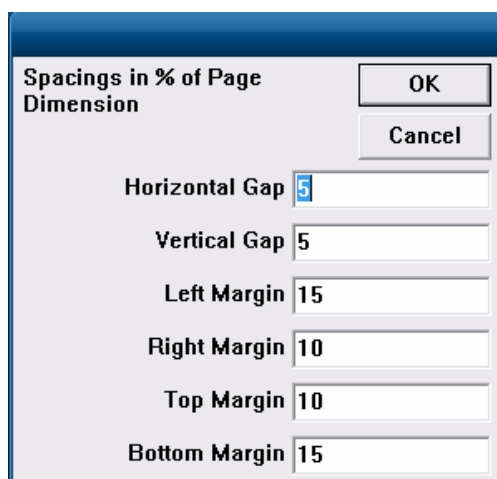


Рис. 20. Задання параметрів розташування графіків

Результат "склеювання" на прикладі двох графіків представлений на Рис. 21. З кожним з графіків як і раніше можна працювати окремо: змінювати стиль оформлення, робити підписи, прибирати і додавати дані і т.п.

Кожен з графіків на об'єднаному аркуші розташовується в своєму шарі (Layer). Доступ до налаштувань відображення відповідного шару здійснюється подвійним кліком на номері шару в лівому верхньому куті аркуша (див. рис. 21) або вибором пункту Properties в контекстному меню, що з'являється після натискання правої кнопки миші в області графіка. Тут можна змінити розміри шару і деякі параметри його відображення, якщо в цьому є необхідність.

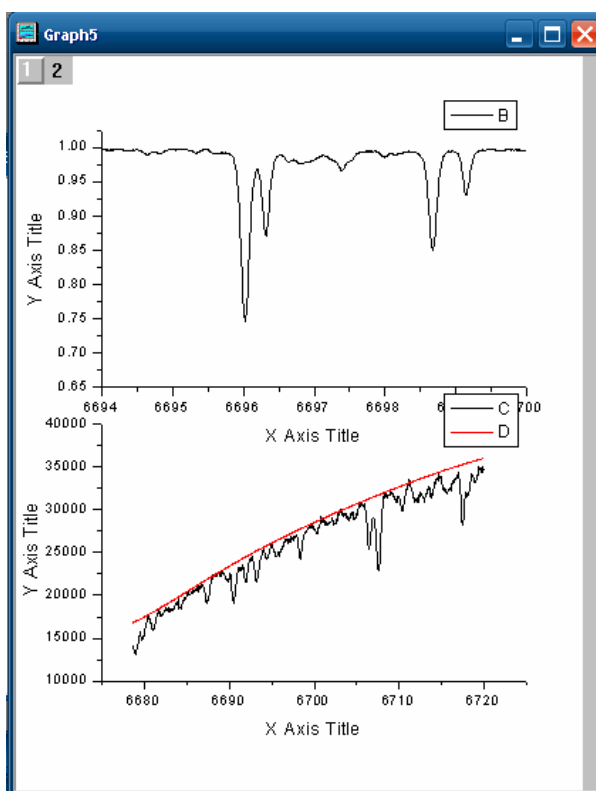


Рис. 21. Результат об'єднання двох графіків

При виборі пункту Plot Associations (наприклад, за допомогою подвійного кліка на номері відповідного рівня) користувач отримує можливість додати дані на обраний графік. Тобто з шаром можна проводити ту ж роботу, що і з окремими графіками.

Процедура "склеювання" графіків може бути корисна при відображенні декількох однотипних графіків на одному малюнку при підготовці, наприклад, наукової статті.

Малюнок, що має кілька шарів, можна розділити і на окремі графіки, і на окремі шари. Для цього використовуються відповідні піктограми. Слід зазначити, що вихідний малюнок при цьому не зберігається.

При поділі на окремі графіки кожен з графіків буде відображений на окремому аркуші, але при цьому він буде мати те ж розташування на аркуші і ті ж розміри, які він мав на вихідному малюнку. При необхідності зміни розмірів графіка, його положення на аркуші це також можна зробити, перейшовши до налаштувань відображення відповідного шару в лівому верхньому куті аркуша (див. Рис. 21) або вибором пункту Properties в контекстному меню.

При поділі на окремі шари кожен з шарів буде відображений на тому ж самому малюнку. При цьому користувачеві буде запропоновано вибрати кількість рядків і стовпців при відображенні шарів.

