

**І.Ю. Черепанська, к.т.н., доц.  
О.А. Сусік, магістрант**

*Житомирський державний технологічний університет*

## **НЕЙРОННА МЕРЕЖА ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА У МЕХАНООБРОБЦІ**

*Розглянуто можливість використання штучних нейронних мереж (ШНМ) як складових системи підтримки прийняття рішень (СППР) для автоматизації управління якістю об'єктів виробництва механообробних підприємств на етапі виробництва, яка повинна бути орієнтована на аналіз значних об'ємів різномірної інформації. Необхідність використання ШНМ у складі СППР обґрунтовується тим, що управління якістю на етапі виробництва є багатостадійним і трудомістким процесом, що складно формалізується, та крім того вимагає значних інформаційних та матеріальних витрат для забезпечення ефективності виконуваних технологічних операцій. З врахуванням існуючого досвіду успішного використання ШНМ для вирішення складно формалізованих задач пов'язаних з обробкою значних об'ємів різномірної та швидко змінюваної інформації авторами синтезовано ШНМ для автоматизованого визначення причин погіршення якості ОБ при виконанні технологічних операцій точіння. Особлива увага приділена визначенню розмірності прихованого шару синтезованої ШНМ в зв'язку з тим, що на сьогодні ще й досі не існує аналітичних виразів для визначення розмірності прихованого шару ШНМ і розмір останнього визначається тільки за результатами експериментальних досліджень роботи декількох ШНМ з різною структурою шляхом порівняння отриманих результатів, зокрема величини їх середньоквадратичної похибки.*

**Ключеві слова:** *автоматизація; управління якістю; системи підтримки прийняття рішень; нейронні мережі.*

**Постановка проблеми.** Однією із головних задач сучасного механообробного виробництва, що будується за принципами гнучкості є забезпечення заданих показників якості продукції. Це обумовлюється тим, що якість продукції, робіт, послуг на сьогодні є одним із головних факторів конкурентоспроможності та умовою процвітання підприємств, організацій, регіонів та країн в цілому. Очевидно, що автоматизація управління якістю на етапі виробництва є надзвичайно важливою та актуальною задачею, яка достатньо гостро стоїть перед вітчизняними підприємствами та вимагає застосування наукових підходів для її якісного вирішення зокрема у механообробному секторі Української промисловості.

Варто зазначити, що управління якістю на етапі виробництва є багатостадійним і трудомістким процесом, що вимагає значних інформаційних та матеріальних витрат для забезпечення ефективності виконуваних технологічних процесів виробництва. Для зменшення витрат пов'язаних із зниженням якості виготовлення продукції механообробних виробництв і підвищення ефективності отримуваних рішень необхідною є автоматизація управління якістю, що може бути забезпечено за рахунок створення нових технічних та програмних засобів підготовки та прийняття рішень зі застосуванням різних методів і спеціальних засобів (QFD – методології, баз даних, елементів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж тощо), що відповідають передовим досягненням науки і техніки. Також, з врахуванням того, що управління якістю є задачею, що складно формалізується очевидним є те, що автоматизація цього процесу може бути забезпечена за рахунок використання системи підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту, зокрема штучних нейронних мереж, які успішно використовуються в складно формалізованих задачах пов'язаних з обробкою значних об'ємів різномірної та швидко змінюваної інформації. При цьому СППР повинна бути орієнтована на аналіз значних об'ємів різномірної інформації.

**Аналіз інформаційних джерел** показав, що сучасне управління якістю ґрунтується на використанні різних методів маркетингового характеру, що описані в літературі [1–10], і які в свою чергу не дозволяють безпосередньо здійснювати автоматизоване управління якістю в процесі виробництва, а також на застосуванні елементів штучного інтелекту, зокрема ШНМ, що описано в літературі [11–13]. Зокрема в роботі [11] описаний метод управління якістю виробів масового виробництва з використанням теорії штучних нейронних мереж. В роботі [12] приведені результати впровадження методу застосування штучних нейронних мереж для прогнозування параметрів якості патронів. В роботі [13] показана ефективність застосування нейронних мереж для виявлення певних типів дефектів, за винятком зміни зазору між зварювальними кромками.

