інформаційної системи ідентифікації документів, оскільки тільки ця система містить всю необхідну інформацію про порогові значення параметрів захисту, про кількість допустимих порогових значень, що можуть бути заданими у визначеному діапазоні та інформацію про порядок нумерації фрагментів. Для того, щоб показати безпосередню функцію захисту, яка реалізується шляхом використання так закодованих текстів, необхідно розглянути безпосередню взаємодію засобів захисту з атаками на документи, які ініціюються відповідними небезпеками.

Запропонований у роботі алгоритм функціонування системи управління ризиком використання документів дає змогу виявляти атаки на документи на всіх етапах технологічного процесу їхнього використання, а також керувати ризиком використання документів шляхом підвищення або зниження стійкості засобів захисту до атак. Використання запропонованої системи забезпечує оптимальну стійкість документів до атак. Отримані залежності між параметрами елементів захисту і технологічних процесів можна застосовувати для моделювання динаміки системи захисту та керування даними. Таку систему управління ризиком використання документів можна застосовувати як елемент автоматизованої системи управління документообігом.

*1. Копшин А.А. Защита полиграфической продукции от фальсификации. – М.: ООО "Синус", 1999. 2. Давиденко А.М., Головань С.М., Щербак Л.М. Процес оцінки безпеки документообігу: Зб. наук. праць ІПМЕ НАН України. – 2005. – Вип. 31. – С. 30–34. 3. Современные технологии анализа рисков в информационных системах. – М.: Компютерная неделя, 2001. – № 37(307). 4. Андрианов В.В., Зефиров С.Л. Защит информационных технологий. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1997. – 31 с. 5. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. – М.: Наука, 1990. 6. Хенли Э.Дж., Кумамато Х. Надёжность технических систем и оценка риска. – М.: Мир, 1984.*

**УДК 004.8**

**Ю. Нікольський**
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра інформаційних систем та мереж

# ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ АНАЛІЗУ СИТУАЦІЙ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕДУМОВ СПРАЦЮВАННЯ ЗАХИСТІВ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ

*© Нікольський Ю., 2006*

**Запропоновано загальний підхід до моделювання інформаційного об'єкта та принципи побудови системи прийняття рішень у випадку прогнозування спрацювання захистів на електростанціях. Побудовано алгоритми попереднього аналізу потоків інформації з метою конструювання нейромережі для прийняття рішень.**

**The general approach to modeling the information objects and the principles of building the making decision system for forecasting the defense systems making at the power-stations is proposed. The special algorithms of preliminary information flow analysis were built by applying the neural network.**

### Постановка проблеми у загальному вигляді

Мета виконаного дослідження полягає у розробленні математичної моделі прийняття рішень про локалізацію місця виникнення та початкових стадій розвитку ситуацій, що спричиняють спрацювання систем захисту енергоблоків теплових та атомних електростанцій. Результатом цих досліджень є розроблення засобів попередження персоналу про розвиток ситуацій та їхню



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

локалізацію на основі інформації про загальні закономірності початкових етапів розвитку аварійних ситуацій. Пропонується використати пошук прихованих закономірностей у даних як про розвиток ситуацій, які вже призвели до спрацювання захистів, так і у випадку безаварійної роботи енергетичного комплексу.

Результати досліджень свідчать про необхідність поглибленого вивчення та аналізу первинної інформації, яку накопичують в архівах реєстрації аварійних ситуацій – архівах РАС. У таких архівах знаходиться інформація про роботу пристроїв з усіх систем енергетичного підприємства у відносно невеликі проміжки часу, які передують спрацюванню захистів. Специфіка роботи енергетичного комплексу полягає у тому, що захисти можуть спрацьовувати внаслідок виникнення різноманітних ситуацій, які характеризуються складними причинно-наслідковими зв'язками, попередній опис яких неможливий внаслідок значної кількості пристроїв, що можуть брати участь у розвитку таких ситуацій.