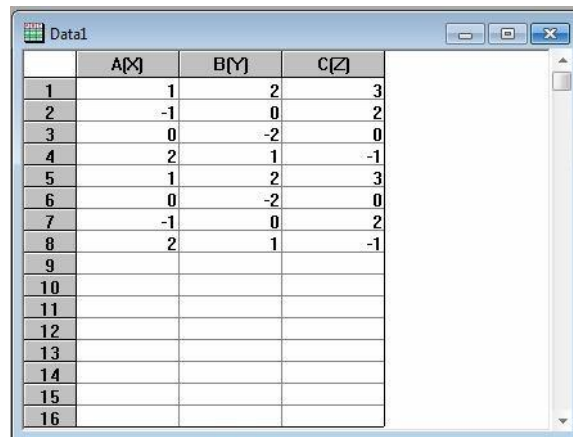
8. Побудова найпростіших 3D-графіків

Крім побудови графіків і залежностей між двома параметрами в програмному пакеті Origin передбачена можливість побудови зображення тривимірних об'єктів.

Як приклад наведемо побудову зображення піраміди, заданої координатами своїх вершин: A1, A2, A3, A4.

Для задання координат вершин потрібно три колонки в новому вікні даних (Worksheet), причому одна з колонок повинна мати мітку (Z). Для відображення тільки вершин піраміди досить буде лише 4 рядків в таблиці, а для промальовування ребер піраміди доведеться продублювати координати вершин в зміненому порядку: A1, A3, A2, A4 (див. Рис. 22). При побудові піраміди з промальовуванням ребер спочатку потрібно виділити колонку з

міткою Z, а потім вибрати на вкладці Plot команду 3D XYZ -> 3D Trajectory (див. Рис. 23)



	A[X]	B[Y]	C[Z]
1	1	2	3
2	-1	0	2
3	0	-2	0
4	2	1	-1
5	1	2	3
6	0	-2	0
7	-1	0	2
8	2	1	-1
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Рис. 22. Приклад вихідних даних для побудови 3D-об'єкта

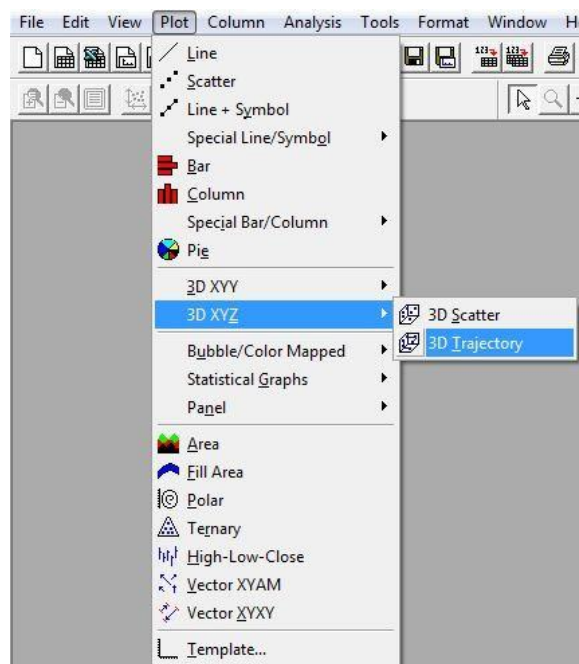


Рис. 23. Вибір виду графіка.

В результаті отримаємо зображення об'єкта (див. Рис. 24).

З побудованим малюнком можна виконати всі ті ж дії з оформлення: зміна розмірів шкали по кожній із осей, зміна заголовків осей, відображення сітки і т.п., як це робилося при побудові звичайного графіка.

Також слід зазначити, що після побудови 3D-об'єкта з'являється додаткова панель інструментів (за замовчуванням вона буде знаходитися зверху, під основними панелями інструментів - см. Рис. 24), що дозволяє повертати, нахилити, збільшувати або зменшувати дане зображення.

Використання такого інструменту дозволяє розглянути об'єкт в різних проекціях, що дозволяє отримати краще уявлення про об'єкт (крім піраміди можна побудувати і складніші об'єкти, для яких така опція буде вельми корисною).