Фундаментальні дослідження в галузі маркетингового управління якістю, які можуть бути використані як методична основа в автоматизації цього процесу, проводяться переважно зарубіжними науковцями, що відображено у інформаційних джерелах [1–10]. Необхідно підкреслити, що вони не

враховують особливості технологічних процесів механообробних виробництв. Зокрема у інформаційному джерелі [1] описані методичні основи систем управління якістю та екологічного менеджменту, у інформаційному джерелі [2] приведений опис та методика розробки методології QFD або «Quality House – будинок якості», яка розглядається зі сторони технологічного аспекту у роботах Пономарева С.В. [6], у інформаційних джерелах [3, 5, 7, 8] представлено так звану методологію Загального управління якістю – Total Management (TQM), методологію Operations Management – Управління операціями описано в літературі [4], методику Бенчмаркетингу в літературі [9, 10]. Безперечно ці розробки є цінним досвідом, що може бути застосований для потреб власного виробництва після відповідного доопрацювання та адаптації. Так, на думку авторів, методика QFD, опис якої наводиться в літературі [2, 6] у сукупності з методами експертного аналізу, може бути успішно використана для формування множини вхідної інформації, яка безпосередньо може бути використана для управління якістю на етапі виробництва та оброблена ШНМ при автоматизації цього процесу (управління якістю).

**Метою статті** є синтез та дослідження роботи моделі ШНМ як складової СППР для автоматизації процесу управління якістю об'єктів виробництва, наприклад, типу вал на етапі виробництва у механообробці.

**Викладення основного матеріалу.** З урахуванням того, що якість відповідно до стандарту ISO 9001 [14] це комплексне поняття, що містить сукупність різних властивостей продукції, які обумовлюють її придатність до використання за призначенням, то керування якістю на етапі виробництва можна розглядати як деякий процес направлений на досягнення заданих показників якості ОВ, наприклад надійності, технологічності, безпечності, при виконанні визначених технологічних операцій, який полягає у формуванні деякого технічного рішення щодо виявлення та усунення причин, які призводять до відхилення значень цих показників від заданих. Причому автоматизація процесу керування якістю розглядається авторами як інтелектуалізація процесу формування технічного рішення щодо виявлення та усунення причин відхилення показників якості ОВ від заданих. Досягнення вказаного може бути за рахунок розробки та використання СППР [15] (рис. 1) з елементами штучного інтелекту, зокрема ШНМ. Методичною основою функціонування запропонованої СППР є QFD – методологія, детальний опис якої приводиться в літературі [2, 6].

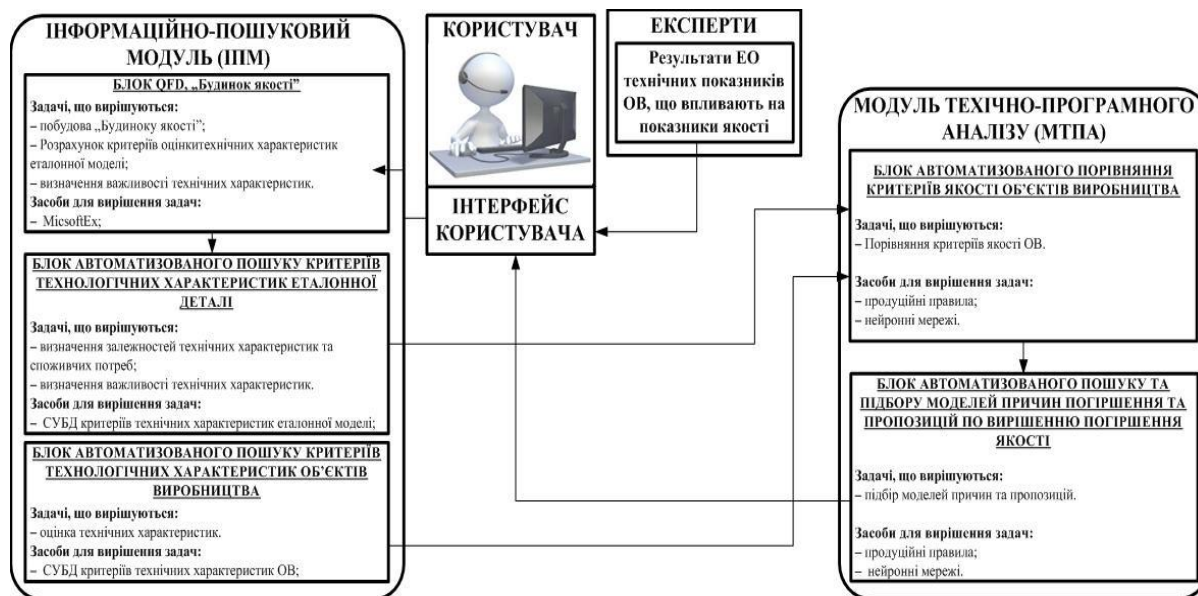


Рис. 1. Організаційна структура СППР для автоматизації процесу керування якістю ОВ на етапі виробництва