Спрацювання захистів є достатньо рідкісним явищем завдяки багатократному резервуванню виробничих систем та розвинутим системам автоматичного керування. У системах керування передбачено різноманітні ситуації, про які на пульт оператору подають попереджувальні сигнали. Такі сигнали видає система у тому випадку, коли розвиток ситуації досяг певного критичного стану. У цьому разі розвиток ситуації, який передує спрацюванню попереджувальної сигналізації, може бути достатньо тривалим, а проміжок від сигналу попереджувальної сигналізації до спрацювання захисту – коротким. Тому задача, яку необхідно розв'язати, полягає в аналізі потоку інформації про функціонування пристроїв та систем. Особливістю пропонованої розробки – системи СПАС – є виявлення ситуацій, які можуть призвести до спрацювання захистів. Під час побудови СПАС враховано такі потенційні особливості її функціонування.

1. СПАС працює в реальному часі та приймає рішення на основі інформації про поточну ситуацію, яка надходить у спеціальний архів – систему реєстрації – за відносно короткий проміжок часу. Тому вважаємо, що інформація про передісторію за тривалий час може не впливати на прийняте рішення.
2. Рішення про початок розвитку ситуації, яка може спричинити спрацювання систем захисту, враховує функціонування енергетичного комплексу загалом. Розбиття його з метою аналізу на підсистеми за функціональним, організаційним або іншими принципами не обґрунтоване, оскільки взаємозв'язки між такими підсистемами є дуже складними та не описані у скінченній формі. Вони мають стохастичний характер грунтуються значною мірою на апріорних міркуваннях, які вимагають адаптації до конкретної ситуації.
3. СПАС є відкритою системою, яка має резерви вдосконалення під час функціонування шляхом накопичення досвіду у разі нових аварійних ситуацій.
4. Встановити факт розвитку аварійної ситуації можна у результаті вивчення попереднього досвіду функціонування системи. Цей досвід покладено в основу побудови алгоритму навчання системи.
5. Оскільки жодний експеримент для встановлення закономірностей функціонування системи неможливий, то інформацію для прийняття рішень отримують в результаті аналізу та узагальнення існуючих даних про ситуації спрацювання захистів або ситуацій безаварійної роботи системи. Таке вивчення спрямоване, насамперед, на розширення кількості типів сигналів, що пройшли оброблення. Це пояснюється тим, що у разі аналізу ситуацій на основі інформації, відібраної за рекомендаціями фахівців з окремих під-систем, спостерігалась втрата даних, які були важливими для аналізу розвитку аварійної ситуації системи загалом.

Основою для створення пропонованої системи є технології штучного інтелекту, а саме, машинне навчання та класифікація із використанням методів нейронних мереж, дерев рішень, асоціативних правил тощо. Передумови саме такого підходу розглянуто автором у працях [1, 2], де проаналізовано основні етапи розроблення системи прогнозування спрацювань захистів, проблеми, які виникають на цьому шляху, та результати впровадження СПАС.



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Для спрощення викладення результатів досліджень та уникнення непорозумінь щодо термінології введемо ще такі скорочення:

СПР – створювана система прийняття рішень у складі СПАС, яку використовуємо для ідентифікації ситуації, що призвела до спрацювання системи захисту;

САС – ситуація, яка може викликати спрацювання захистів;

СК – існуючі на енергоблоці системи автоматичного керування та реєстрації інформації.

Далі обговорюються основні етапи створення СПР та алгоритми у її складі, використані для ідентифікації ситуацій.

## Аналіз останніх досліджень

Традиційно вчасно виявляють проблему на початкових стадіях оцінюванням надійності енергетичного обладнання в період його експлуатації. Для цього [3] визначають закони розподілу часу відмов, аварійних і капітальних ремонтів, часу відновлення в разі поточних, капітальних та аварійних ремонтів, функцій розподілу часу безвідмовної роботи елемента, густини розподілу часу безвідмовної роботи, середньої вартості однієї відмови елемента, кількості перевірок системи, часу проведення ремонту системи тощо. Прикладом іншої сучасної технології контролю безпеки роботи АЕС є система діагностики основного технологічного обладнання, зокрема, вітчизняна комплексна система від НПП “Хартрон-Аркос”, призначена для діагностики основного технологічного обладнання та режимів експлуатації АЕС. Існує багато інших [4, 5] способів контролю систем з метою попередження аварійних ситуацій.

