

УДК 681.5

В.Д. Рудь, О.О. Смолянкін, А.В. Фляк
Луцький національний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ СКЛАДНИХ ТРАЄКТОРІЯХ НАВАНТАЖЕННЯ

В статті приведено опис та моделювання вимірювального комплексу для дослідження механічних і фізичних властивостей порошкових матеріалів.

Ключові слова: програмно-апаратний комплекс, тензорезистори, нечітка логіка, тарування.

У механіці матеріалів важливу роль відіграє проблема постановки та здійснення коректних експериментальних досліджень. Роль експерименту зростає тим більше, чим він більше наближається до реальної ситуації.

Для системного аналізу експериментальних даних необхідно вдосконалити методику випробування стисливих середовищ. Досягнення поставленої мети можливе за наявності сучасного обладнання та достовірних методик експериментальних досліджень, які дозволяють отримати надійні результати при різних схемах навантаження та деформування і враховувати вплив інших факторів (температура, швидкість деформування та ін.).

Аналіз експериментальних досліджень стосовно металевих порошків та пористих матеріалів показує, що умовно можна виділити два напрями. Перший спрямований на розв'язання питань, які пов'язані зі впливом пористості на фізико-механічні властивості матеріалів. Другий напрямок досліджень основну увагу приділяє питанням формоутворення та консолідації порошкових та пористих матеріалів. При цьому досліджується залежність фізико-механічних та структурних параметрів від таких технологічних параметрів, як гранулометричний склад шихти, метод формування, ступінь легування та низки інших факторів.

Установки для проведення експериментальних досліджень при високих тисках за ознакою дії силового параметру поділяються на три групи:

1. Установки зі змінним робочим тиском;
2. Установки з незалежним регулюванням двох силових параметрів – тиску робочого середовища q та осьової сили P , або тиску робочого середовища q та крутного моменту $M_{кр}$.
3. Установки з незалежним регулюванням трьох силових параметрів – тиску робочого середовища q , осьової сили P , крутного моменту $M_{кр}$.

З метою подальшого проведення експериментальних досліджень був розроблений програмно-апаратний комплекс на базі розривної машини ІР 5047-50.

Розривна машина ІР 5047-50 може забезпечити проведення фізико-механічних дослідів на розтяг, стиск, кручення.

Загальна схема комплексу розривної машини включає три модулі: модуль складного тривісного навантаження, модуль реєстрації та управління, модуль обробки та аналізу результатів випробувань.

З метою автоматизації процесу експериментального дослідження, на установці ІР 5047-50 проведено модернізацію модулів, яка дає змогу значно спростити отримання дослідних даних. Крім того, значно зменшились витрати часу на проведення експерименту та похибки вимірювання.

Модуль складного тривісного навантаження являє собою конструкторську частину установки. До його складу було введено редуктор з двигуном для проведення випробувань на кручення. Момент, що забезпечує досліджуваний зразок реєструється тензорезисторами і для контролю – зразковим динамометром. Осьове зусилля при розтягу-стиску створюється за допомогою рухомої траверси. Швидкість її переміщення регулюється блоком управління приводом. Осьове зусилля вимірюється за допомогою спеціальної динамометричної головки.

Блок управління включає в себе встановлений комплекс, що складається з двох частотних перетворювачів МFC 710, які дають змогу реалізувати зміну параметрів роботи двигунів (кількість

обертів, напрям обертання тощо) в одночасному режимі. Частотні перетворювачі оснащені виходами для підключення до модуля обробки результатів дослідження.

Модуль реєстрації і управління призначений для проведення багатоканальних вимірювань вихідних сигналів. Він складається з тензорезисторів, підсилювачів вихідного сигналу (рис.1) та аналогово-цифрового перетворювача (АЦП Е14-440) для представлення результатів вимірювання в цифровому вигляді.

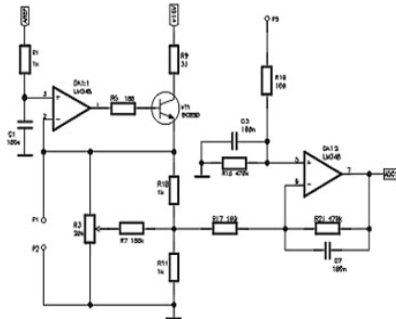


Рис. 1. Принципова схема підсилювачів вихідного сигналу з тензодатчиків

Інформацію з тензодатчиків потрапляє на АЦП, де пройшовши обробку в цифрову форму, надходить до модуля обробки та аналізу результатів вимірювання, який був створений саме з метою роботи системи в автоматичному режимі. Даний модуль являє собою блок ЕОМ та відповідне програмне забезпечення. Робота частотних перетворювачів керується програмно з ПК. Модуль також дає можливість задання складних траєкторій навантаження.