Очевидно, що на показники якості ОВ на етапі виробництва у механообробці, в тому числі ОВ типу вал (рис. 2, а) впливає множина технічних показників, зміна яких можлива при виконанні технологічних операцій. Взаємозв'язок між показниками якості та технічними показниками ОВ схематично приведено на рис. 3. Множина технічних показників ОВ типу вал, що впливає на його якість в цілому, була попередньо визначена на основі методу експертних оцінок (табл. 1). Також визначено множину причин, що призводять до відхилень дійсних значень технічних показників ОВ від заданих (див. табл. 1). Шляхом аналізу причинно-наслідкових зв'язків даних таблиці 1 сформовано множину рішень, що можуть бути прийняті для підвищення якості ОВ на етапі виробництва при виконанні конкретних технологічних операцій (табл. 2).

Таблиця 1

Виробничі фактори, що призводять до погіршення якості ОВ та заходи щодо її покращення на прикладі ОВ типу вал за рисунком 2

Відхилення дійсних значень технічних характеристик ОВ, $\Delta$	Причини, що впливають на погіршення якості технічних характеристик ОВ, $Y$	Заходи, щодо покращання якості	Відхилення дійсних значень технічних характеристик ОВ, $\Delta$	Причини, що впливають на погіршення якості технічних характеристик ОВ, $Y$	Заходи, щодо покращення якості
Відхилення розташування, $\Delta_1$	<b>Неправильний режим різання, <math>Y_1</math>:</b> - тупий різець, $Y_2$ - неправильна швидкість подачі, $Y_3$ <b>Незадовільний технічний стан, <math>Y_4</math>:</b> - неполадки координації вузлів верстату, $Y_5$ - биття шпинделя, $Y_6$ - вібрація різця, $Y_7$ - стан валів, $Y_8$ - стан супортів, $Y_9$ - стан підшипників, $Y_{10}$	<i>Необхідно перевірити:</i> 1) режиму різання, 2) стану ріжучого інструменту, 3) технічний стан рухомих частин верстату: 3.1) неполадки в координації вузлів верстату, 3.2) шпиндель, 3.3) супорти, 3.4) підшипники, 3.5) вали, 3.6) биття шпинделя, 3.7) вібрація різця <i>При потребі змінити:</i> - несправні рухомі частини верстату, - ріжучий інструмент - режим різання.	Відхилення профілю позадвогнього перерізу $\Delta_4$	<b>Неправильний режим різання, <math>Y_1</math>:</b> - тупий різець, $Y_2$ - неправильна швидкість подачі, $Y_3$ <b>Незадовільний технічний стан, <math>Y_4</math>:</b> - биття шпинделя, $Y_6$ - вібрація різця, $Y_7$ - стан валів, $Y_8$ - стан супортів, $Y_9$ - стан підшипників, $Y_{10}$	<i>Необхідно перевірити:</i> 1) режим різання, 2) стан ріжучого інструменту, 3) технічний стан рухомих частин верстату: 3.1) неполадки в координації вузлів верстату, 3.2) шпиндель, 3.3) супорти, 3.4) підшипники, 3.5) вали, 3.6) биття шпинделя, 3.7) вібрація різця <i>При потребі змінити:</i> - несправні рухомі частини верстату, - ріжучий інструмент, - режим різання.
	Відхилення від прямолінійності $\Delta_2$	<b>Неправильний режим різання, <math>Y_1</math>:</b> - тупий різець, $Y_2$ - неправильна швидкість подачі, $Y_3$ <b>Незадовільний технічний стан, <math>Y_4</math>:</b> - неполадки координації вузлів верстату, $Y_5$ - биття шпинделя, $Y_6$ - вібрація різця, $Y_7$ - стан валів, $Y_8$ - стан супортів, $Y_9$ - стан підшипників, $Y_{10}$		<i>Необхідно перевірити:</i> 1) режим різання, 2) стан ріжучого інструменту, 3) технічний стан рухомих частин верстату: 3.1) неполадки в координації вузлів верстату, 3.2) шпиндель, 3.3) супорти, 3.4) підшипники, 3.5) вали, 3.6) биття шпинделя, 3.7) вібрація різця. <i>При потребі змінити:</i> - несправні рухомі частини верстату, - ріжучий інструмент, - режим різання.	Відхилення від округлості $\Delta_5$
Відхилення від циліндричності $\Delta_3$		<b>Неправильний режим різання, <math>Y_1</math>:</b> - тупий різець, $Y_2$ - неправильна швидкість подачі, $Y_3$ <b>Незадовільний технічний стан, <math>Y_4</math>:</b> - неполадки координації вузлів верстату, $Y_5$ - биття шпинделя, $Y_6$ - вібрація різця, $Y_7$ - стан валів, $Y_8$ - стан супортів, $Y_9$ - стан підшипників, $Y_{10}$	<i>Необхідно перевірити:</i> 1) режим різання, 2) стан ріжучого інструменту, 3) технічний стан рухомих частин верстату: 3.1) шпиндель, 3.2) супорти, 3.3) підшипники, 3.4) вали, <i>При потребі змінити:</i> - несправні рухомі частини верстату, - ріжучий інструмент, - режим різання.	Міцнісні властивості $\Delta_7$	
	Відхилення шорсткості $\Delta_6$	<b>Неправильний режим різання, <math>Y_1</math>:</b> - тупий різець, $Y_2$ - неправильна швидкість подачі, $Y_3$ <b>Незадовільний технічний стан, <math>Y_4</math>:</b> - биття шпинделя, $Y_6$	<i>Необхідно перевірити:</i> 1) режим різання, 2) стан ріжучого інструменту, 3) технічний стан рухомих частин верстату (шпиндель). <i>При потребі замінити:</i> - вузли шпинделя - шпиндель, - інструмент - режим різання (швидкість подачі та швидкість різання).		Відхилення шорсткості $\Delta_6$