Пошук причин, що приводять до спрацювання захистів на енергоблоках енергетичних підприємств (ТЕЦ, АЕС та ТЕС), є трудомістким завданням, яке необхідно вирішувати у нормативні проміжки часу. Ці проміжки є відносно малими, а вимогами безпечної роботи заборонено запускати енергоблоки до усунення причин спрацювання захистів. Складність пошуку причин полягає насамперед у великому обсязі інформації, яку треба обробити для їх встановлення. Причини аварійних ситуацій шукають, як правило, після спрацювань захистів. Такий пошук вимагає мобілізації інтелектуальних та професійних зусиль великої кількості фахівців. Отже, автоматизація процесу виявлення САС залишається актуальною.

## Цілі статті

Актуальність задачі виявлення САС у початковий період розвитку аварійних ситуацій полягає у можливості зекономити час на локалізацію місця та моменту виникнення таких ситуацій. Дослідженнями виявлено закономірності таких початкових періодів для ідентифікації ситуації як такої, що може викликати спрацювання захистів. Це збагачує існуючі системи безпеки новими засобами для попередження персоналу станції до моменту спрацювання наявних систем сигналізації.

Моделювання процедур прийняття рішень, які виконано для локалізації причин спрацювання захистів, передбачає знаходження відхилень технологічних режимів на початкових стадіях розвитку аварійних ситуацій, автоматизованого визначення першопричин виникнення аварійних ситуацій та попередження персоналу про можливий розвиток аварійної ситуації.

Принципова ідея запропонованої методики полягає у пошуку загальних закономірностей, що супроводжують початковий етап розвитку САС. Виявленням таких закономірностей можна попереджати персонал станції про виникнення нестандартної ситуації поведінки системи та у разі спрацювання захистів локалізувати проміжок часу та місце розвитку цієї ситуації. Через значну кількість інформації, яку необхідно опрацювати після спрацювання захистів та відносно невелику кількість таких спрацювань, задачу автоматизації процедур пошуку причин запропоновано формувати за новими принципами, розглянутими у цій статті.

САС доцільно трактувати як процес прийняття рішення розробником існуючих систем захистів. Побудову СПАС із системою прийняття рішень у її складі виконано описом спрацювань захистів, зафіксованих в архівах РАС. Ці описи покладено в основу створення таблиць прийняття рішень, які використано для побудови класифікаторів. За таким підходом побудовано модель СПР застосуванням нейромережі як класифікатора ситуацій, інформація про які надходить до системи реєстрації.



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

## Основний матеріал

Вважатимемо спрацювання захистів об'єктами системи прийняття рішень, а властивостями цих об'єктів – сигнали, що надійшли до системи реєстрації інформації. Модель СПАС побудовано за результатами аналізу всіх спрацювань захистів, які відбулись протягом 2000–2002 років на енергоблоці №1 Мінської ТЕЦ-5. Інформацію про спрацювання захисту зафіксовано в архіві РАС, що містить дані про роботу контрольованих систем за 15 хвилин до спрацювання захистів. Аналіз інформації, яка міститься в усіх існуючих архівах РАС, дав змогу зробити висновки про сигнали, які належить аналізувати для визначення загальних принципів функціонування СК у передаварійний період. Розглянуто три групи сигналів, які містять сформовані програмно сигнали, сигнали виконавчих механізмів та сигнали про відхилення поза регламентні межі. Інформацію запропоновано аналізувати окремо за кожною з цих груп. Ситуація, що може привести до спрацювання захистів на основі сигналів принаймні однієї з цих груп, може стати підставою для попередження персоналу про виникнення нештатної поведінки обладнання та формування спеціального архіву з інформацією, необхідною надалі для локалізації місця виникнення САС.

У системі реєстрації інформації існує 10504 різних сигналів, коди та час реєстрації яких фіксують у системі реєстрації кожні 100 мілісекунд. Сигнали поділяють на аналогові та дискретні. Аналогові сигнали формують вимірювальні пристрої та подають на реєстрацію у випадках порушення регламентних меж. У разі виходу сигналу за регламентні межі фіксують відповідний дискретний сигнал. Такі сигнали називають сформованими програмно дискретами. Для зменшення загального обсягу інформації сформованих програмно дискрети реєструють тільки у випадку порушення відповідними аналоговими сигналами регламентних меж.