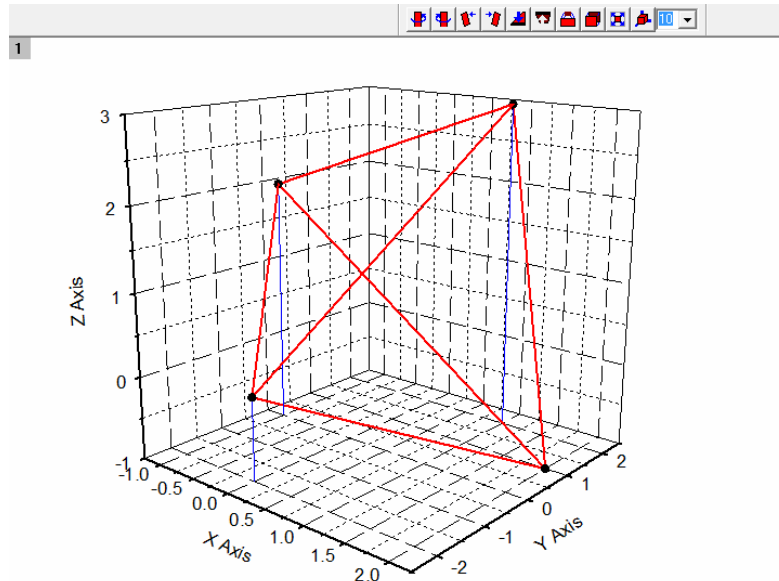


Рис. 24. Приклад побудови піраміди з промальовуванням ребер

Також в програмному продукті Origin передбачена можливість побудови 3D поверхонь. На жаль, поверхню не можна задати аналітичною функцією виду $z = f(x, y)$, як це можна зробити при побудові плоскою функції, вираженої в явному вигляді: $y = f(x)$, а потрібне використання окремого інструменту - Matrix.

9. Побудова графіків функцій

У програмному пакеті Origin є корисний інструмент, що дозволяє робити побудову графіків функцій, заданих в явному вигляді: $y = f(x)$. Даний інструмент дозволяє чітко уявити поведінку функції в окремих точках або областях, швидко отримати значення функції в потрібній точці, порівняти, наскільки добре отримані результати відповідають тій чи іншій теоретичної апроксимації і т.п.

Для запуску інструменту побудови функції можна скористатися піктограмою (New Function), або запустити цей інструмент за допомогою ланцюжка команд основного меню програми: File -> New -> Function.

Діалогове вікно Plot Details, необхідне для завдання функції має вигляд, зображений на малюнку 25.

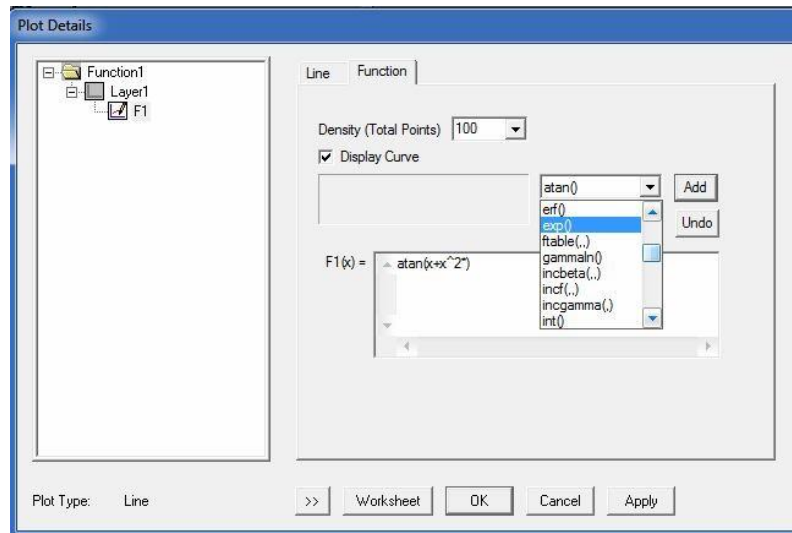


Рис. 25. Діалогове вікно побудови графіка функції

Принцип завдання функції такої ж, як і при використанні опції Set Column Values, яка була описана в розділі 3. Тобто також можна вибирати необхідну математичну функцію з числа "вбудованих", можна задавати складну функцію (вкладення однієї функції в іншу) і т.д. Відмінністю від уже згаданої опції Set Column Values, яка використовується при роботі з числовими даними в колонках відповідної таблиці (до побудови графіка), буде те, що в якості аргументу функції використовується змінна x (обов'язково латинська буква!), а не конкретні числові дані. Слід зазначити, що при помилці у введеній формулі (пропущений знак операції множення "*", некоректна розстановка дужок, неправильне завдання функції, використання російських букв в якості аргументу) результатом буде поява "порожнього" графіка. При наявності "легенди" (зазвичай у правому верхньому кутку графіка) можна заново увійти в режим Plot Details і зробити необхідні виправлення (див. Рис. 26).