Данні таблиці 2 дозволяють сформувати вхідний  $X = \{x_i | i = \overline{1; I}\}$  та вихідний  $Y = \{y_j | j = \overline{1; J}\}$  вектори синтезованої ШНМ, структура якої наведена на рисунку 4.

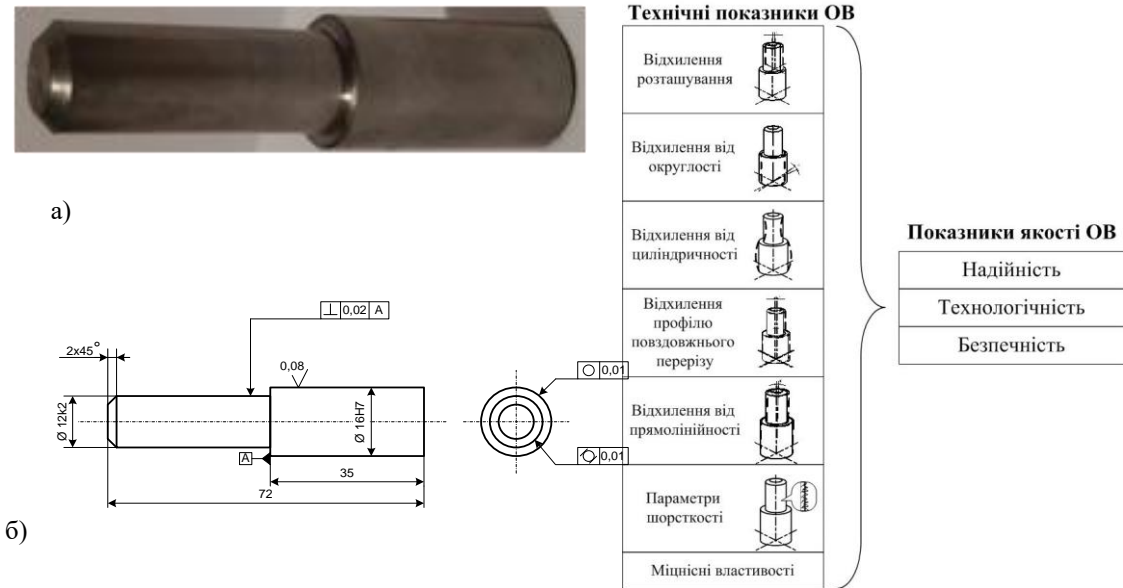


Рис. 2. ОВ, що аналізується – деталі типу вал: а) загальний вигляд; б) креслення

Рис. 3. Множина технічних показників ОВ типу вал за рис.2, що впливають на показники якості

Таблиця 2  
Таблиця залежності між технічними характеристиками ОВ та причинами погіршення їх якості