На рис.1 наведено загальну схему проекту СПАС на основі знайдених у архівах РАС закономірностей, що призвели до спрацювання систем захисту. Реалізація проекту складається з етапів підготовки даних, налагодження інструментальних засобів, навчання, перевірки якості роботи системи, експлуатації та прийняття рішень.

Детальніше зупинимось на обговоренні результатів вирішення проблем, що виникли на етапах підготовки даних та налагодження інструментальних засобів, навчання та перевірки якості роботи системи. Основною метою проведених досліджень є пошук способів ідентифікації ситуацій застосуванням нейронної мережі прямого поширення сигналу із навчанням за методом зворотного поширення похибки. Як альтернативний до запропонованого підхід для прийняття рішень можна розглядати застосування методу $k$ -найближчих сусідів ( $k$ -NN, $k$ -Nearest Neighbors) [6].

Суть пропонованого підходу до вирішення задачі прийняття рішень полягає у побудові та використанні нейромережного класифікатора. Його пропонують навчати за прикладами, утвореними зі збережених в архівах РАС описів ситуацій, які призвели до спрацювання захистів, та описів безаварійної роботи обладнання, збережених в архівах системи реєстрації.

Перша проблема, вирішена на етапі підготовки даних, полягала у перетворенні вхідної інформації та формування з неї множин навчальних прикладів та таблиць прийняття рішень (ТПР). Атрибутами таких ТПР є час реєстрації сигналів в архівах РАС, а її прикладами – аварійні ситуації. До множини атрибутів ТПР додано атрибут прийняття рішень, якому надано значення 1 для прикладів, що описують спрацювання захистів, та 0 – для прикладів безаварійної роботи обладнання. На рис. 1 приклади, що описують спрацювання захистів на етапі підготовки даних, позначені як "РАС", безаварійні – як „нормальні дані".

На етапі налагодження інструментальних засобів на основі вхідних даних побудовано спеціальні функції, які є інтегрованими характеристиками поведінки системи. Значення цих функцій використано для побудови похідних ТПР, які фактично використано для ідентифікації ситуацій за допомогою нейромережного класифікатора. Такими похідними ТПР є ТПР густин сигналів (ТПР ГС) та ТПР швидкостей змін густини (ТПРШЗ). Атрибутами цих таблиць є проміжки часу, на яких обчислено введені функції.