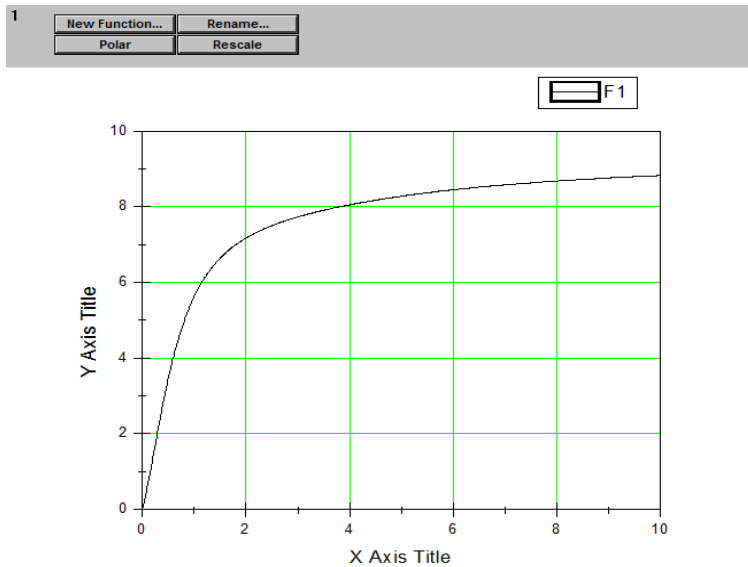


Рис. 26. Приклад побудови графіка функції

При побудові графіка можна вказати, по якій кількості точок буде будуватися графік функції (випадає вкладка *Density* у верхній частині діалогового вікна). Кількість точок (щільність точок) можна задати вибором одного зі стандартних значень (від 5 до 1000), але можна і задати вручну, в тому числі і числом, більше ніж 1000. Слід зазначити, що підвищення щільності точок доцільно при побудові графіків функцій, що мають точки розриву (не на всій числовій осі). При цьому область поблизу точки розриву або межі області визначення функції виявляється більш чітко вираженою. Однак невідповідне збільшення параметра *Density* може привести до деяких затримок при промальовуванні графіка функції, особливо при складному вигляді функції.

При побудові графіка функції *Origin* за замовчуванням задає межі розмірів шкал уздовж осей x і y від 0 до 10. Тому графік функції, навіть якщо формула задана правильно, може і не відобразитися на малюнку. Таке відбувається, наприклад, коли графік функції лежить не в першій чверті, або діапазон значень функції лежить поза межами інтервалу від 0 до 10 як по x , так і по y .

В цьому випадку слід вручну задати необхідний діапазон значень для кожної шкали, як це описувалося в розділі 6. З графіком функції можна

проробляти ті ж перетворення, як і зі звичайним графіком - перетворювати, створювати написи, змінювати діапазони значень, склеювати і т.п.

При необхідності на одному і тому ж графіку можна відобразити відразу кілька функцій. Для цього потрібно використовувати опцію New Function, вибираючи її безпосередньо на вже побудованому графіку. Origin автоматично нумерує всі побудовані функції, і при необхідності за допомогою інструменту Plot Details (див. Рис. 27) можна повернутися до необхідної функції і внести необхідні виправлення або перетворення.

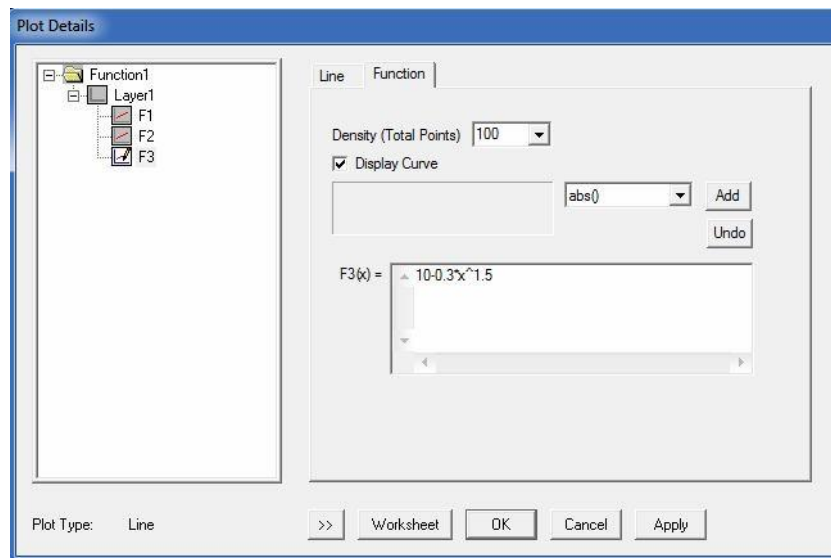


Рис. 27. Діалогове вікно Plot Details для декількох функцій.