		Причини погіршення якості ОВ та їх векторне представлення											
		Неправильний режим різання	Незадовільний стан різця (тулий різець)	Неправильна швидкість подачі	Незадовільний технічний стан верстата	Неполадки координації вузлів верстату	Биття шпинделя верстата	Вібрація різця верстата	Незадовільний стан валів верстату	Незадовільний стан супортів верстату	Незадовільний стан підшипників верстату	Неправильна швидкість різання	Брак (дефект) заготовки
Технічні характеристики ОВ та їх векторне представлення		y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12
Відхилення розташування $\Delta_1$	$x_1$	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Відхилення від прямолінійності $\Delta_2$	$x_2$	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Відхилення від циліндричності $\Delta_3$	$x_3$	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Відхилення профілю повздожнього перерізу $\Delta_4$	$x_4$	*	*	*	*		*		*	*	*		
Відхилення від округлості $\Delta_5$	$x_5$	*	*	*	*	*	*	*	*				
Відхилення шорсткості $\Delta_6$	$x_6$	*	*	*	*		*					*	
Міцнісні властивості $\Delta_7$	$x_7$	*	*	*									*
$X = \{x_i   i = \overline{1; I}\} = \{x_1; x_2; x_3; x_4; x_5; x_6; x_7\}$		$Y = \{y_j   j = \overline{1; J}\} = \{y_1; y_2; y_3; y_4; y_5; y_6; y_7; y_8; y_9; y_{10}; y_{11}; y_{12}\}$											

На вхід ШНМ подаються технічні характеристики у виді векторів з відповідною кількістю компонентів і дорівнює 7. На виході ШНМ відповідно до причин погіршення якості формується вихідний вектор, що містить 12 компонентів. Навчання ШНМ здійснювалось за методом зворотного поширення помилки. Критерій оптимізації навчального алгоритму величина середньоквадратичної похибки 5%; крутизна функції активації в якості якої була обрана сигмоїда становить 1.

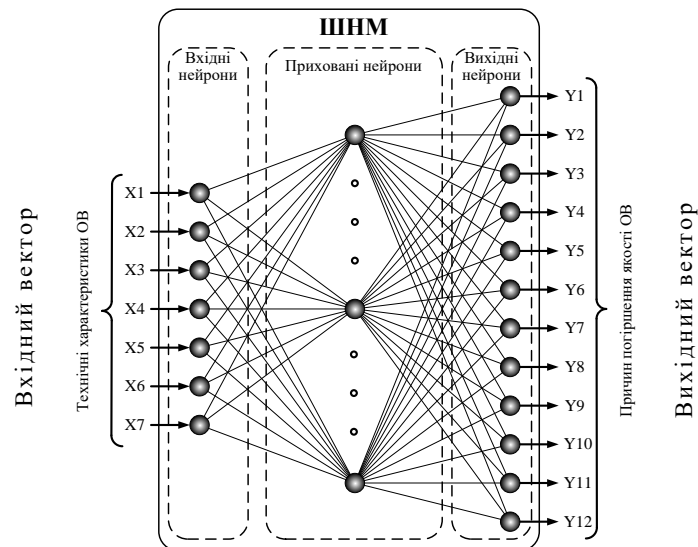


Рис. 4. Схематична модель ШНМ для визначення причин погіршення якості ОБ

Експериментальне дослідження роботи ШНМ для підтвердження можливості її використання для вирішення задачі пошуку причин погіршення якості ОБ, а також з метою її структурного коригування (тобто зміни кількості нейронів прихованого шару) у випадку отримання незадовільних результатів проводилось на попередньо згенерованій навчальній множині із 128 прикладів з різними можливими комбінаціями погіршення якості за технічними характеристиками ОБ. Результатом роботи ШНМ є визначення причин погіршення якості, що представляються у вигляді вихідного вектору із відповідним значенням ймовірності, яка відповідає ступеню достовірності певного твердження. Крім того для вирішення задачі автоматизованого визначення причин досліджувалась робота 8 моделей ШНМ з різною розмірністю прихованого шару (табл. 3). Результати експериментальних досліджень роботи ШНМ представлені у вигляді графіків зміни величини середньоквадратичної похибки в залежності від розмірності прихованого шару (див. рис. 4) для довільно вибраних прикладів навчальної бази, що ілюструють відхилення бажаних значень виходів ШНМ від фактичних. Отримані результати навчання цих моделей ШНМ відповідно до рис. 4, табл. 3 показали, що при кількості прихованих нейронів рівній кількості нейронів на вході для моделі ШНМ№1 величина середньоквадратичної похибки значно перевищує задане значення 5% (див. рис. 4). При збільшенні кількості прихованих нейронів від 7 до 150 в моделях ШНМ №1-8 найкращі результати навчання у моделі ШНМ №8 (див. табл. 3, рис. 4). Вказане свідчить про можливість застосування для автоматизованого визначення причин ШНМ моделі №8 з наступними параметрами: кількість входів – 7; кількість виходів – 12; кількість прихованих шарів 1 з розмірністю 150 нейронів відповідно (див. табл. 3).