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

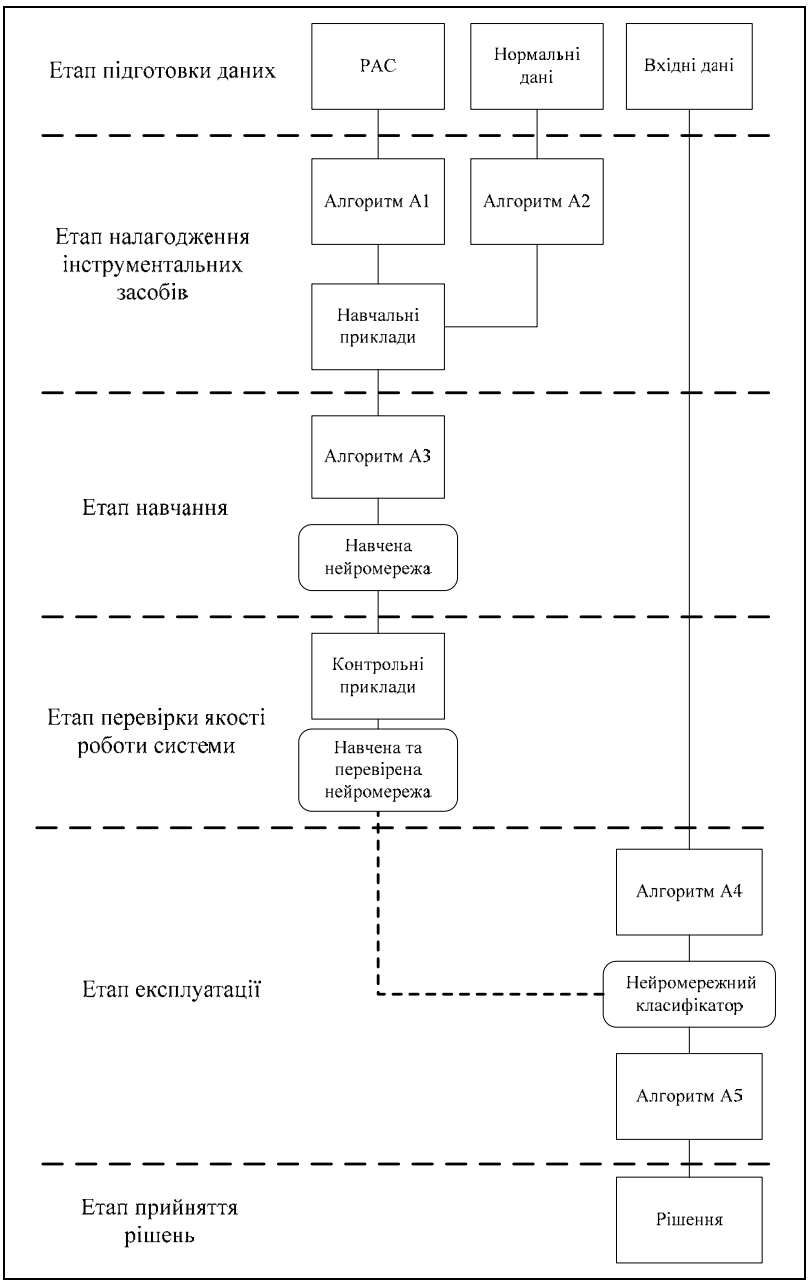


*Рис. 1. Структура проекту СПАС*

Сигнали надходять до системи реєстрації з давачів у певні моменти часу $t_i$, $i = 0,1,2,...$ з інтервалом у $\Delta t = 100$ мс, $t_0$ – момент початку спостережень. Оскільки в кожний такий момент до системи реєстрації надходить невелика кількість сигналів або такі сигнали не надходять зовсім, то аналіз виконуватимемо для моментів $T_j = t_0 + jq\Delta t$, до $j = 0,1,...,$ $q$ – фіксований параметр. Аналіз виконано для різних значень $q$, $q \geq q_{\min} = 10$.

Побудуємо функцію $f(t)$, значення якої в момент $t_i$ визначатимемо за формулою $f(t_i) = \sum_{j=0}^{i} n(t_j)$. Тут $n(t)$ – кількість сигналів, які надійшли до системи реєстрації в момент $t$. Очевидно, що $f(t)$ неспадна функція аргументу $t$. Введемо функцію $F(T_i) = \left(f(T_{i-1}) - f(T_i)\right)(\Delta T)^{-1}$, $i = 1,2,...,$ $\Delta T = q\Delta t$, яка є густиною надходження сигналів на в момент $T_i$. Величину $\Delta T$



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

вважатимемо параметром методу класифікації та вибиратимемо його експериментально. Появу САС визначатимемо наявністю певного тренда, який характеризується зростанням густини сигналів на певному часовому проміжку.

Класифікацію сигналів на предмет виявлення САС виконуватимемо пошуком в архівах часових проміжків із значним зростанням густини сигналів, які надійшли до системи реєстрації. Такі часові проміжки вважатимемо передумовою початку розвитку аварійних ситуацій та використаємо надалі для аналізу як даних, збережених в архівах РАС, так і даних у системі реєстрації.

Для знаходження ситуацій, коли значно зростає густина сигналів, для деякої скінченної множини значень функції $F(T)$ будуватимемо вирівнювальну пряму $a_k x + b_k$ за методом найменших квадратів. Тут індекс $k$ задає кількість точок, для яких будуємо цю пряму. Швидкість зміни густини сигналів оцінюватимемо за значенням параметра $a_k$, який обчислимо за формулою [7]

$$a_k = \frac{k\sum_{i=1}^{k} F(T_i)T_i - \sum_{i=1}^{k} F(T_i)\sum_{i=1}^{k} T_i}{k\sum_{i=1}^{k} T_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{k} T_i\right)^2} \quad (1)$$

Параметр $a_k$ обчислюємо для $k$ послідовних значень функції $F(T)$, визначених для $T_j = T_i + k\Delta T$. На етапі підготовки даних створено ТПР для всіх архівів РАС та вибраних з системи реєстрації даних про ситуації, що характеризують нормальну роботу системи. Такі ТПР складаються з 69 об'єктів, побудованих для архівів РАС, та 50 об'єктів з нормальним функціонуванням СК. Прикладом називатимемо множину значень атрибутів ТПР, які описують одну ситуацію.