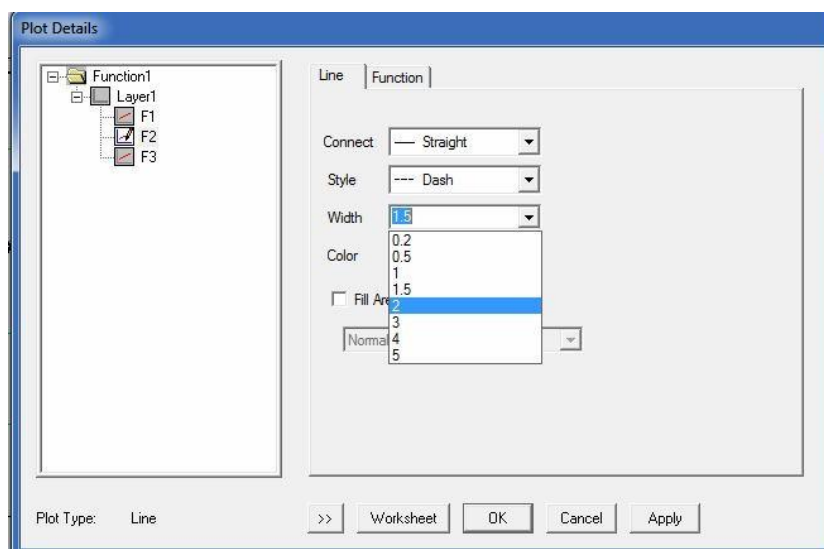


Рис. 28. Зміна стилю і товщини лінії графіка функції.

При активації вкладки Line у верхній частині діалогового вікна Plot Details (див. Рис. 28) можна змінити товщину, тип і стиль лінії графіка відповідної функції. Для кращого відображення можна змінити і колірну схему для однієї або декількох функцій, як це показано на рис. 29.

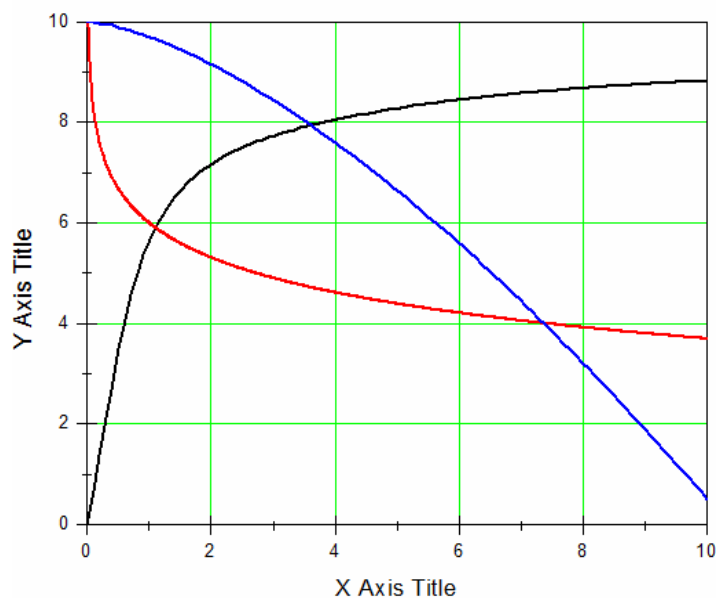


Рис. 29. Відображення декількох функцій на одному графіку.

Графік функції можна побудувати як на окремому малюнку, так і додати в якості лінії порівняння до вже наявних точок на готовому графіку. Для цього використовується команда Add Function Graph в пункті Graph основного меню.

У вікні Plot Details, крім параметрів відображення даних буде присутнє і діалогове вікно для задання необхідної формули, яка описує потрібну функцію.

Результат додавання графіка функції $y = -0.5x$ до вже побудованими даними представлений на рис. 30.

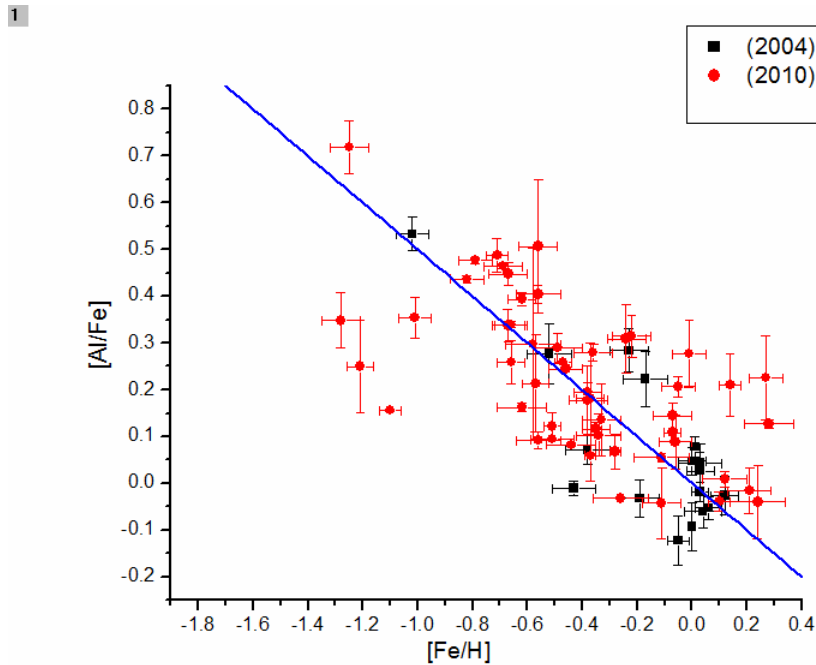


Рис. 30. Результат додавання графіка функції.

З даними, представленими на малюнку, з графіком функції можна працювати окремо, перетворюючи у міру потреби. Але так як всі ці дані належать одному малюнку, то всі зміни діапазону шкал уздовж координатних осей, включення і виключення розривів та інші операції, описані в главі 6, будуть впливати на відображення всіх елементів малюнка - і на точкові дані, і на лінію графіка функції.

10. Пошук найпростіших залежностей

При аналізі отриманих результатів часто виникає необхідність пошуку залежностей між даними або апроксимація даних тієї чи іншої теоретичної кривої. У програмному пакеті Origin для проведення такого аналізу даних використовується окремий пункт меню Analysis (див. Рис. 31) з великим набором інструментів.

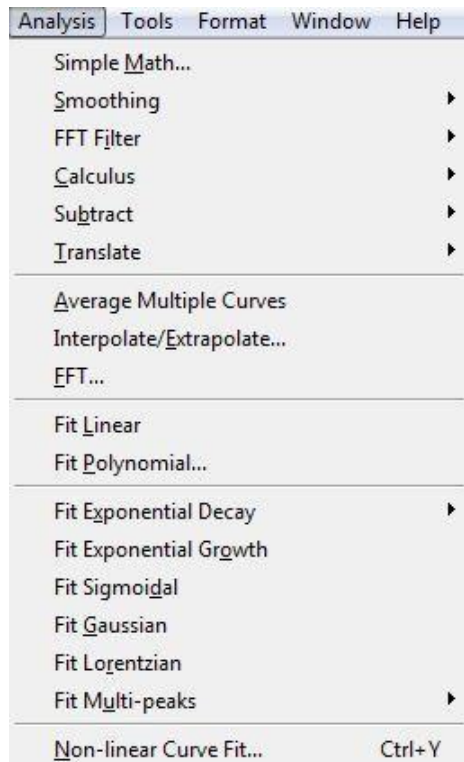


Рис. 31. Пункт меню Analysis.

Розглянемо тільки пошук і проведення найбільш простих математичних залежностей - лінійної і степінної.

Пошук лінійної залежності між даними не представляє особливої складності. Для цього викликається процедура Fit Linear в випадку вкладці меню Analysis. В результаті використання цієї процедури на графіку з даними з'являється пряма лінія, а також активується вікно подання результатів математичної обробки Result Log (див. Рис. 32).

Origin проводить обробку даних використовуючи метод найменших квадратів, тому у вікні Result Log крім власне параметрів A і B, що характеризують знайдену лінійну залежність ($Y = A + B * X$) і їх помилок (Error) представлена і додаткова інформація: наприклад, коефіцієнт кореляції (r) і середньоквадратичне відхилення (SD), що дозволяє судити про коректність отриманого результату.

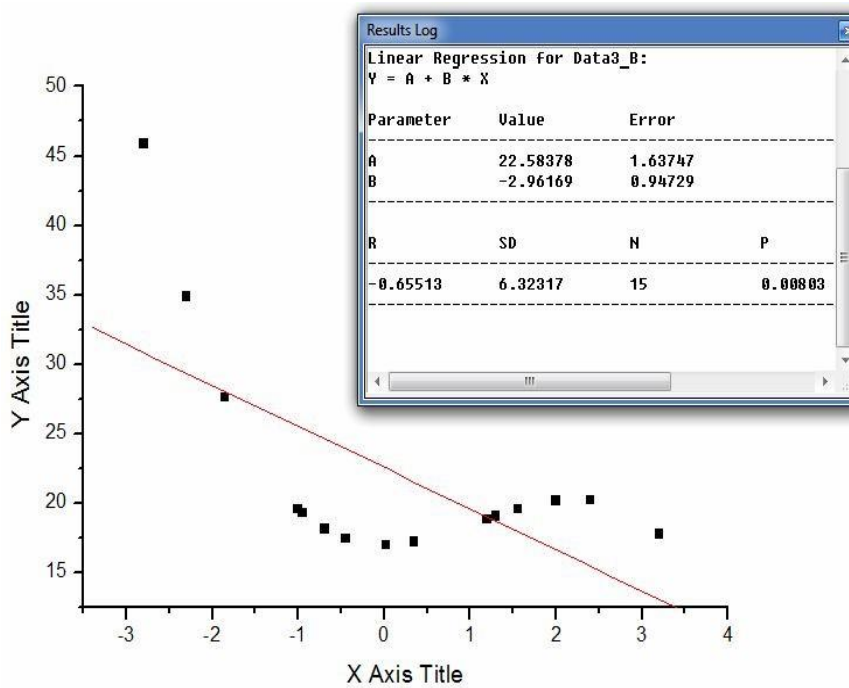


Рис. 32. Результат пошуку лінійної залежності.

Особливо слід звернути увагу на те, що Origin виконає пошук заданої користувачем залежності та побудує відповідну лінію на графіку незалежно від того, чи є така залежність чи ні. На рис. 32. наведено приклад такої побудови: хоча очевидно, що ніякої лінійної залежності між представленими даними бути не може, Origin виконає запитану команду і проведе необхідні обчислення. Тому слід уважно контролювати результати апроксимацій і обчислень у вікні Result Log. Зокрема для розглянутого прикладу величина середньоквадратичного відхилення ($SD = 6.32317$) однозначно свідчить про неправомочність проведення лінійної залежності для даного випадку.

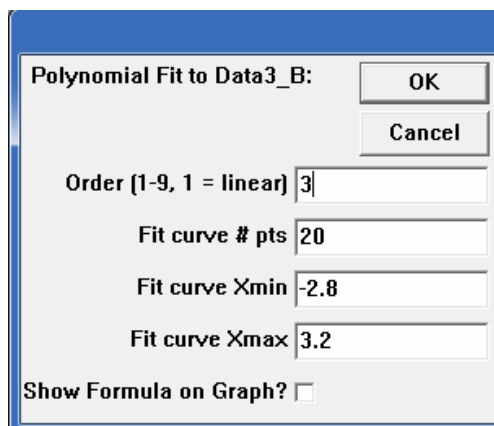
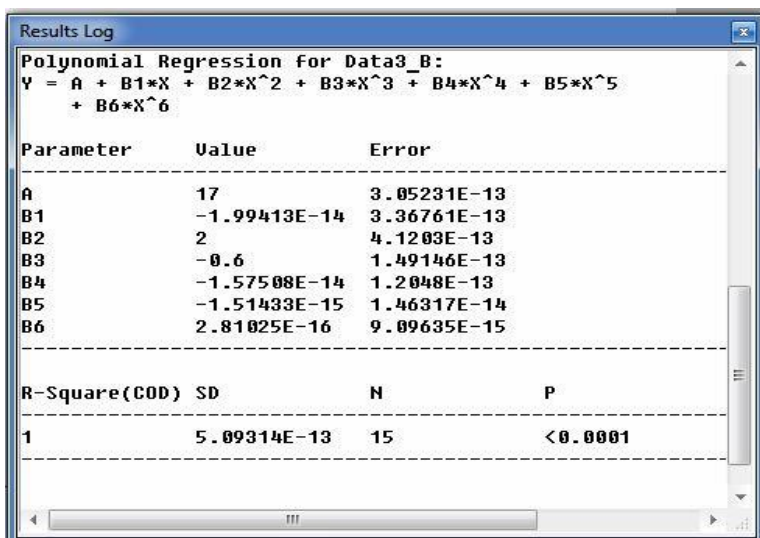


Рис. 33. Діалогове вікно пошуку поліноміальної залежності.

У деяких випадках залежність може мати вигляд полінома (степенної функції). Для пошуку таких залежностей використовується процедура Fit Polynomial в випадаючій вкладці меню Analysis. При запуску цієї процедури з'являється додаткове діалогове вікно (див. Рис. 33), в якому вибирається ступінь полінома, параметри Xmin і Xmax, що обмежують область, в межах якої буде здійснюватися пошук залежності. Установкою галочки Show Formula on Graph можна вивести результат проведення залежно у вигляді формули безпосередньо на графік (аналогічно створенню напису на графіку).

При пошуку залежності можна вказати свідомо високу ступінь полінома. У цьому випадку деякі знайдені параметри поліноміальної залежності у вікні Result Log матимуть малі величини (див. Рис. 34). В цьому випадку при остаточному аналізі отриманої залежності їх можна відкинути (керуючись, звичайно, здоровим глуздом).



Parameter	Value	Error
A	17	3.05231E-13
B1	-1.99413E-14	3.36761E-13
B2	2	4.1203E-13
B3	-0.6	1.49146E-13
B4	-1.57508E-14	1.2048E-13
B5	-1.51433E-15	1.46317E-14
B6	2.81025E-16	9.09635E-15

R-Square(COD)	SD	N	P
1	5.09314E-13	15	<0.0001

Рис. 34. Результат пошуку поліноміальної залежності.

У розглянутому прикладі знайдені параметри B1, B4, B5, B6 - є дуже малими, в порівнянні з іншими параметрами. Отже, з фізичної точки зору, їх можна відкинути при остаточному аналізі знайденої залежності (див. Рис. 35).

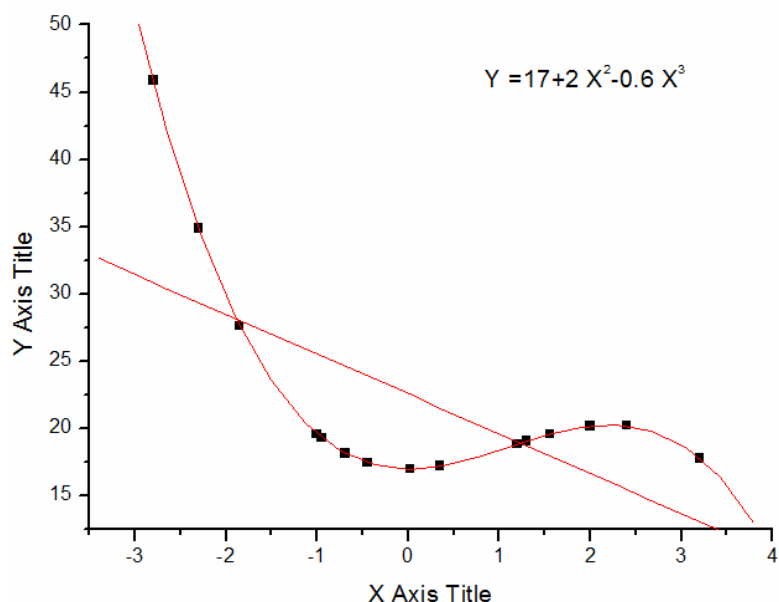


Рис. 35. Підсумковий результат пошуку поліноміальної залежності.

Знайдені залежності наносяться на графік, тому деякі з них (наприклад, помилково знайдені) буває необхідно видалити. Зробити це можна за допомогою інструмента Plot Details, про який докладно розповідалося вище. Виклик цього інструменту здійснюється подвійним кліком лівої кнопки миші на відповідній лінії. Для видалення непотрібних даних слід натиснути клавішу Del на клавіатурі і підтвердити виконання цієї дії.

Висновок

Розглянуті основні елементи роботи з програмним пакетом Origin, призначеним для математичної обробки та графічного представлення даних.

Використання цього програмного продукту істотно полегшує роботу з підготовки статей, доповідей, дозволяючи наочно відображати результати виконаної роботи. Тому пакет Origin часто використовується в науковому середовищі при підготовці до публікацій, виступів і т.п.

Розглянуто найбільш значущі моменти роботи з програмним продуктом Origin, починаючи від введення і імпорту даних і побудови найпростіших графіків, і закінчуючи процедурами пошуку найпростіших залежностей.

Література

1. <http://www.originlab.com/> - сайт компанії-розробника.
2. <http://www.originlab.ru/> – Суранов А.Я. "Origin 8". Электронное пособие.
3. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. Учебно-методическое пособие. – Астрахань, Издательство ОГОУ ДПО «АИПКП», 2007. – 68 с.
4. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета ORIGIN. Москва, Издательство "Либроком", 2009, 138с.
5. Богданов А.А. Визуализация данных в Microcal Origin. – М.: «Альтекс-А», 2003. – 112 с.
6. <http://physics.herzen.spb.ru/library/03/02/originlab/index.html>– Павлов А., Тюканов А.С. Математический пакет Origin: Методическое пособие.
7. Поликарпов В.М., Ушаков И.В., Головин Ю.М. Современные методы компьютерной обработки экспериментальных данных. Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006.
– 84 с