Таблиця 3

Параметри досліджуваних моделей ШНМ та час їх навчання

№ моделі ШНМ	Параметри досліджуваної моделі ШНМ	Кількість ітерацій	Розмір навчальної множини	Параметри ЕОМ на якій проводилось експериментальне дослідження ШНМ
ШНМ №1	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 7	134	128 приклади	AMD A4-3300M APU with Radeon™ HD Graphics 1,90GHz / DDRIII 1x4048Mb, 1x2024Mb / HDD WD 750Gb / AMD Radeon 6650M та AMD Radeon™ HD 6480G
ШНМ №2	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 21	528		
ШНМ №3	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 50	256		
ШНМ №4	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 91	744		
ШНМ №5	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 128	652		
ШНМ №6	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 128 (прихованих шарів 2 по 70 та 58 нейронів відповідно)	8128		
ШНМ №7	Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 150 (прихованих шарів 2 по 100 та 50 нейронів)	7987		
ШНМ №8	<b>Входів 7, виходів 12, прихованих нейронів 150</b>	<b>1056</b>		
Діапазон зміни величини прихованого шару		від 7 до 150 нейронів		

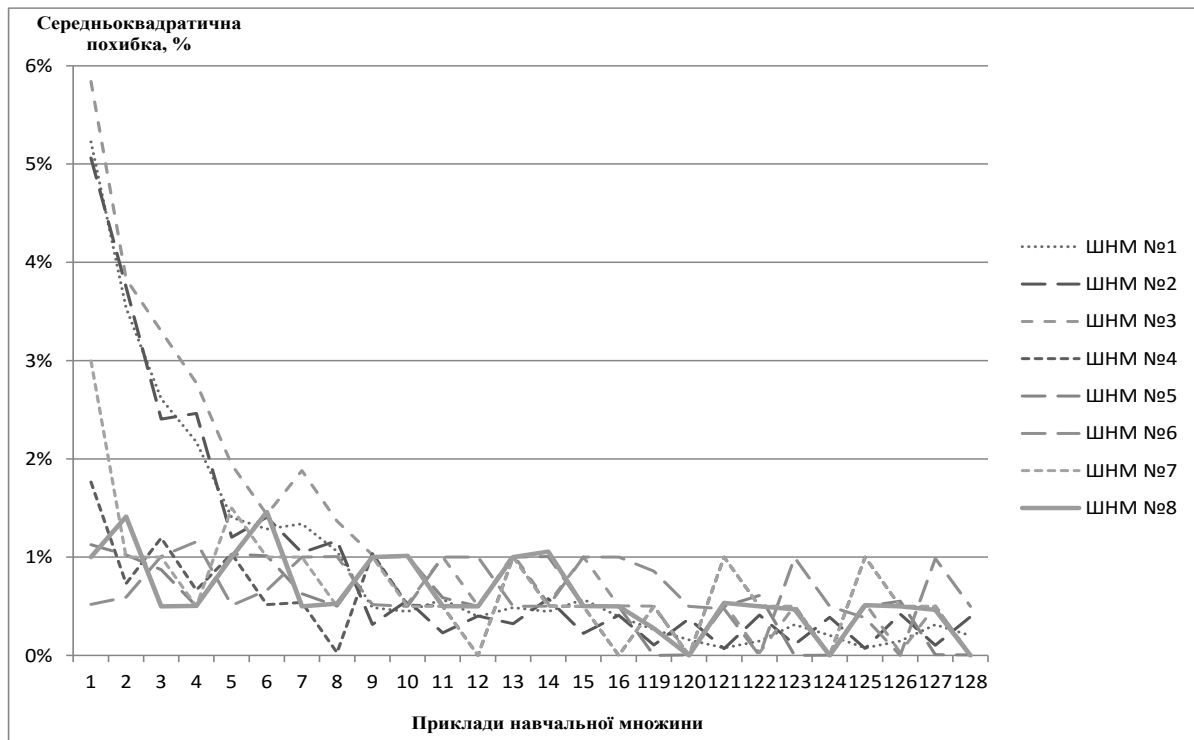


Рис. 5. Графік зміни величини середньоквадратичної похибки для ШНМ з різною кількістю нейронів прихованого шару для моделей ШНМ із табл.1

**Висновки.** Таким чином результати експериментального дослідження синтезованої ШНМ дозволили остаточно сформулювати її структуру, а також вказують на можливість її використання в складі СППР для автоматизованого управління якістю ОВ для визначення причин погіршення якості з можливістю подальшої автоматизованої обробки представленої інформації та в перспективі автоматизувати керування якістю в процесі безпосереднього виготовлення ОВ. Для вирішення задачі пошуку причин погіршення якості ОВ може бути використана ШНМ моделі №8 з кількістю входів – 7; кількістю виходів – 12; кількістю прихованих шарів 1 з розмірністю 150 нейронів, яка побудована за архітектурою Back Propagation, з критерієм оптимізації навчального алгоритму – величиною середньоквадратичної похибки 5%; крутизною функції активації в якості якої була обрана сигмоїда становить 1.

#### Список використаної літератури:

1. Свиткин М.З. Настольная книга внутреннего аудитора / М.З. Свиткин, К.М. Рахлин, В.Д. Мацуца, О.Д. Дымкина. – СПб. : Изд-во «СПб карт фабрика ВСЕГЕИ», 1999. – 66 с.
2. Hauser J.R. The House of Quality / J.R. Hauser, D.Clausing // Harvard Business Review. – Boston. – 1988. – Vol. 66. – № 3.
3. Окрепилов В.В. Всеобщее управление качеством / В.В. Окрепилов. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та экономики и финансов, 1996. – 454 с.
4. Slack N. Operations Management / N.Slack. – London : Pitman Publishing, 1995.
5. Фокс М.Дж. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Модуль RRC 416 с. / М.Дж. Фокс ; пер. с англ. ; под общ. ред. В.Н. Азарова. – М. : Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 142 с.
6. Пономарев С.В. Управление качеством продукции: введение в системы менеджмента качества / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин. – М. : Стандарты и качество, 2004. – 244 с.
7. Rampersad H.K. Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement / H.K. Rampersad. – Berlin; Heidelberg : Springer Verlag, 2001. – 190 p.
8. Ланидус В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / В.А. Ланидус. – М. : ОАО «Типография «Новости», 2000. – 432 с.
9. Prius S.J. Search, report, compare and improve: an orientation study for the purpose, possibilities and use of benchmarks in the performance measuring system / S.J. Prius. – Rotterdam : Moret Funds Foundation, 1997.
10. Camp R.C. Benchmarking: Searching for the Best Working Methods That Will Lead to Superior Performances / R.C. Camp. – Deventer : Kluwer Business Information, 1992.
11. Пантюхин О.В. Управление качеством изделий массового производства с использованием теории нейронных сетей / О.В. Пантюхин, В.М. Лялин, Н.А. Тарасова // Известия Тульского государственного университета. Серия : Технические науки. – № 2. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-izdeliy-massovogo-proizvodstva-s-primeneniem-teorii-neyronnyh-setey>.

12. Тарасова Н.А. Метод применения искусственных нейронных сетей для прогнозирования параметров качества патронов / Н.А. Тарасова, О.В. Пантюхин, В.М. Лялин // Известия Тульского государственного университета. Серия : Технические науки. – № 2. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/metod-primeneniya-iskusstvennyh-neyronnyh-setey-dlya-prognozirovaniya-parametrov-kachestva-patronov>.
13. Скачков И.О. К вопросу применения нейронных сетей для контроля качества сварных соединений при подводной сварке / И.О. Скачков, А.Е. Пирумов, С.Ю. Максимов, Е.А. Прилипко // Автоматическая сварка. Научно-технический раздел. – 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/102657/05-Skachkov.pdf?sequence=1>.
14. ДСТУ ISO 9001:2009 Національний Стандарт України. Науково-виробниче підприємство «Джерело» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.gereko.dp.ua/index/info\\_dstu\\_iso\\_9001-2009.html](http://www.gereko.dp.ua/index/info_dstu_iso_9001-2009.html).
15. Сусік О.А. Система підтримки прийняття рішень як основа автоматизованого керування якістю на механообробних підприємствах / О.А. Сусік, І.Ю. Черепанська // Матеріали XIII міжнарод. заочн. науч.-практ. конф.: «Развитие науки в XXI веке». – 19 травня 2016. – Ч. 1. – Харків : «Знання». – С. 126–134.