На етапі налагодження інструментальних засобів для створення ТПР використано алгоритми А1 та А2, які формують приклади для навчання нейромережі на основі РАС та нормальної роботи СК, відповідно. Ці алгоритми грунтуються на використанні формули (1) та відрізняються між собою лише типом даних, які вони обробляють. Вони формують ТПР для різних значень параметрів, пов'язаних із вибором проміжків, на яких обчислюється густина, швидкість її зміни та параметр $a_k$ вирівнювальної прямої. На рис. 2 наведено результати застосування алгоритму А1 для сформованих програмно сигналів об'єкта РАС з іменем 03_05_2001_10_47_10. Побудову виконано для $\Delta T = 5$ та значень $k = 4, 6, 8, 10$.

На етапі навчання підготовлені ТПР використано для навчання нейромережного класифікатора, побудованого за схемою багатошарового персептрона. Нижче наведено результати застосування мережі з сигмоїдальною активаційною функцією та двома прихованими шарами нейронів. В одному з цих експериментів вибрано по 3 нейрони у кожному прихованому шарі, а в другому – по 10 нейронів (відповідно, схеми 2-3-3 та 2-10-10). Навчену нейромережу використано на етапі перевірки якості аналізу ситуацій, які відповідають як САС, так і нормальній роботі СК.

Результати обох експериментів наведено на рис.3. Результати наведено для сформованих програмно сигналів та $\Delta T = 5$, $k = 4$. Вісь абсцис відповідає номерам об'єктів з ТПР, де перші 69 об'єктів взято з архівів РАС, а решта відповідають нормальній роботі СК. Ордината відповідає значенню класифікаційної ознаки, яка дорівнює одиниці для об'єктів з архівів РАС та нулю – для об'єктів з нормальною роботою СК.

З рис. 3 видно, що практично усім об'єктам з архіві РАСнавчений нейромережний класифікатор надав значення класифікаційної ознаки ознаки більше від 0,5, а решті – менше від 0,5. Такий результат отримано практично для всіх способів вибору параметрів $\Delta T$ та $k$. Це дає змогу стверджувати, що за допомогою побудованого за схемою багатошарового персептрона класифікатора можна відрізняти САС від інших ситуацій.