Для зняття силових і деформаційних характеристик були проградуйовані пристрої вимірювання. Тарування автоматизованого комплексу для дослідження властивостей пористих матеріалів при складному навантаженні проводять по шести каналах, підключених напівмостовою схемою:

силові датчики

- канал вимірювання осьового зусилля;
- канал вимірювання крутного моменту;
- канал вимірювання тиску масла;

деформаційні датчики

- канал вимірювання осьових переміщень по базі;
- канал вимірювання зовнішніх радіальних переміщень;
- канал вимірювання тангенціальних переміщень.

Необхідність тарування виходить з того, в контролері та в пам'яті ЕОМ результат відображається в вольтах, а для проведення розрахунків і аналізу результатів досліджень нам необхідно знати дійсні значення вимірювальних параметрів. Тарувальний графік отримували таким чином. Брали два тарувальних графіки, один з яких отриманий при збільшенні вимірювальних параметрів від 0 до максимальної величини з певним кроком, інший - при зменшенні цих параметрів від максимальної величини до 0 з тим же кроком і знаходили середній графік. Цей графік апроксимували методом найменших квадратів і отримували кінцевий тарувальний графік, що виражається функцією

$$Y = f(X)$$

де X – вимірювальна величина в В;

Y – відповідна дійсна величина вимірювальних параметрів у відповідних одиницях.

Тарування каналу вимірювання осьових зусиль

Для проведення тарування динамометрична головка під'єднується до відповідного каналу блоку підсилення та обробки. За допомогою приводу розривної машини прикладаємо на динамометричну головку зусилля від 0 до 3000 кг і від 3000 до 0 кг з інтервалом 200 кг. Покази, що відповідають зусиллю на динамометричній головці реєструються в пам'яті ЕОМ. По

отриманих результатах по вищевказаній методиці будемо тарувальний графік динамометричної головки (Рис. 3).

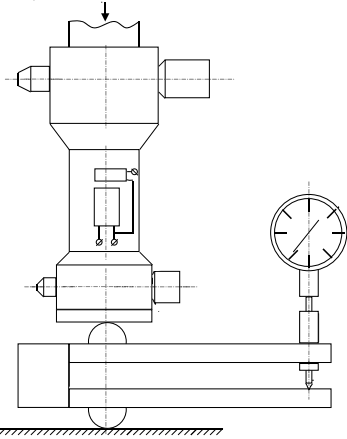


Рис. 2. Схема тарування датчика осьового зусилля

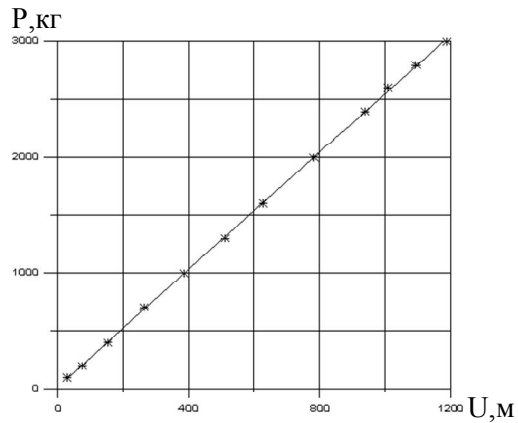


Рис. 3. Тарувальний графік динамометричної головки осьового зусилля.

Тарування каналу вимірювання крутного моменту

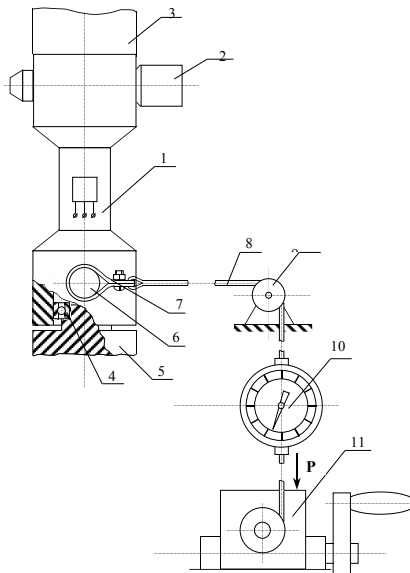


Рис. 4. Схема тарування датчику моменту

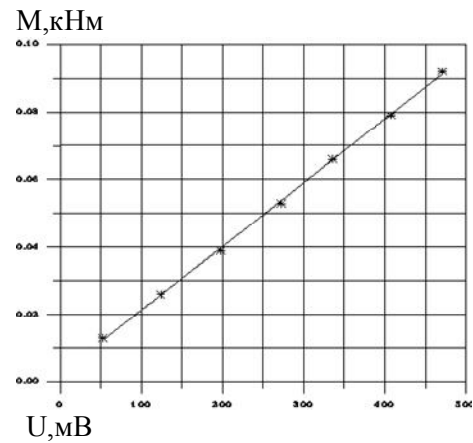


Рис. 5. Тарувальний графік динамометричної головки крутного моменту

Тарування каналу вимірювання тиску масла

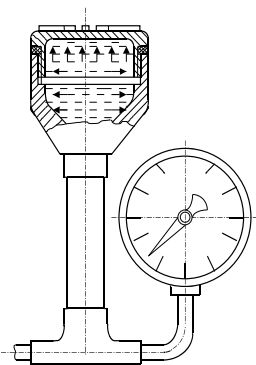


Рис. 6. Схема тарування датчику тиску

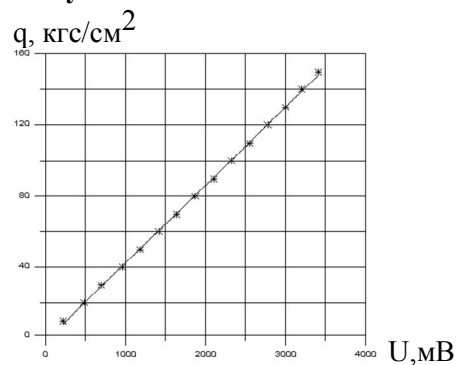


Рис. 7. Тарувальний графік датчика тиску

Для проведення тарування тензодатчики датчика тиску масла приєднуються до вимірювального комплексу, а трубопровід до масляного насосу і до заводського манометра (Рис.

б.). За допомогою насоса масло подається в трубопровід, створює тиск в датчику тиску масла і деформує мембрану з тензодатчиками. Тиск фіксується на манометрі і одночасно фіксуються покази з вимірювального комплексу в пам'яті ЕОМ. Масляний тиск регулюється клапаном від 0 до 150 кг/см^2 з кроком 10 кг/см^2 . По отриманих даних тарування будуємо тарувальний графік датчика тиску масла (Рис. 7).

Тарування каналу вимірювання осевих переміщень по базі, каналу вимірювання зовнішніх радіальних переміщень, каналу вимірювання тангенціальних переміщень.

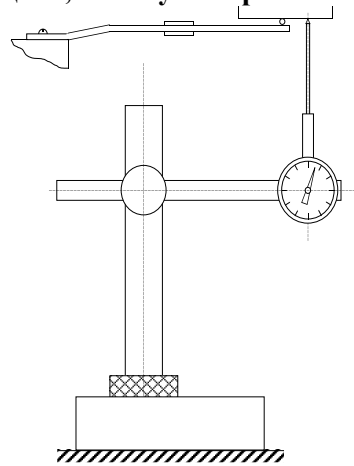


Рис. 8. Схема тарування датчика осевого, радіального та тангенціального зусилля.

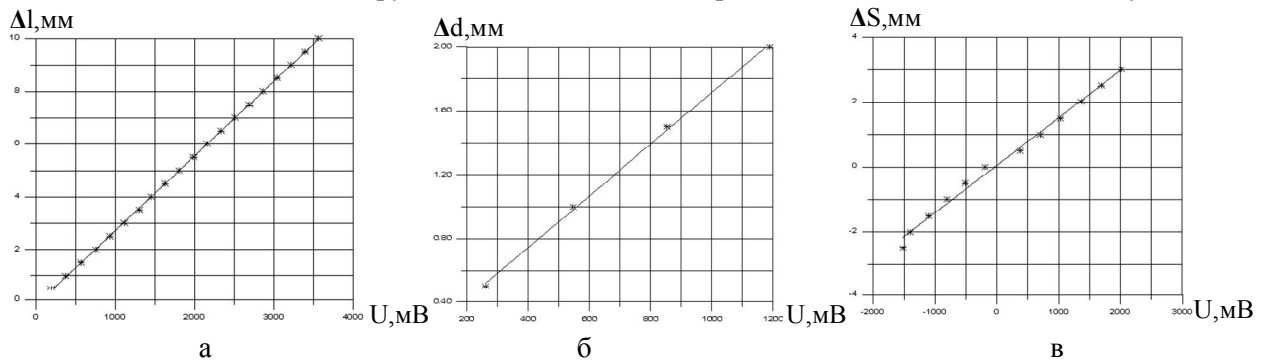


Рис. 9. Тарувальні графіки балочок: а– осевого переміщення, б– радіального переміщення, в– тангенціального переміщення

Для оптимального автоматичного керування по складним траєкторіям навантаження зразків був застосований метод нечіткої логіки.

На рисунках 10 і 13 показано схеми механізмів вводу-виводу процесу впливу тиску і пористості на механічні властивості мідних пористих зразків.

Нечітка модель впливу тиску і пористості на зміну висоти деталей

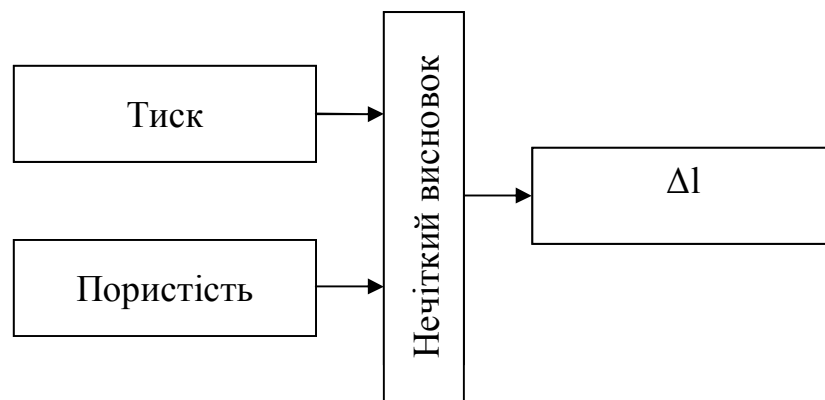


Рис.10. Механізм нечіткого вводу-виводу процесу впливу тиску і пористості на зміну Δl пористих мідних зразків

В якості вхідних лінгвістичних змінних використовуємо терм-множини p і $teta$.

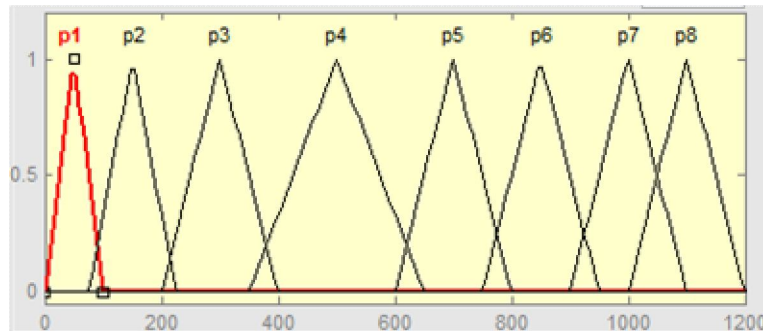
- p для вхідної змінної «Тиск» має вигляд $p = (p1(0-100), p2(75-225), p3(200-400), p4(350-650), p5(600-800), p6(750-950), p7(900-1100), p8(1000-1200))$;

- $teta$ для вхідної змінної «Пористість» має вигляд $teta = (r2(4.64-10.64), r3(9.77-13.77), r4(12-16))$;

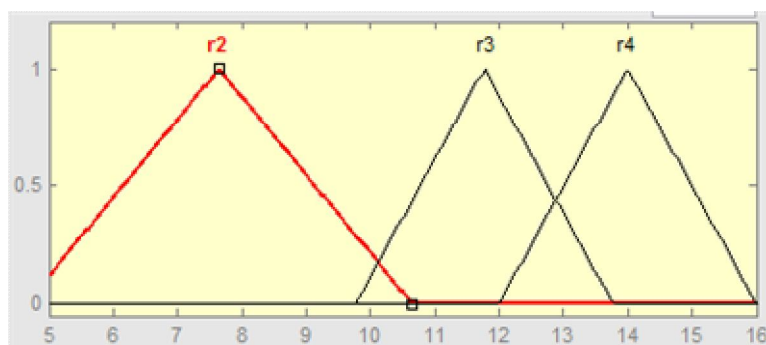
Для вихідної лінгвістичної змінної використовуємо терм-множину l

- l для вихідної змінної « Δl » має вигляд $l = (mf1(-0.05-0.02), mf2(0-0.08), mf3(0.07-0.19), mf4(0.15-0.49), mf5(0.4-0.8), mf5(0.7-1.2))$;

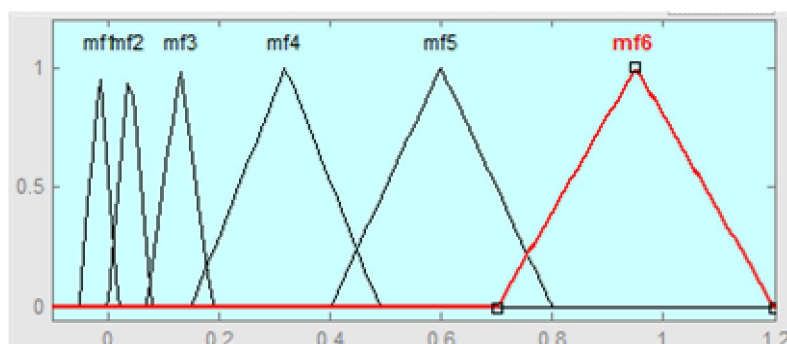
Для фазифікації вхідних і вихідних змінних пропонується трикутна форма функцій приналежності (Рис. 11 а, б, в).



а) вхідна змінна «Тиск»



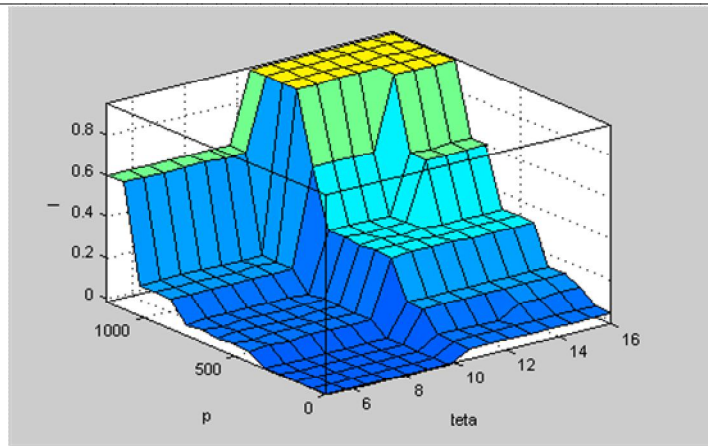
б) вхідна змінна «Пористість»



в) вихідна змінна « Δl »

Рис.11. Функції приналежності

Поверхні нечіткого виводу (рисунки 12 і 15) закладаються в програму керування експериментом. Ця програма використовується для загального аналізу адекватності нечіткої моделі і дозволяє оцінити вплив зміни значення вхідних нечітких змінних на значення вихідної нечіткої змінної.

Рис.12. Поверхня нечіткого виводу залежності Δl від пористості і стиску

Нечітка модель впливу тиску і пористості на зміну діаметру деталей

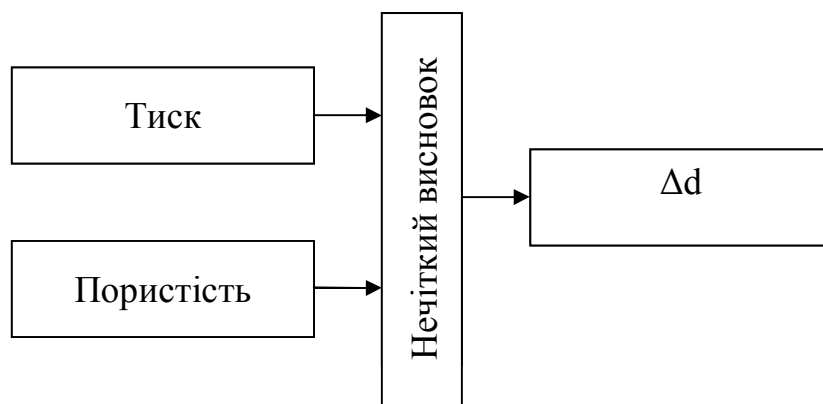


Рис.13. Механізм нечіткого вводу-виводу процесу впливу тиску і пористості на зміну розмірів зразків пористих мідних зразків

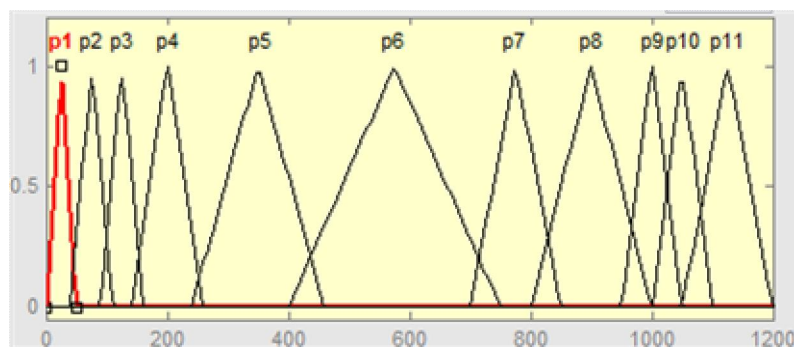
В якості вхідних лінгвістичних змінних використовуємо терм-множини p і $teta$.

- p для вхідної змінної «Тиск» має вигляд $p = (p1(0-50), p2(40-110), p3(90-160), p4(140-260), p5(240-460), p6(400-750), p7(700-850), p8(800-1000), p9(950-1050), p10(1000-1100), p11(1050-1200),)$;

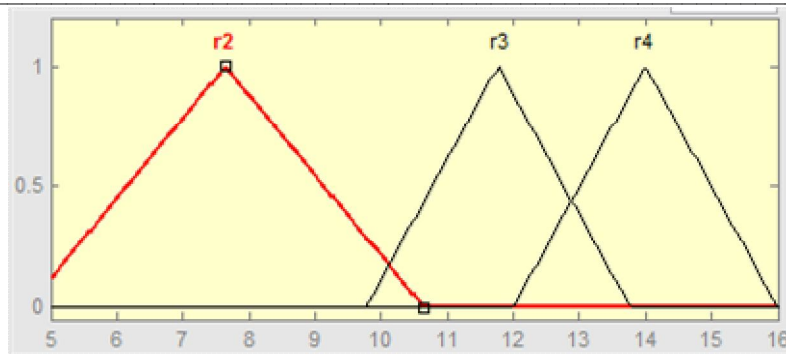
- $teta$ для вхідної змінної «Пористість» має вигляд $teta = (r2(4.64-10.64), r3(9.77-13.77), r4(12-16))$;

Для вихідної лінгвістичної змінної використовуємо терм-множину d

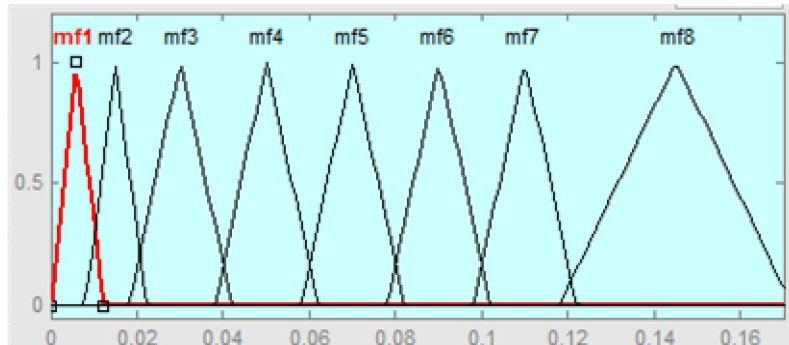
- l для вихідної змінної « Δd » має вигляд $l = (mf1(0-0.012), mf2(0.008-0.022), mf3(0.018-0.042), mf4(0.038-0.062), mf5(0.058-0.082), mf6(0.078-0.102), mf7(0.098-0.122), mf8(0.118-0.172))$;



а) вхідна змінна «Тиск»

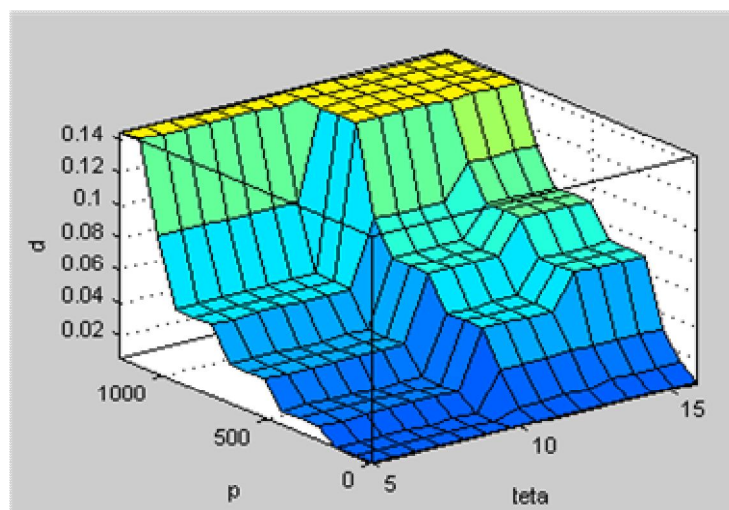


б) вхідна змінна «Пористість»



в) вихідна змінна «Δl»

Рис.14. Функції приналежності

Рис.15. Поверхня нечіткого виводу залежності Δd від пористості і стиску

Для роботи з установкою по дослідженню властивостей пористих матеріалів при складних траєкторіях навантаження було розроблено програмний комплекс, за допомогою якого користувач може задати криву навантаження дослідного зразка, спостерігати за ходом експерименту та переглянути результати по його закінченню.

На рис. 16 зображено вигляд вікна програми після завершення експерименту. Як видно, побудований графік в зовсім незначній мірі відрізняється від заданого. Відмінність спричинена невеликою інерційністю перенастроювання системи, яка викликана особливістю конструкції установки та способом отримання результату. Кінцевий результат вимірювання в одній точці складається з середнього значення із п'яти вимірювань за один такт (проміжок від точки до точки). Це означає що опитування датчиків відбувається у п'ять разів частіше ніж програма дає команду для переходу на іншу точку навантажувальної характеристики.

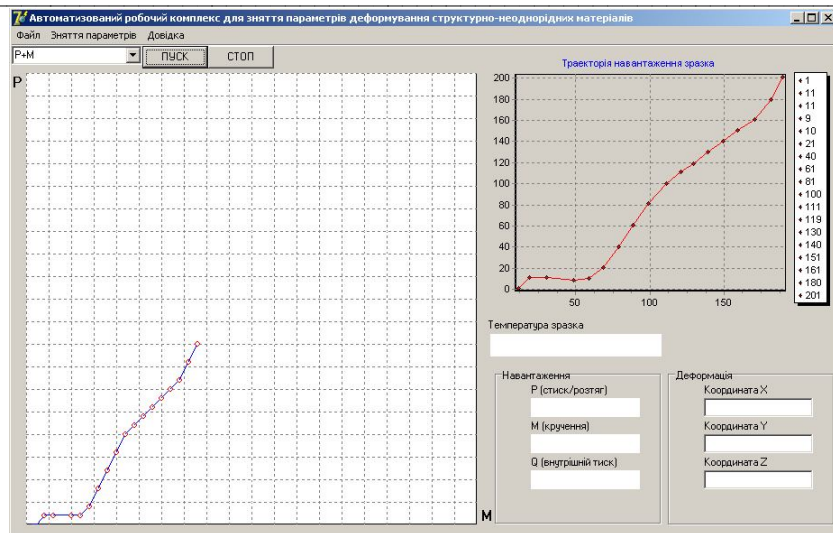


Рис. 16 – Видгляд вікна програми по завершенні експерименту

1. Лебедев А.А., Ковальчук Б.И., Гигиняк Ф.Ф., Ламашевский В.П. Механические свойства конструкционных материалов при сложном состоянии/Справочник-Киев: Наукова думка,1983.-366с.
2. Писеренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состояний.-Киев.: Наукова думка,1976.-415с.
3. Кайбышев О.А., Васин Р.А., Бердин В.К., Кашаев Р.М. Установка для проведения испытаний материалов в условиях сложного нагружения/ Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2000. №4(т.66).с.50-53.
4. Михалев А.И., Новикова Е.Ю. Моделирование нечеткого логического вывода в задачах идентификации // Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління «Нові технології». -Кременчук.-2006.-№2(12).-С.181-183.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.-СПб.: БХВ-Петербург, 2003.-736 с.