## References:

1. Svitkin, M.3., Rahlin, K.M., Macuta, V.D. and Dymkina, O.D. (1999), *Nastol'naja kniga vnutrennego auditora*, Izd-vo «Spb kart fabrika VSEGEI», Sankt-Peterburg, 66 p.
2. Hauser, J.R. and Clausing, D. (1988), «The House of Quality», *Harvard Business Review*, Boston, Vol. 66, No. 3.
3. Okrepilov, V.V. (1996), *Vseobshhee upravlenie kachestvom*, Izd-vo SPb. un-ta jekonomiki i finansov, Sankt-Peterburg, 454 p.
4. Slack, N. (1995), *Operations Management*, Pitman Publishing, London.
5. Foks, M.Dzh. (1999), *Principy i metody vseobshhego rukovodstva kachestvom. Modul' RRC 416 s.*, Translated from English, in Azarov, V.N. (ed.), Fond «Evropejskij centr po kachestvu», Moskva, 142 p.
6. Ponomarev, S.V., Mishhenko, S.V. and Belobragin, V.Ja. (2004), *Upravlenie kachestvom produkcii: vvedenie v sistemy menedzhmenta kachestva*, Standarty i kachestvo, Moskva, 244 p.
7. Rampersad, H.K. (2001), *Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 190 p.
8. Lapidus, V.A. (2000), *Vseobshhee kachestvo (TQM) v rossijskikh kompanijah*, ОАО «Типография «Novosti», Moskva, 432 p.
9. Prius, S.J. (1997), *Search, report, compare and improve: an orientation study for the purpose, possibilities and use of benchmarks in the performance measuring system*, Moret Funds Foundation, Rotterdam.
10. Camp, R.C. (1992), *Benchmarking: Searching for the Best Working Methods That Will Lead to Superior Performances*, Kluwer Business Information, Deventer.
11. Pantjuhin, O.V., Ljalin, V.M. and Tarasova, N.A. (2011), «Upravlenie kachestvom izdelij massovogo proizvodstva s ispol'zovaniem teorii nejronnyh setej», *Izvestija Tul'skogo gosudarstvenogo universiteta*, Serija *Tehnicheskie nauki*, No. 2, available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-izdeliy-massovogo-proizvodstva-s-primeneniem-teorii-neyronnyh-setey>
12. Tarasova, N.A., Pantjuhin, O.V. and Ljalin, V.M. (2011), «Metod primeneniya iskusstvennyh nejronnyh setej dlja prognozirovaniya parametrov kachestva patronov», *Izvestija Tul'skogo gosudarstvenogo universiteta*, Serija *Tehnicheskie nauki*, No. 2, available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/metod-primeneniya-iskusstvennyh-neyronnyh-setey-dlya-prognozirovaniya-parametrov-kachestva-patronov>
13. Skachkov, I.O., Pirumov, A.E., Maksimov, S.Ju. and Prilipko, E.A. (2006), «K voprosu primeneniya nejronnyh setej dlja kontrolja kachestva svarnyh soedinenij pri podvodnoj svarke», *Avtomaticheskaja svarka. Nauchno-tehnicheskij razdel*, available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/102657/05-Skachkov.pdf?sequence=1>
14. Nacional'nyj Standart Ukrai'ny (2009), DSTU ISO 9001:2009, «Naukovo-vyrobnyche pidpryjemstvo «Dzherelo», available at: [http://www.gereko.dp.ua/index/info\\_dstu\\_iso\\_9001-2009.html](http://www.gereko.dp.ua/index/info_dstu_iso_9001-2009.html)
15. Susik, O.A. and Cherepan'ska, I.Ju. (2016), «Systema pidtrymky pryjnattja rishen' jak osnova avtomatyzovanogo keruvannja jakistju na mehanooobrobnyh pidpryjemstvah», *Materyaly XIII mezhdunar. zaochn. nauch.-prakt. konf., «Razvytye nauky v XXI veke»*, vid 19 travnja, Part 1, «Znannja», Harkiv, pp. 126–134.

ЧЕРЕПАНСЬКА Ірина Юріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання;
- автоматизовані виробництва.

E-mail: [cheri\\_ko@mail.ru](mailto:cheri_ko@mail.ru).

СУСІК Олександр Андрійович – магістрант кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмування ПЛК, автоматизація виробничих процесів.

E-mail: [vafli1002@gmail.com](mailto:vafli1002@gmail.com).

Стаття надійшла до редакції 29.03.16.