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

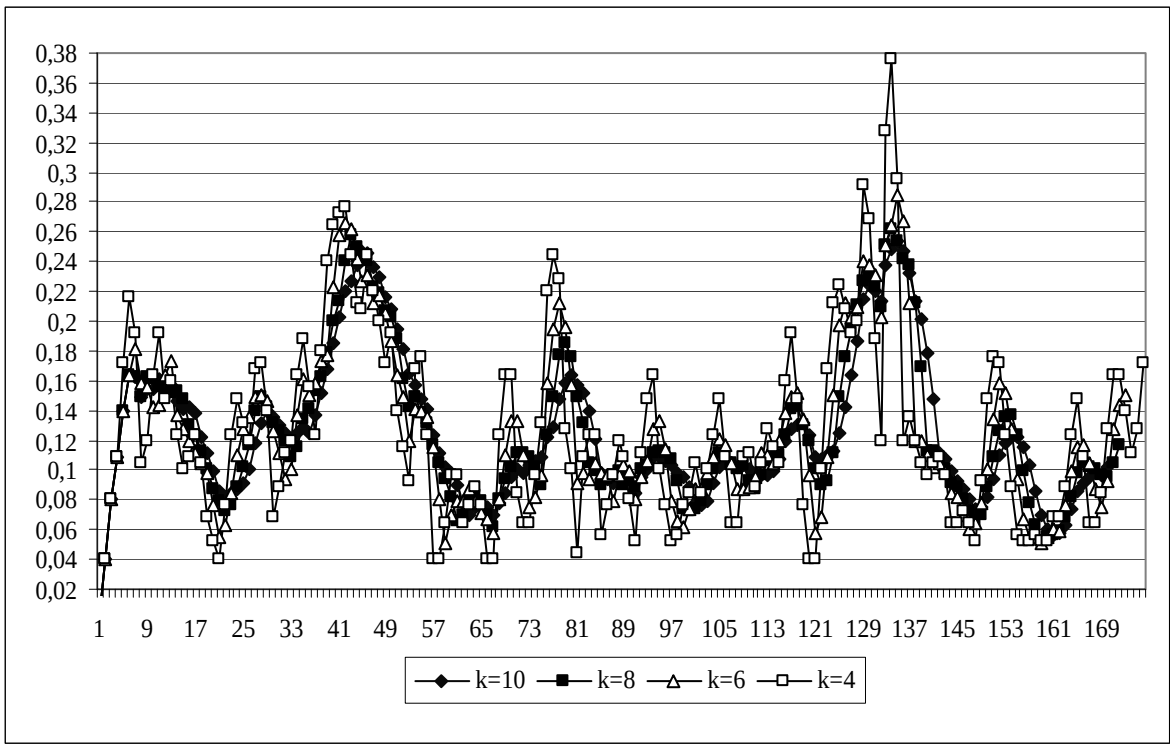


*Рис. 2. Графік швидкості зміни густини для сформованих програмно сигналів з РАС з іменем 03_05_2001_10_47_10*

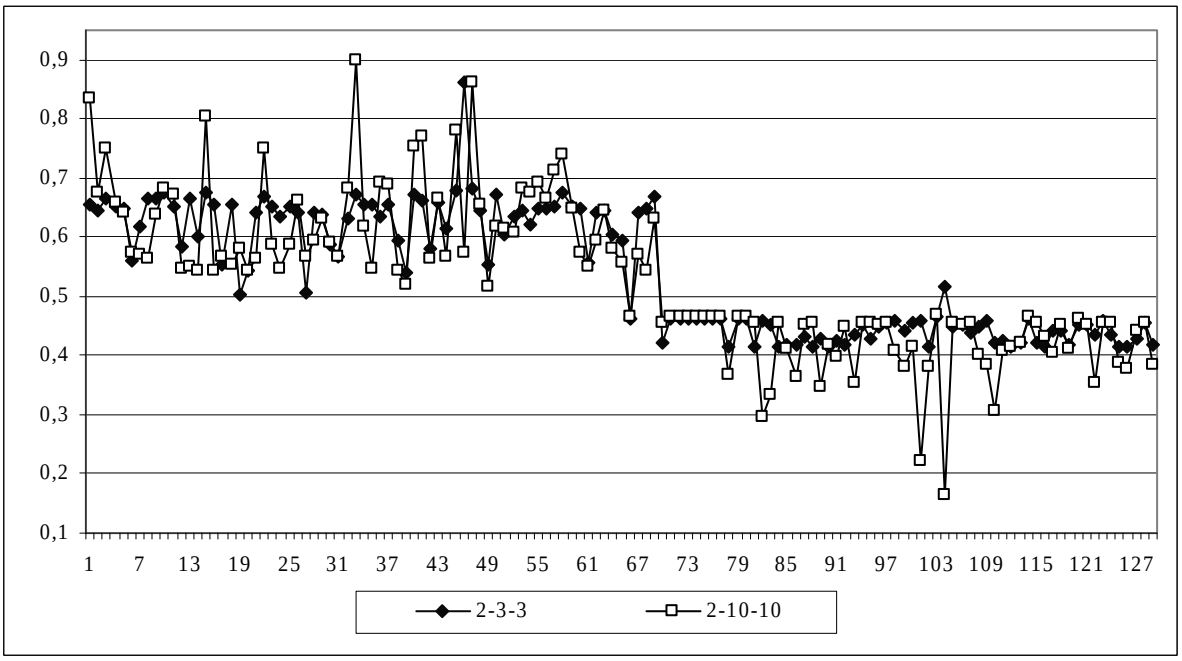


*Рис. 3. Результати застосування нейромережного класифікатора для всіх прикладів з ТПР швидкості зміни густини*

**Висновки**

Інформаційною основою для створення моделі поведінки системи захисту у передаварійний період є дані про відхилення технологічних режимів від режимних карт, відмови систем керування, інформація про дії операторів, зокрема й помилкові, інформація про дефекти технологічного обладнання. Побудовано алгоритми знаходження інтегрованих характеристик поведінки енергосистеми на підставі інформації про роботу пристроїв, сумарний потік реєстрованих сигналів та густину потоку цих сигналів. Знайдено



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

загальні закономірності поведінки системи у передаварійний період, які використано для створюваної СПАС. Пілотні дослідження з метою її побудови проведені з використанням інформації з архівів РАС для АСУТП на базі МАУС-250-Т розробки ВАТ "ЛьвівОРГРЕС". Запропоновано загальну схему СПР щодо попередження аварійних ситуацій на основі аналізу початковий етапів їхнього розвитку. Побудовано та випробувано алгоритми формування навчальних прикладів для налагодження нейромережного класифікатора для прийняття рішень про характер ситуації, що може викликати спрацювання захистів. Використання нейромережного класифікатора, побудованого за схемою багатошарового, показало можливість застосування такого підходу для виділення САС. Основна перевага пропонованої методики полягає у можливості її використання для аналізу сигналів у реальному часі, а недоліком – недостатня чутливість. Подальші дослідження будуть скеровані на пошук шляхів підвищення чутливості системи розпізнавання.

*1. Нікольський Ю.В. Моделювання процесів прийняття рішень при локалізації причин спрацювання захистів на енергетичних підприємствах // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2004. – № 522. – С. 148–155. 2. Наумчик В.С., Нікольський Ю.В., Симкін Б.Ю. Якимечко Р.Я. Попередня обробка та аналіз інформації для побудови математичної моделі прийняття рішень при локалізації причин спрацювання захистів // Налагоджувальні, експериментальні та науково-дослідні роботи ВАТ "ЛьвівОРГРЕС". – Львів, НВФ "Українські технології". – 2004. – С. 267–278. 3. Панченко С.В., Давыдов Н.В. Оценка надежностных характеристик энергетического оборудования с помощью интегрированной программной среды, http://www.sibe.ru/pr_doklad0315.aspx. 4. Васекин В.Н., Чулкова Т.Ю. Использование экспертных методов для анализа углублённой оценки безопасности 1-го энергоблока Курской АЭС, www.insc.gov.ua/forum6/doc/text/tchoulkova.pdf. 5. Денисов И.Н. Состав типовой БД по оценке состояния элементов АС важных для безопасности. // Международный центр по ядерной безопасности Минатома России / Аннотационный отчет за 2002 год. – С. 22–24, http://www.insc.ru/Docs/report/annual2002.pdf. 6. Нікольський Ю.В. Застосування методу $k$-найближчих сусідів для прогнозування спрацювань захистів енергоблоків // Тез. доп. Міжнар. наук.-практ. конф. "Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології", м. Чернівці, 17–19 травня 2006 р. – С. 161–162. 7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – М.: Наука, 1986.*

**УДК 621.64.029**

**Н. Притула*, Я. П'янило, М. Притула**
*Львівський національний університет імені Івана Франка,
Центр математичного моделювання
Інституту прикладних проблем механіки
і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України

# РОЗРАХУНОК УСТАЛЕНОГО РУХУ ГАЗУ В МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДАХ

*© Притула Н., П'янило Я., Притула М., 2006*

**Запропоновано оригінальний алгоритм побудови математичної моделі потокорозподілу в газотранспортних системах. Математичну модель приведено до системи нелінійних алгебраїчних рівнянь. Розроблено метод її розв'язування. Побудований алгоритм.**

**Original algorithm of mathematical model building of flows distribution in gas-transport system is offered. The mathematical model adduced to the system of nonlinear algebraic equations. The method of its solving is developed. The built algorithm is approbated.**

## Актуальність проблеми

Сьогодні багато науковців та інженерів працюють у галузі розроблення моделей, методів і алгоритмів, систем вимірювання, систем проектування і автоматизації процесів у газовій галузі. В



Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua