

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою АВП
к.т.н., доцент
Олександр Дідик
«___» _____ 20__ р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
**«Автоматизована система підтримки прийняття рішень
при виготовленні цегли»**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи АК-19
ОПП «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
_____ Панченко Є.В.
«___» _____ 20__ р.

Керівник роботи
доцент, к.т.н.
_____ Роман Жесан
«___» _____ 20__ р.

Рецензент
доцент, к.т.н. кафедри КБПЗ
_____ Юрій Пархоменко
«___» _____ 20__ р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра автоматизації виробничих процесів
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Дідик О.К.

“ ___ ” _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
СТУДЕНТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Панченко Євген Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Автоматизована система підтримки прийняття рішень при виготовленні цегли»
2. Керівник роботи
Жесан Роман Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 26.06.2023 року
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи зменшення витрат ресурсів при виготовленні цегли, за рахунок розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень та її інтеграції в діючий технологічний процес виробництва цегли.

5. Перелік графічного матеріалу схема виробництва схеми та параметри технічної системи; структура нейромережі; структура ІСППР; модулі підтримки прийняття рішень; алгоритм процесу структурного утворення заготовок цегли.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз виробництва цегли. Формулювання мети та завдання.	10.04.2023	
2	Технологічна структура автоматизованої системи виробництва цегли	28.04.2023	
3	Побудова діаграм розподілу технологічних параметрів	15.05.2023	
4	Пошук оптимальних рішень в умовах невизначеності	26.05.2023	
5	Вибір архітектури нейромережі. Побудова структури моделі системи. Структура системи управління процесом керування виготовлення цегли з системою підтримки прийняття рішень	12.06.2023	
6	Організація оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів	26.06.2023	

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Випускна кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технологічного процесу виробництва цегли, шляхом розробки автоматизованої комп'ютерно-інтегрованої інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень за допомогою якої можна буде зменшити витрати на виробництво цегли.

В бакалаврській роботі окреслено проблеми автоматизації технологічних процесів виробництва цегли, зокрема, інтелектуальних технологій керування і обробки інформації. Проведено дослідження проблем аналізу і синтезу моделей технологічних процесів виробництва цегли. Виявлено найважливіші технологічні фактори в підсистемах підготовки та формування напівфабрикатів цегли.

Запропоновано структуру інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, яка дозволяє забезпечити її інтеграцію в автоматизовану систему управління підприємством з використанням існуючих промислових і інформаційних комп'ютерних мереж. В результаті утворюється розподілена система підтримки прийняття рішень, що здатна виконувати асинхронні паралельні обчислення та ефективно обмінюватися інформацією з інформаційними системами, що функціонують на підприємстві.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. АНАЛІЗ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ	4
1.1. Аналіз цегляного виготовлення	4
1.2. Використання технологій для інтелектуального управління	9
1.3. Формулювання мети та завдання	9
1.4. Висновки до розділу	10
2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ТА ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЦЕГЛИ	11
2.1. Опис структури загальної системи виготовлення цегли	11
2.2. Структура автоматизованої комп'ютерно-інтегрованої системи виготовлення цегли	13
2.3. Опис алгоритму керування технологією автоматизованого комп'ютерно-інтегрованого виготовлення цегли	16
2.4. Побудова діаграм розподілу технологічних параметрів	17
2.5. Множинний регресійний аналіз чинників	19
2.6. Пошук оптимальних рішень в умовах невизначеності	23
2.7. Висновки до розділу	27
3. НЕЙРОНЕЧІТКА МЕРЕЖА ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ	28
3.1. Вибір архітектури нейромережі	28
3.2. Побудова структури моделі системи	30
3.3. Висновки до розділу	32
4. РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ	33
4.1. Розробка структури системи	33
4.2. Розробка підсистем моделювання та пошуку рішень	35
4.3. Структура системи керування процесом виготовлення цегли з ІСППР	40
4.4. Висновки до розділу	44
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46

ВСТУП

Актуальність теми. Технологічний процес виготовлення цегли входить до складу промисловості кераміки. В кожному процесі існують свої властивості щодо зміни процесів у часі та їх функцій на певній ділянці процесу. В технологічному процесі необхідно враховувати ці властивості згідно визначених вимог. Наприклад, дисперсна система повинна:

- зберігати однорідність складу при витримці протягом часу без перемішування;
- під час зберігання мати мінімальне загущення;
- при більшій щільності та в'язкості мати значну рухомість;
- при високій щільності забезпечувати необхідну швидкість зростання маси керамічного заготовки.

Внаслідок дефіциту інформації (складність організації технологічної системи, наявність неконтрольованих впливів, процеси мають стохастичний характер, тощо) при технологічному процесі виготовлення цегли виникають ускладнення для автоматичного управління процесами. Оскільки необхідно щоб виконання того чи іншого процесу виконував відповідний працівник з певною кваліфікацією, то в процесі керування можуть відбуватись помилки, які можуть вплинути на якість технологічного процесу та готової продукції в цілому. Досвід показує, що для розв'язання даної задачі доцільним є використання методів штучного інтелекту та інтелектуальних системи підтримки прийняття рішень (ІСППР).

Таким чином актуальним є розробка та впровадження у технологічний процес ІСППР, яка дасть можливість автоматично виконувати технологічний процес з кращою якістю та підтримкою заданих показників роботи.

Мета і завдання дослідження – є зменшення витрат ресурсів при технологічному процесі виготовлення цегли, шляхом розробки

інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень та її інтеграції в існуючий технологічний процес виготовлення цегли.

Для досягнення мети роботи поставлені й розв'язані наступні задачі:

- провести аналіз автоматизації технологічного процесу виготовлення цегли;
- визначити взаємозв'язок між параметрами технологічного процесу та іншими параметрами, які суттєво впливають на брак продукції;
- розробити модель та структуру автоматизації технологічного процесу виготовлення цегли;
- розробити ІСППР виготовлення цегли.

Об'єкт дослідження – є автоматизована комп'ютерно-інтегрована технологія виготовлення цегли.

Предмет дослідження – є інтелектуальна система підтримки прийняття рішень, яка входить до складу технологічного процесу виготовлення цегли.

Методи досліджень. При виконанні поставлених задач використовувались: методи статистичної теорії, методи системного аналізу, методи штучного інтелекту та теорія автоматичного керування.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено структуру системи керування технологічним процесом виготовлення цегли з ІСППР, що дозволяє забезпечити мінімізацію витрат сировинних і енергетичних ресурсів, підвищити якість готової продукції і, як наслідок, ефективність виготовлення цегли в цілому.

Апробація роботи. LVII конференція студентів ЦНТУ «День науки 2023» (20 квітня 2023 року, м. Кропивницький). Секція автоматизації виробничих процесів.

Структура та обсяг бакалаврської роботи. Складається із завдання, анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Містить 6 таблиць та 23 рисунка та загальну кількість сторінок 49.

1. АНАЛІЗ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ

1.1 Аналіз цегляного виготовлення

Виготовлення цегли відбувається в керамічній промисловості. Кожний вид керамічної промисловості відрізняється своїми властивостями, умовами виготовлення заготовок, термообробки та ін. Експлуатаційні характеристики виготовлених виробів залежать від якості сировини та ресурсу обладнання, яке використовують на виготовленні. На рис. 1 наведена структурна класифікація будівельного керамічного виготовлення [8].

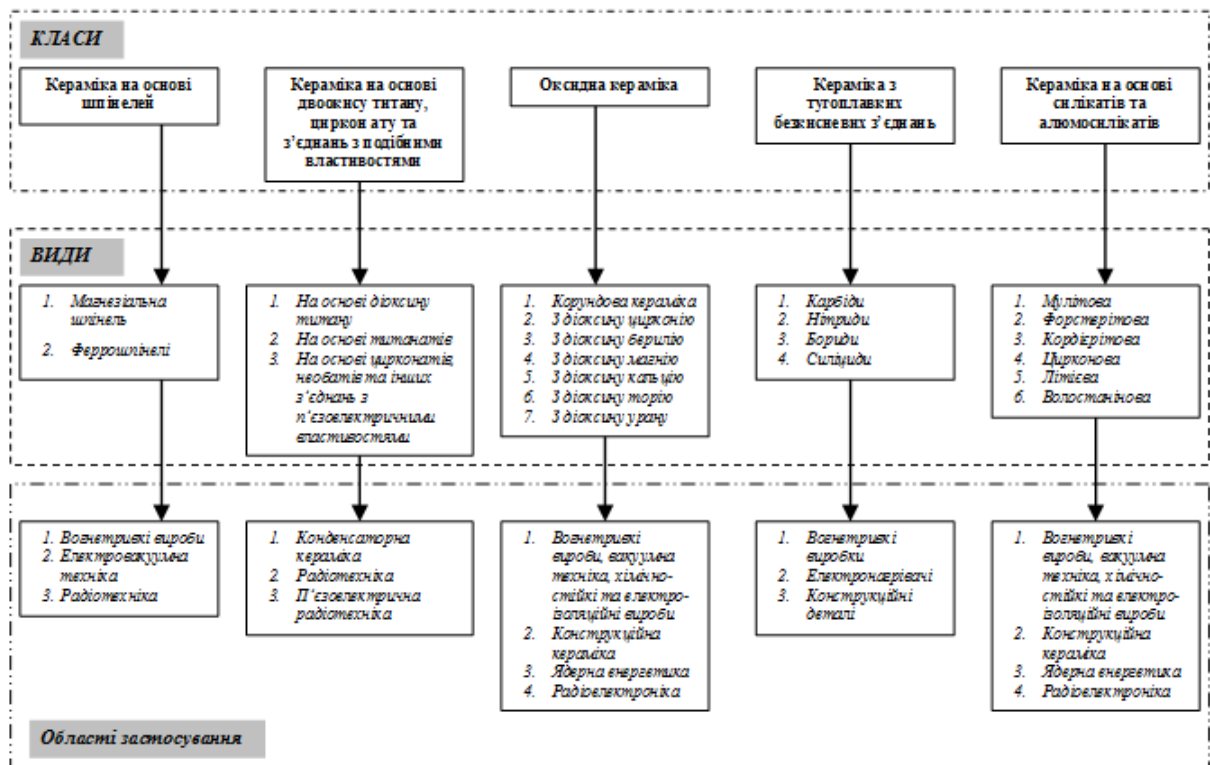


Рисунок 1.1 – Структурна класифікація керамічних виготовлення

Сировина для кераміки буває на глиниста та не пластична [4, 5]. Для вибору необхідного матеріалу для сировини цегли дотримуються таких вимог [4, 5, 8]:

1. Мінімальне число кількості різних сторонніх домішок та стабільність хімічного складу матеріалу.
2. Кінцева структура сировинного матеріалу.
3. Забезпечення дотримання відповідності коефіцієнтів для термічного розширення кристалічно-скловидної фази.
4. Щоб складові хімічно не реагували між собою.

Врахувати всі ці вимоги при виготовленні цегли складно, тому виробники найчастіше використовують дешевий матеріал для сировини, і як наслідок, страждає якість продукції. У виробників, які дотримуються цих вимог - собівартість продукції є високою (наприклад, якщо порівнювати вироби з дерева, металу або пластмаси).

Але навіть при використанні якісного матеріалу для сировини все одно виникають дефекти при виготовленні цегли. Ці ефекти трапляються на різних етапах технологічного процесу [10-14], наприклад:

- нестабільні властивості цегляних виробів;
- наявність тріщин та деформацій, після випікання заготовки;
- важко дотриматися геометричних розмірів цегли, оскільки на кожного етапі технології відбуваються усушка, обпалювання. І треба враховувати спочатку ці особливості.

Багато авторів, зокрема в роботі [15], зазначають, що такі дефекти виникають через недосконалість та особливості виготовлення цегли.

Для виготовлення цегли використовують різні технологічні схеми. Проте вони мають один принцип та алгоритм. Їх можна скомбінувати в узагальнену схему, яка представлена на рис. 1.2.

Під час підготовки сировини та формування виробу відбувається процес створення структури в заготовці. Під час видалення рідкої зв'язки та кінцевій обробці проходить зміна структури заготовки в структуру готового виробу.

Методи лиття використовують найчастіше. Тому в подальшій роботі будуть розглянуті саме ці методи.

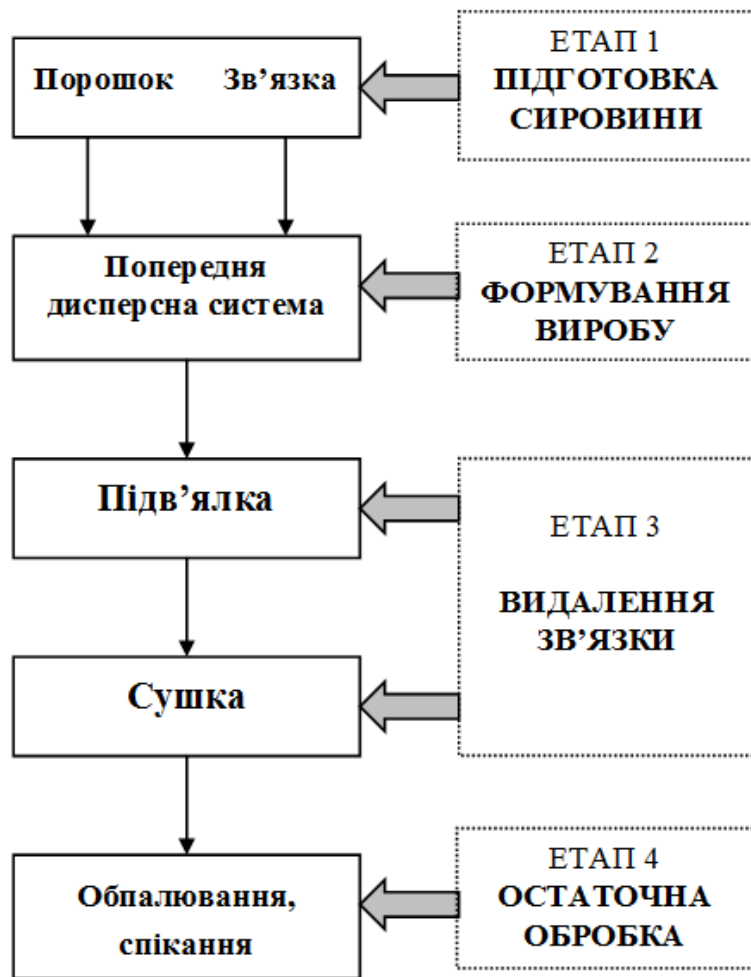


Рисунок 1.2 – Загальна схема технології виготовлення цегли

Найчастіше для виготовлення заготовки застосовують такі методи [26, 27, 30, 31]:

- формування обточування спресованих із пластифікованих форм заготовок;
- підпресування у високих температурах в спеціальних графітових формах;
- використання гіпсових форм;
- під тиском формування гарячих дисперсних систем;
- підпресування сипучоподібних варіантів мас сировини.

Для лиття цегли застосовують спеціальні пластикові, силіконові, резинові, термополіуретанові або гіпсові форми-трафарети. На рис. 1.3 показана трьохшарова система вологообмінних процесів.

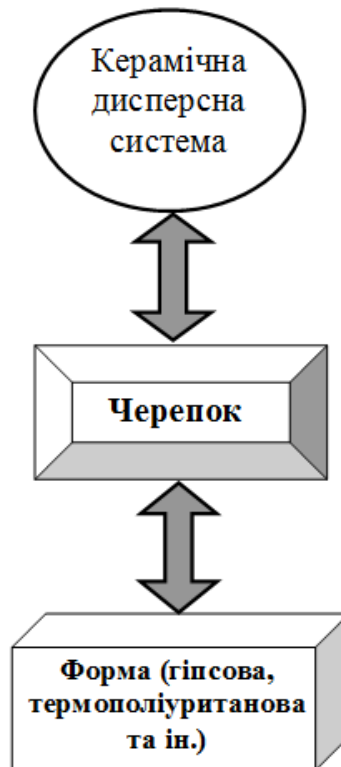


Рисунок 1.3 – Тришарова система вологообмінних процесів

Технологічний процес сушки заготовок істотно впливає на якість готових виробів та продукції, тому що, як правило, дефекти (тріщини, короблення, деформація заготовок) виникають під час сушіння та випалювання [8, 10-14].

Задана спочатку швидкість сушіння залежить лише від вологості, температури та швидкості руху повітря, яке є над поверхнею цегли [10-14].

Швидкість сушіння залежить (дорівнює) швидкості з якою випаровується рідина (вода) із вільної поверхні заготовки.

Процес сушіння заготовки закінчується тоді, коли кількість вмісту води в матеріалі стає меншою, ніж задане значення. А температура повинна дорівнювати температурі сухого термометра при швидкості

сушіння, що дорівнює 0 [8, 15]. Пересушіння матеріалу є причиною браку продукції, так як тоді може розпочатися зворотній процес коли відбувається поглинання вологи з навколишнього оточуючого середовища. І в результаті отримується ефект адсорбційного розклінювання, а тоді виникають тріщини.

Зменшення (мінімізація) енергетичних витрат є однією з головних задач для виготовлення цегли. Цього можна досягнути шляхом задавання встановлення найменшого (мінімального) часу, необхідного для того щоб повністю висушити заготовки до необхідної заданої вологості (щоб не було тріщин та інших дефектів в цеглі). Це також стосується і процесу обпалювання заготовок [3, 6, 7], але на цьому етапі виправити помилки вже неможливо.

Як видно з наведеної вище інформації, то для кожного технологічного процесу виготовлення цегли розроблено певні технологічні операції. Помилки, які можуть виникнути хоча б одній операції серйозно можуть вплинути на якість цегли, собівартість продукції та матеріальні витрати підприємства.

Особа, що приймає рішення (ОПР) повинна мати необхідну відповідну кваліфікацію та практичний досвід роботи в даній роботі. Помилкові та некваліфіковані дії призводять до витрат матеріальних та енергетичних ресурсів [3]. Але підприємства не дуже охоче вдосконалюють цей технологічний процес виготовлення цегли, і як наслідок, приймають рішення в умовах невизначеності. Також бажано для удосконалення даного технологічного процесу виконувати прогнозування імовірностей сигналів керування в заданому необхідному інтервалі часу. Це дасть змогу приймати оптимальні рішення в перспективі.

Отже, для виготовлення цегли необхідним та доцільним є удосконалення даного процесу за рахунок автоматизації комп'ютерно-інтегрованої технології у сам технологічний процес виготовлення цегли, тобто розробка та впровадження інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР).

1.2 Використання технологій для інтелектуального управління

У разі приймання рішення в умовах невизначеності або ризику, то необхідно використовувати інтелектуальні системи [1, 22-24].

Щоб побудувати, розробити та сформувати структуру нейромережі треба:

- задати діапазони зміни вхідних та вихідних змінних;
- провести навчання мережі;
- задати функцію активації;
- обрати алгоритм опрацювання
- обрати методи навчання мережі;

При розробці нейромережі треба досягти оптимального значення для зниження собівартості цегли, але при цьому зберегти необхідну якість готового виробу при відповідній сировині.

1.3 Формулювання мети та завдання

Завдання проблеми автоматизації виготовлення цегли включає в себе аналіз систем керування, які застосовують в технологічному процесі виготовленні цегли, а саме:

- АСК процесом підготовки сировини;
- АСК процесом лиття сировинної заготовки;
- АСК процесом сушіння та обпалювання заготовок;
- системи спостереження та моніторингу за параметрами якістю цегли;
- навчання нейромережі згідно обраних попередніх рішень (рішення за прецедантами).

Людині складно прийняти вчасно потрібне рішення, тому що технологічний процес виготовлення цегли має свої особливості, які треба врахувати на кожному технологічному етапі роботи для кожної АСК.

1.4 Висновки до розділу

В результаті аналізу технологічного процесу виготовлення цегли було визначено наступне:

- універсальної та загальної технології виготовлення цегли немає, так як цей технологічний процес має безліч особливостей, що потрібно врахувати;
- для вирішення цього завдання пропонується застосувати ІСППР в умовах невизначеності; яку потім можна буде впровадити в діючий технологічний процес виготовлення цегли, а це в свою чергу дасть можливість знизити енерговитрати, собівартість продукції, матеріальні витрати і при цьому не нашкодити належній якості готової цегли.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ТА ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЦЕГЛИ

2.1. Опис структури загальної системи виготовлення цегли

Стан системи автоматизації технології виготовлення цегли наведений на рис. 2.1 [9].

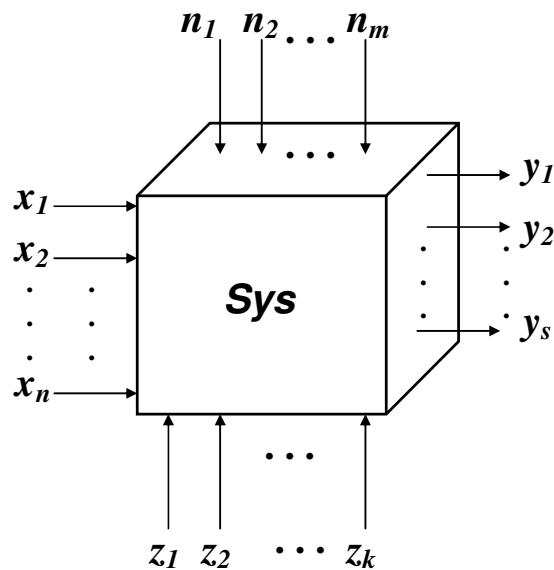


Рисунок 2.1 – Параметри стану системи:

Sys – параметри технологічного процесу всередині системи;
 $n_1(t), n_2(t), \dots, n_m(t); x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ – вектори вхідних параметрів величин;
 $y_1(t), y_2(t), \dots, y_s(t)$ – вектор вихідних параметрів;
 $z_1(t), z_2(t), \dots, z_k(t)$ – вектор вхідних параметрів, які здійснюють вплив на технологічний процес

Опис векторів:

- *Sys* – параметри технологічного процесу всередині системи, що визначають елементи системи та їхні зв'язки;
- $n_1(t), n_2(t), \dots, n_m(t)$ – вектор вхідних параметрів величин якими не можна керувати але можна виміряти (мінералогічний склад сировини та ін.);
- $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ – вектор вхідних параметрів величин якими можна керувати і можна виміряти, їх значення можна задати (вологість, рН, хімічний склад керамічної маси та ін.);

– $y_1(t), y_2(t), \dots, y_s(t)$ – вихідні параметри (реакція системи на зовнішні збурюючі діяння);

– $z_1(t), z_2(t), \dots, z_k(t)$ – вхідні параметри (роблять вплив на технологію виготовлення, але виміряти їх неможливо, а також неможливо змінити).

Набір (x, y, z, f, g) об'єктів:

$x=x(t)$ – вхідний сигнал елемента, інакше кінцева множина функцій часу t : $(x_1(t), \dots, x_k(t))$;

$y=y(t)$ – вихідний сигнал елемента, що представляє собою кінцеву множину функцій $Y(t) = [y_1(t), \dots, y_l(t)]$ тієї ж фізичної природи, що і вхідні функції $x_i=x(t)$;

$z=z(t)$ – внутрішній стан елемента, який аналогічно попереднім характеризується кінцевою множиною функцій $Z(t) = [z_1(t), \dots, z_m(t)]$.

Об'єкти f, g – функціонали, що задають поточні значення внутрішнього стану елемента $z(t)$ і його вихідного сигналу $y(t)$.

Контроль заготовок та цегли (безпосередньо готової продукції) $Y(t)$ при виготовленні цегли треба виконувати тільки після закінчення наступних процедур[15]: формування; доводження; сушіння; обпалювання.

Для математичного сподівання M абсолютної величини, що є різницею між значеннями заданої функції $Y_0(t)$ та дійсно існуючою $Y(t)$ повинно бути мінімальним [3]:

$$M [Y(t) - Y_0(t)] = \min, \quad (2.1)$$

Необхідно виконати вибір мети (цілей) керування, які будуть сприяти досягненню цільової функції.

2.2. Структура автоматизованої комп'ютерно-інтегрованої системи виготовлення цегли

Необхідно зробити розбиття (декомпозицію) технологічної системи виготовлення цегли за принципом структурного утворення. Після чого автоматизовану системну технологію виготовлення цегли можна представити у вигляді окремих підсистем, показаний на рис. 2.2 та рис. 2.3.

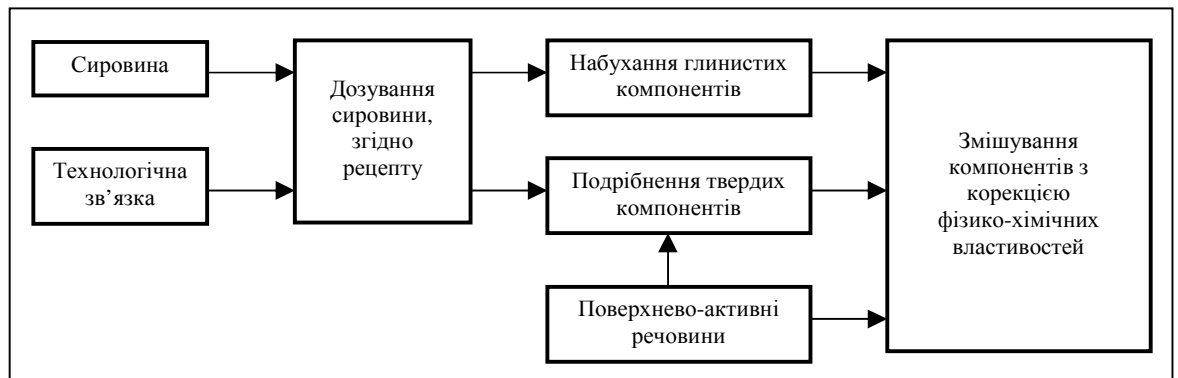


Рисунок 2.2 – Підсистема підготовки цегляної маси

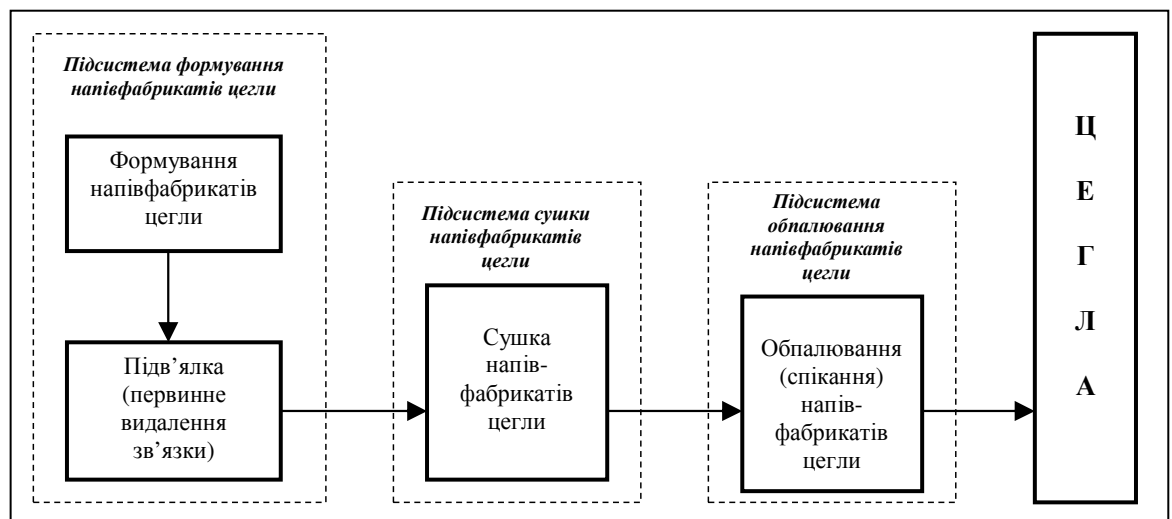


Рисунок 2.3 – Підсистема для формування, сушіння, обпалювання та спікання заготовок для виготовлення цегли

Тоді структура технологічної системи виготовлення цегли буде мати вигляд, наведений на рис. 2.4.

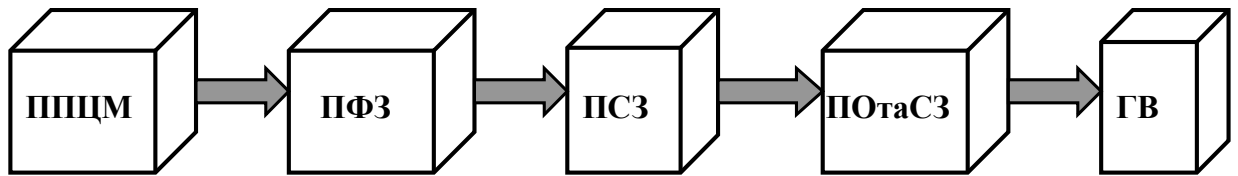


Рисунок 2.4 – Технологічна система виготовлення цегли:

ППЦМ – підсистема підготовки цегляної маси; ПФКН – підсистема формування заготовок; ПСН – підсистема сушіння заготовок; ПОтаСН – підсистема обпалювання та спікання заготовок; ГП – готовий виріб

В ППЦМ вводять та задають головні основні показники ефективності виконання подальших технологічних операцій. ППКМ та ПФЗ є найбільш впливовими елементами ефективності роботи системи вцілому при створенні структури [3].

Умовою ефективного моделювання технологічних процесів є виявлення та визначення суттєвих технологічних параметрів, що впливають на ПР [28, 32]. З’ясуємо, які ж саме параметри технологічного процесу виготовлення цегли є суттєвими.

Для аналізу взято дані, за якими характеризують процес створення структури цегли, за рахунок формування з дисперсних систем. З джерел [5-14] використано дані, які наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані для процесу створення структури цегли

T	Y	x_1	x_2	...	x_n
t_1	y_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
t_2	y_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
t_k	y_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

T – функція часу; $X(t)$ – вектор технологічних параметрів; $x_i(t)$ де $i=1,2,\dots,n$ – складові вектора технологічних параметрів.

В табл. 2.2 наведено найважливіші вихідні параметри якості керамічних заготовок $y_1(t)$, ..., $y_m(t)$. Наявність тріщин тіла нової заготовки (НТТН).

Таблиця 2.2 – Вихідні параметри процесу створення структури цегли

Вихідні параметри якості процесу структуроутворення цегли (Y)		
Тріщини	Невідповідність напівфабрикату геометричним формам	Інші типи дефектів
y_1 наявність тріщин тіла напівфабрикату (НТТН) типу 31	y_7 Недобір черепка	y_9 Повітряні включення
y_2 НТТН типу 34	y_8 Деформація стінок напівфабриката	y_{10} Прилипання до форми
y_3 (НТТН) типу 36		
y_4 (НТТН) типу 37		
y_5 (НТТН) типу 38		
y_6 (НТТН) типу 39		

В табл. 2.3 та табл. 2.4 наведено найсуттєвіші вхідні параметри якості заготовок цегли $x_1(t), \dots, x_n(t)$. ПАР – поверхнево-активні речовини.

Таблиця 2.3 – Контрольовані вхідні параметри процесу створення структури цегли

Рецепт керамічної маси, згідно хімічного складу	Властивості технологічної зв'язки (H_2O)	Гранулометричні показники
x_1 залишок після прокалювання	x_{20} вміст суспензії	x_{23} залишок на ситі 0,25
x_2 вміст SiO_2	x_{21} щільність	x_{24} залишок на ситі 0,125
x_3 вміст Al_2O_3	x_{22} рН	x_{25} залишок на ситі 0,063
x_4 вміст Fe_2O_3		x_{26} залишок на ситі 0,045
x_5 вміст TiO_2		x_{27} залишок на ситі 0,045
x_6 вміст CaO		
x_7 вміст Mg_2O		
x_8 вміст Na_2O		
x_9 вміст K_2O		
x_{10} вміст вільного кварцу		

Таблиця 2.4 – Керовані вхідні параметри процесу створення структури цегли

Корекція фізико-хімічних властивостей проміжних та результуючої дисперсної системи	Фізико-хімічні властивості дисперсної системи	Технологічні параметри підв'ялки
<i>Додавання:</i>		
x_{11} води (помол)	x_{28} щільність	x_{37} температура
x_{12} органічних ПАР (дифлон, помол)	x_{29} в'язкість	x_{38} вологість
x_{13} неорганічних ПАР (рідке скло, помол)	x_{30} тиксотропія через 1 хв.	
x_{14} води (попередня корекція)	x_{31} тиксотропія через 30 хв.	
x_{15} органічних ПАР (дифлон, попередня корекція)	x_{32} плинність через 1 хв.	
x_{16} органічних ПАР (рідке скло, попередня корекція)	x_{33} плинність через 30 хв.	
x_{17} води (остаточна корекція)	x_{34} коефіцієнт згушення	
x_{18} органічних ПАР (дифлон, остаточна корекція)	x_{35} рН баланс	
x_{19} органічних ПАР (рідке скло, остаточна корекція)	x_{36} температура	

Необхідно зменшити кількість інформації, з метою отримання в залишку лише ту інформацію, що допомагає сприяти досягненню поставленої мети та вирішенню поставленого завдання [25].

2.3. Опис алгоритму керування технологією автоматизованого комп'ютерно-інтегрованого виготовлення цегли

Дуже важливим для підприємства є створення інформаційних сховищ і бази даних досвіду виготовлення цегли (data warehousing).

Більшість АСК процесами виготовлення цегли обмежені у функціях збору та обробки даних, їх моніторингу та візуалізації, а також представленню в необхідному вигляді.

Data warehousing це віртуальне представлення інформації та машинне навчання. Спочатку досліджень виконують віртуальне представлення інформації з метою визначення та знаходження необхідних залежностей,

основних кінцевих вимог та обмежень виключень даних.

З джерела [24] відомо, що для розробки алгоритмів data warehousing слід застосовувати методи інтелектуального аналізу даних.

Технологічні процеси виготовлення цегли необхідно віднести (за складністю) до кібернетичного рівня.

2.4. Побудова діаграм розподілу технологічних параметрів

Щоб визначити залежності технологічних параметрів процесу структурного утворення заготовок цегли використано такий алгоритм [3]:

1. Потрібно визначити ймовірнісний закон розподілу сукупності вибірки вхідних та вихідних параметрів процесу структурного утворення заготовок цегли.

2. Визначаємо коефіцієнт кореляції між вхідними контрольованими параметрами та перевіряємо рівень їх значимості (до межі $p < 0,05$).

3. Треба розрахувати умовні кореляції при зафіксованих значеннях інших параметрів стосовно двох певних параметрів, після чого перевірити рівень їх значимості ($p < 0,05$).

4. Визначаємо виборочні коефіцієнти кореляції, перевіряємо рівень їх значимості ($p < 0,05$).

За допомогою такого алгоритму розроблено та побудовано діаграми, показані на рис. 2.5 (для параметру процесу створення структури при залишку на ситі 0,25) та рис. 2.6 (для параметру процесу створення структури в'язкість дисперсної системи).

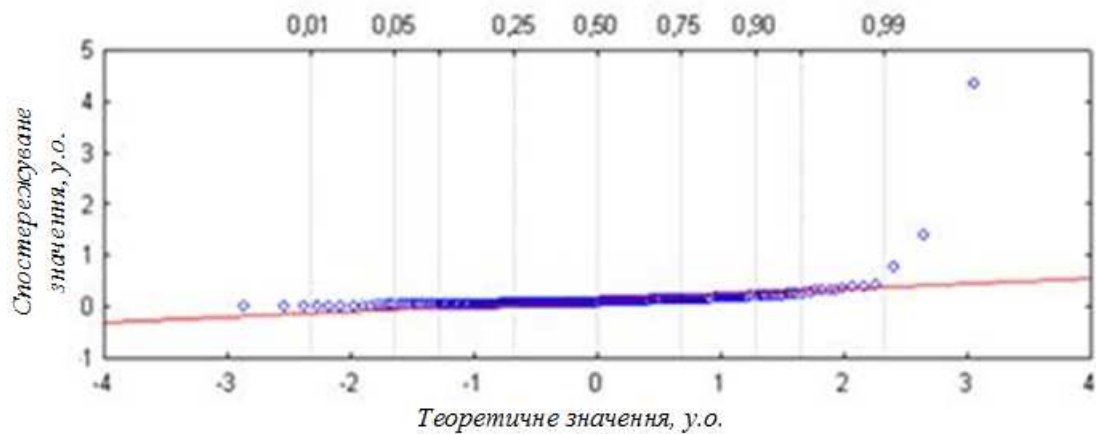


Рисунок 2.5 – Аналіз діаграм

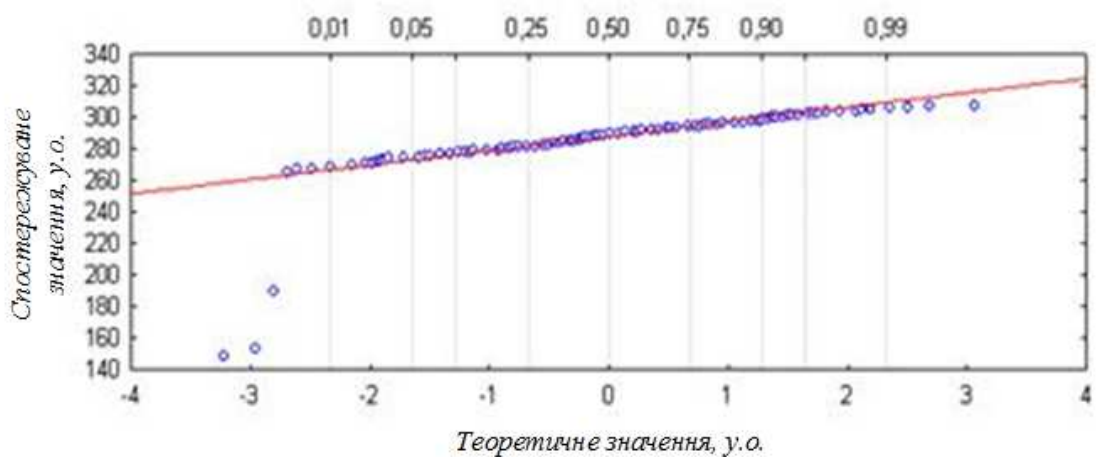


Рисунок 2.6 – Діаграми розподілу технологічних параметрів

В результаті аналізу розподіл даних, що характеризують параметри процесу структурного утворення заготовок цегли, є близькими до нормального розподілу, у випадках коли нижня межа значимості дорівнює 0,2.

Потім сформували сумарну кореляційну матрицю, у якій розмірність $[n \times n]$ та рівнем значимості коефіцієнтів кореляції $p < 0,05$.

Для обчислення цих кореляційних матриць було взято матриці даних з розмірністю $[m \times n]$ ($m=969$ – число кількості спостережень; $n=48$ – число кількості технологічних параметрів).

І після цього побудовано загальну кореляційну матрицю з розмірністю $[n \times n]$ у якій рівень значимості коефіцієнтів кореляції повинен бути $p < 0,05$.

Так як вироблення заготовок цегли є доволі складним процесом і в системі присутній певний значний рівень «шуму» в даних (людський фактор), то застосування методів багатовимірного кореляційного аналізу з метою визначення впливу чинників на процес структурного утворення заготовок цегли з дисперсних систем є необґрунтованим та недоцільним.

Тому спробуємо використати множинний регресійний аналіз.

2.5. Множинний регресійний аналіз чинників

Рівняння множинної регресії [24]:

$$Y = X\beta + \varepsilon, \quad (2.2)$$

де $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)^T$ - вектор коефіцієнтів регресії;

$\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$ - випадкові відхилення;

$Y = (y_1, \dots, y_k)^T$ - значення залежної змінної;

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{1k} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{nk} \end{bmatrix} - \text{матриця } n \times (k+1);$$

Коефіцієнт детермінації R^2 [24]:

$$R^2 = \frac{n\sigma_y^2 - \Delta^2}{n\sigma_y^2}, \quad (2.3)$$

де $\Delta^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta^T x_i - \beta_0)^2$ - сума квадратів нев'язок;

m_y - оцінка середнього значення;

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} - \sum_{i=1}^n (y_i - m_y)^2 - \text{оцінка дисперсії змінної.}$$

Критерій Фішера [23]:

$$F = \frac{n-k-1}{k} \times \frac{R^2}{1-R^2}, \quad (2.4)$$

У разі коли $F > f_{k, n-k-1}$, то гіпотезу необхідно відхилити [23].

В дослідженнях процесу структурного утворення заготовок цегли з дисперсних систем, проаналізовано моделі регресії всіх вхідних контрольованих параметрів процесу виготовлення цегли.

Використавши статистичні дані за 5 років [3, 6, 11-14], було побудовано 10 матриць розмірністю $n \times k$ ($n=969$; $k=39$), наведена в табл. 2.5.

Результати моделювання:

- коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,151$;
- стандартна помилка оцінки – 0,816;
- значення критерія Фішера 4,22;
- коефіцієнт кореляції $R = 0,38$;
- число ступенів свободи критерію Шіфера $df = 38,87$.

Модель ймовірного з'являння деформації стінок заготовок цегли:

$$\begin{aligned} y_8 = & 266,463 + 0,00911x_1 + 0,00023x_2 + 0,04227x_3 - 0,027872x_4 + \\ & + 0,00576x_5 - 0,10523x_6 - 0,24103x_7 - 0,58519x_8 - 0,40798x_9 - \\ & - 0,27542x_{10} - 0,39936x_{11} - 0,151873x_{12} - 0,05698x_{13} - 2,67964x_{14} - \\ & - 2,6241x_{15} - 2,62333x_{16} - 2,61144x_{17} - 2,66819x_{18} + 0,00007x_{19} - \\ & - 0,00014x_{20} + 0,00005x_{21} - 0,00031x_{22} - 0,00001x_{23} - 0,000007x_{24} + \\ & + 0,00066x_{25} + 0,0000038x_{26} + 0,000068x_{27} + 0,000444x_{28} - \\ & - 0,00223x_{29} - 0,034241x_{30} + 0,01932x_{31} + 0,13694x_{32} - 0,095868x_{33} + \\ & + 1,35549x_{34} - 0,192399x_{35} - 0,0504299x_{36} + 0,0422901x_{37} - \\ & - 0,008952x_{38} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Таблиця 2.5 – Параметри вхідних та вихідних змінних

Незалежні фактори, що визначають режим технологічного процесу	
<i>Рецепт керамічної маси (за хімічним складом)</i>	<i>Властивості технологічної зв'язки (H₂O)</i>
x ₁ Залишок після прокалювання	x ₂₀ Вміст суспензії
x ₂ Вміст SiO ₂	x ₂₁ Щільність
x ₃ Вміст Al ₂ O ₃	x ₂₂ рН
x ₄ Вміст Fe ₂ O ₃	<i>Гранулометричні показники</i>
x ₅ Вміст TiO ₂	x ₂₃ Залишок на ситі 0,25
x ₆ Вміст CaO	x ₂₄ Залишок на ситі 0,125
x ₇ Вміст Mg ₂ O	x ₂₅ Залишок на ситі 0,063
x ₈ Вміст Na ₂ O	x ₂₆ Залишок на ситі 0,045
x ₉ Вміст K ₂ O	x ₂₇ Прохід через сито 0,045
x ₁₀ Вміст вільного кварцу	<i>Фізико-хімічні властивості дисперсної системи</i>
<i>Коректування фізико-хімічних властивостей дисперсної системи</i>	x ₂₈ Щільність
x ₁₁ Води (помол)	x ₂₉ В'язкість
x ₁₂ Органічних ПАР (дифлон, помол)	x ₃₀ Тиксотропія через 1 хвилину
x ₁₃ Неорганічних ПАР (рідке скло, помол)	x ₃₁ Тиксотропія через 30 хвилин
x ₁₄ Води (попередня корекція)	x ₃₂ Плинність через 1 хвилину
x ₁₅ Органічних ПАР (дифлон, попередня корекція)	x ₃₃ Плинність через 30 хвилин
x ₁₆ Органічних ПАР (рідке скло, попередня корекція)	x ₃₄ Коефіцієнт згущення
x ₁₇ Води (остаточна корекція)	x ₃₅ рН суспензії
x ₁₈ Органічних ПАР (дифлон, остаточна корекція)	x ₃₆ Температура суспензії
x ₁₉ Неорганічних ПАР (рідке скло, остаточна корекція)	
Залежні фактори, що визначають режим технологічного процесу	
<i>Тріщини</i>	<i>Невідповідність заготовок геометричним формам</i>
y ₁ Тип 31	y ₇ Недобір черепка
y ₂ Тип 34	y ₈ Деформація стінок заготовки
y ₃ Тип 36	<i>Дефекти інших типів</i>
y ₄ Тип 37	y ₉ Повітряні включення
y ₅ Тип 38	y ₁₀ Прилипання до форми
y ₆ Тип 39	

Скорегований коефіцієнт детермінації:

$$RI = 1 - (1 - R^2) \times (n / (n - k - 1)), \quad (2.6)$$

При цьому маємо RI = 0,116; p = 0,0001.

Потрібно зменшити кількість числа змінних в правій частині рівняння множинної регресії (формула 2.2). Іншими словами, необхідно зменшити кількість числа вхідних контрольованих параметрів. Для розрахунку імовірної деформації стінок заготовок цегли маємо: стандартна похибка оцінки 0,80324; $RI = 0,1496$, $R^2 = 0,1596$:

тоді

$$y_8 = 309,344 - 3,1749x_{14} - 3,0733x_{15} - 3,0750x_{16} - 3,0617x_{17} - 3,1232x_{18} - 0,0004x_{22} + 0,0092x_{31} - 0,1837x_{35} - 0,0465x_{36} + 0,0449x_{37} - 0,0098x_{38} \quad (2.7)$$

Результати аналізу представлені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Аналіз дисперсії запропонованої моделі

	Суми квадратів	Df	Середні квадрати	F	P – рівень
Модель	112,672	11	10,242	15,88	0,0000
Залишок	593,933	919	0,645		
Загальне скореговане на середнє значення 705,605					

В результаті ці отримані моделі можливо застосовувати для приблизного представлення уявлення статистичних зв'язків якості заготовок цегли.

Отже приходимо до висновку, що доцільним є використання інших методів, зокрема, методів для дослідження структури багатомірних даних (data mining).

2.6. Пошук оптимальних рішень в умовах невизначеності

В умовах невизначеності доцільним є використання методу дерев рішень decision tree [9, 24].

Для побудови дерев рішень існують такі правила [22, 29]:

$$\text{IF (умова 1) i (умова 2) i (умова N) THEN (умова M)}, \quad (2.8)$$

Було використано наступні алгоритми:

- CART;
- CHAID (автоматичний детектор взаємозв'язків);
- Exhaustive CHAID (вичерпний – всі можливі розбиття, але цей метод не швидкий).

У цільовій функції використано наступні параметри [9, 24]:

- коефіцієнт згущення та щільність дисперсної системи;
- температура, рН та в'язкість дисперсної системи;
- тиксотропія через 1 хвилину дисперсної системи; плинність через 1 хвилину дисперсної системи та тиксотропія через 30 хвилин дисперсної системи.

Змінні параметри, що характеризують технологічний процес виготовлення цегли $x_1(t), \dots, x_n(t)$ $N=27$.

В результаті побудовано 8 матриць у яких розмірність становить $[n \times m]$

- кількість циклів виконання технологічного процесу $n = 969$;
- кількість незалежних змінних $m=27$.

Дерево має кожний вузол з посиланням на два потомка - right та left.

- правило виконується - right;
- правило не виконується - left.

Використаємо критерій формування вузлів для оцінки якості Gini:

$$Gini(T) = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2, \quad (2.9)$$

Показник якості:

$$Gini_{split}(T) = \frac{N_1}{N} \cdot Gini(T_1) + \frac{N_2}{N} \cdot Gini(T_2) \quad (2.10)$$

$Gini_{split}(T)$ повинна бути мінімальною, а $\tilde{G}_{split}$ максимальною.

Тоді:

$$\tilde{G}_{split} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n l_i^2 + \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n r_i^2 \rightarrow \max, \quad (2.11)$$

Застосуємо метод перехресної крос-перевірки, шляхом відсікання дерева. Треба знайти необхідний вектор похибок ієрархічних регресійних моделей, які отримані після зменшення рівнів початкового дерева рішень.

На рис. 2.7 представлений графік залежності похибки дерева регресії.

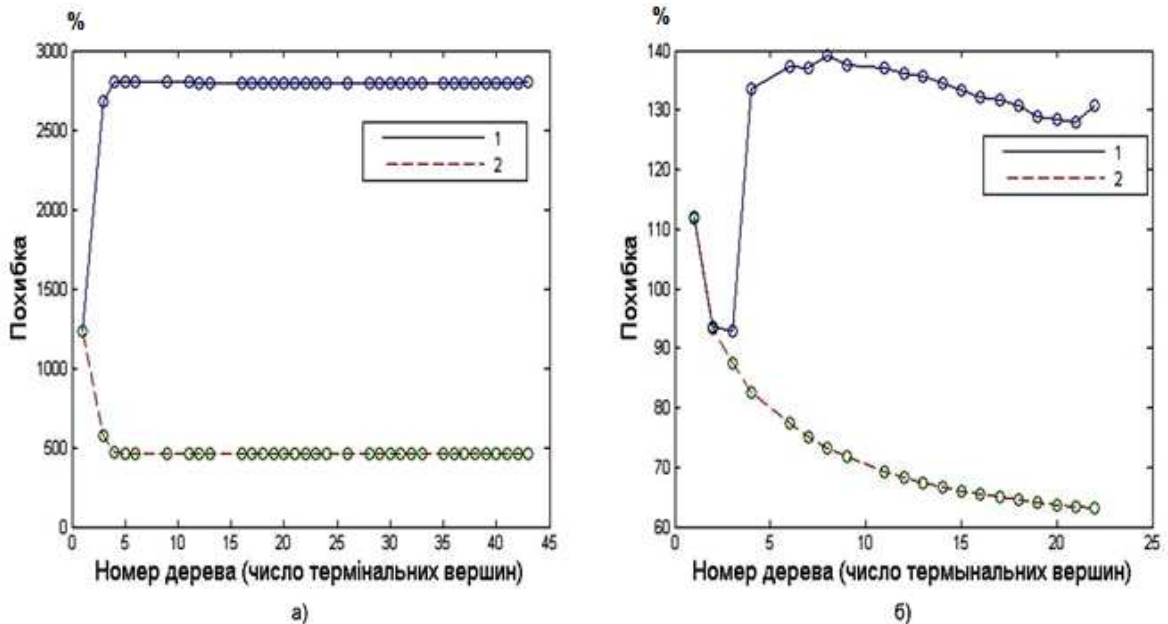


Рисунок 2.7 – Графік залежності похибки від розміру дерева:

а)- залежна змінна – щільність дисперсної системи;

б) залежна змінна – тиксотронія дисперсної системи

1 – означає похибку крос-перевірки; 2 – означає похибку нелінійної регресійної моделі. Для визначення похибки було застосовано метод зворотної підстановки початкових значень залежних і незалежних змінних.

Для СППР в реальних умовах дані правила не підходять, тому що є недостатньою їх точність.

Дерево рішень було побудовано за допомогою наведених вище алгоритмів.

Браку заготовки (типу: прилипання до ливарної форми) відповідає дерево регресії показане на рис. 2.8, а на рис. 2.9 наведені результати розрахунку похибки.

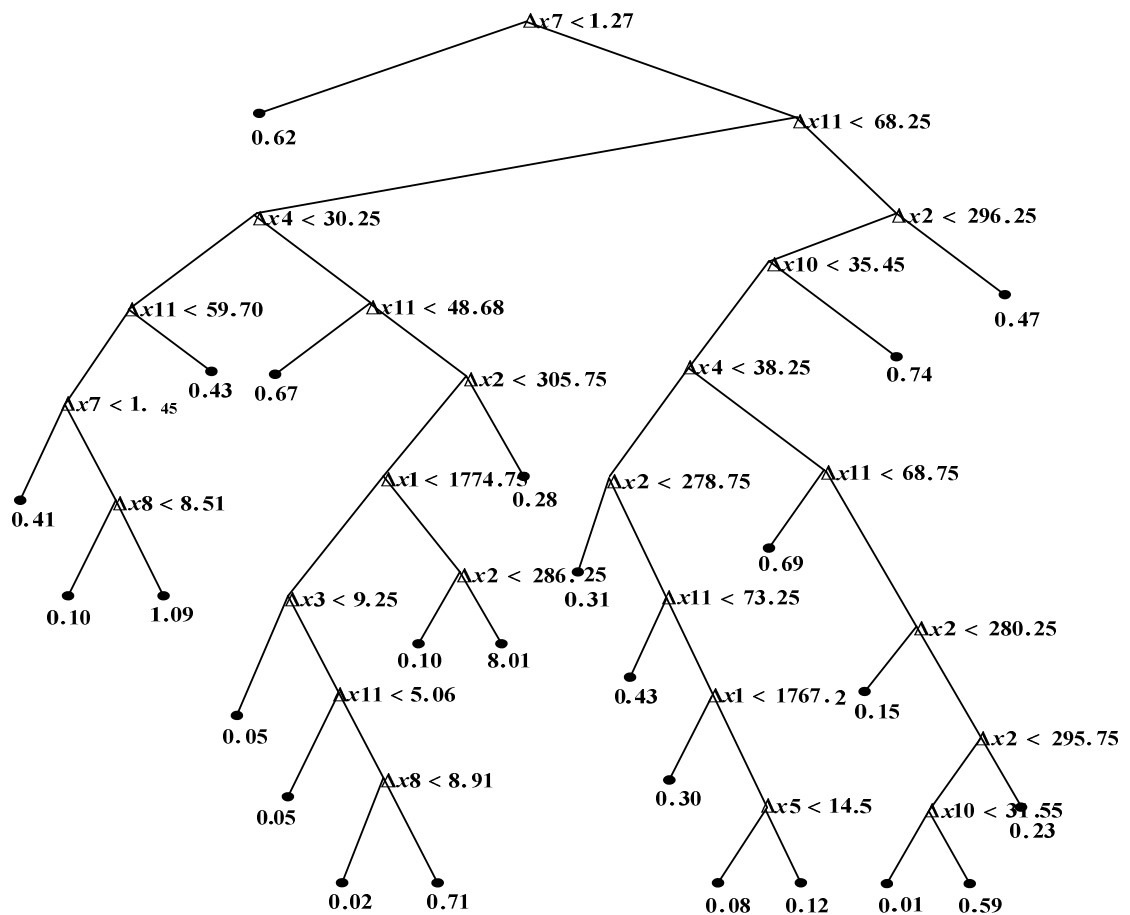


Рисунок 2.8 – Дерево рішень для прилипання заготовки до ливарної форми

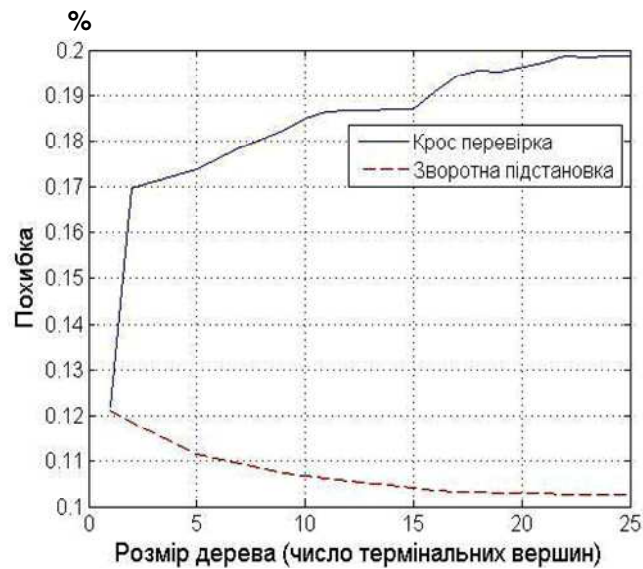


Рисунок 2.9 – Похибки для заготовки прилипання до ливарної форми

Середньо-квадратична помилка нелінійної регресійної моделі не більше 0,12%. Аналогічне дерево за алгоритмом CART має 3 правила. Графік залежності похибки незалежних змінних від залежних, наведений на рис. 2.10.

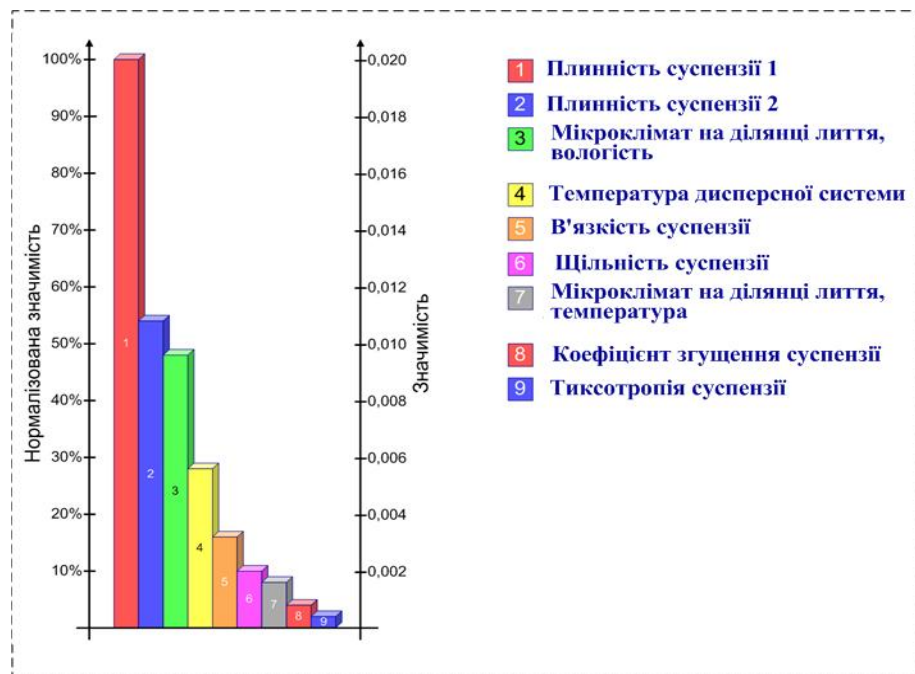


Рисунок 2.10 – Залежність технологічних параметрів на брак прилипання до ливарної форми

Метод має наступні недоліки:

- можна описати тільки 0 значення браку заготовок прилипання до ливарної форми;
- не завжди можна побудувати таке дерево рішень, щоб воно мало необхідну кількість термінальних вершин, при яких можна зробити висновок стосовно впливу залежних змінних на незалежні;
- правила є громіздкими та складними;
- похибка становить близько 90%, значить цей метод недоцільно застосовувати для реальних умов.

2.7. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Визначено параметри, за якими можна описати стан технічної системи. Запропоновано виконати декомпозицію системи за принципом структурного утворення. Це дасть можливість врахувати всі основні технологічні операції для виготовлення цегли.
2. Розглянуто методи. Найбільш доцільним для побудови алгоритму керування виготовленням цегли є створення інформаційних сховищ, а також даних про досвід виготовлення цегли (data warehousing).
3. Для побудови логічних правил та моделювання підсистем підготовки та формування заготовок цегли запропоновано застосувати методи нечітких нейромереж та ІСППР.

3. НЕЙРОНЕЧІТКА МЕРЕЖА ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ

3.1. Вибір архітектури нейромережі

Задачі, які можуть бути вирішені штучними нейромережами, поділяють на такі [16]: ідентифікація і оцінювання; апроксимація; асоціативне управління; прогнозування; класифікація і розпізнавання образів.

Штучна нейромережа це сукупність нейроподібних елементів, які з'єднані певним чином один з одним і з оточуючим зовнішнім середовищем. Узагальнена структура такої мережі показана на рис. 3.1.

Нейрон виконує функції [2, 20, 29]:

- отримує із зовнішніх джерел (або від інших нейронів) інформаційні сигнали;
- передає іншим нейронам сформований вихідний інформаційний сигнал (вихідний сигнал мережі).

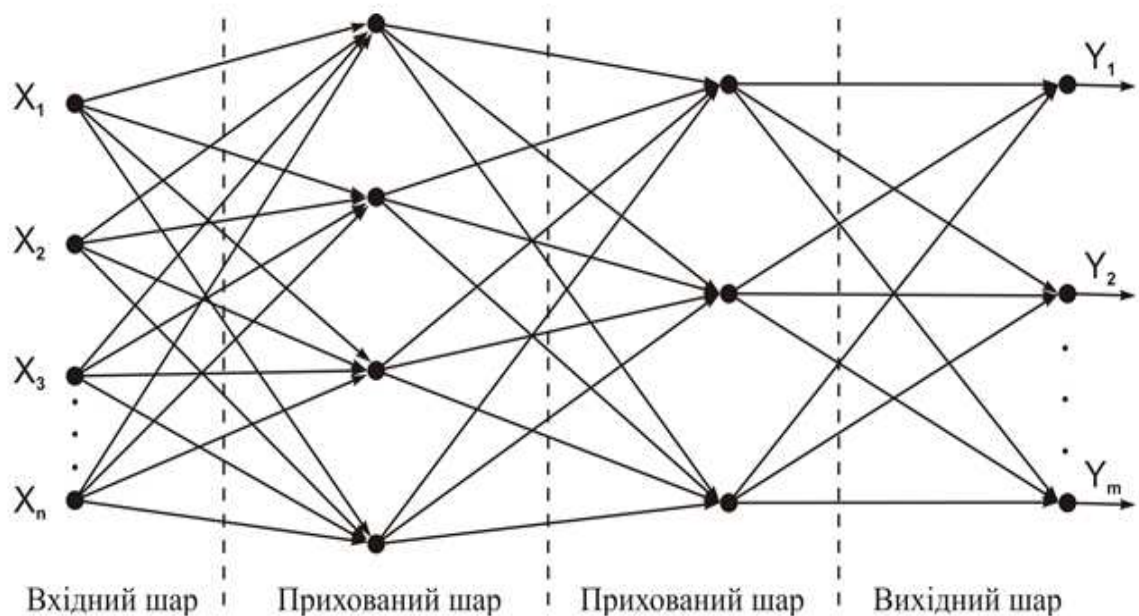


Рисунок 3.1 – Узагальнена структура штучної нейронної мережі

Формування вихідного інформаційного сигналу [2, 20]:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + w_0 x_0\right) = f\left(\sum_{i=0}^n w_i x_i\right), \quad (3.1)$$

де y – вихідний сигнал нейрона;

$x_0, x_1, \dots, x_n$ - вхідні сигнали;

$w_0, w_1, \dots, w_n$ - вагові коефіцієнти;

$f(\cdot)$ - функція активації.

Класифікація штучних нейронних мереж, наведена на рис 3.2 [2, 3, 16, 20, 29].

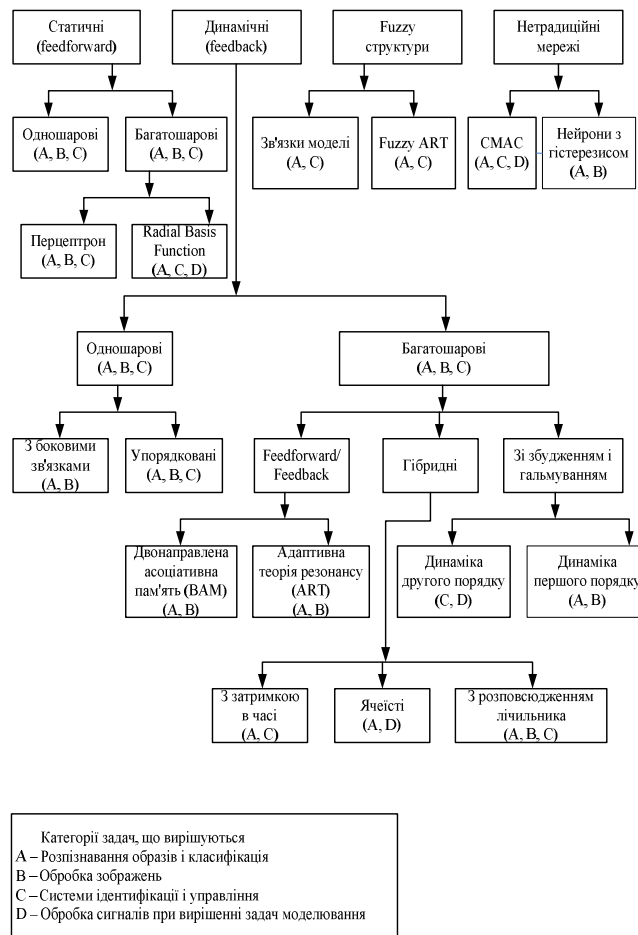


Рисунок 3.2 – Узагальнена класифікація ШНМ

При синтезі структури нейромережі керуються такими головними правилами [10, 15, 32-34]:

- можливості ШНМ збільшуються через збільшення кількості числа нейронів;
- введення в мережу додаткових синапсів сприяють зростанню потужності нейромережі.

Отже, необхідно здійснити вибір кількості внутрішніх шарів мережі та кількості числа нейронів у кожному шарі [20, 32].

Найбільш підходящим для побудови моделі технологічного процесу виготовлення цегли (та всіх його технологічних підсистем), є ШНМ Кохонена на основі самоорганізації.

3.2. Побудова структури моделі системи

Здатність ШНМ Кохонена до можливості апроксимації повинні дозволити ефективно прогнозувати значення фізикохімічних властивостей дисперсної системи в підсистемі підготовки сировинної маси для виготовлення цегли [3]. Гібридні нейромережі використовується в якості однієї з компонент більш загальної структури нейромережі [3, 25]. Гібридна мережа є синтезом мережі з самоорганізацією (виконує роль препроцесора) та мережі з властивостями апроксимації (в ролі постпроцесора). Структура такої гібридної мережі показана на рис 3.3.

Треба забезпечити можливість прогнозування значень технологічних параметрів для різних технологічних ділянок. Для цього необхідно знання результуючих фізико-хімічних властивостей дисперсної системи. Компонента нейромережі з апроксимацією навчається вчителем після закінчення навчання компоненти нейромережі з самоорганізацією. Навчальними сигналами є:

- множина пар $(Z(t)_i, R(t)_i)$, де $Z(t)_i$ - вектор, який сформовано з вихідних сигналів компоненти нейромережі з самоорганізацією; $R(t)_i$ - вектор цільових значень відображення $X(t)_i$, якому відповідає $Z(t)_i$.

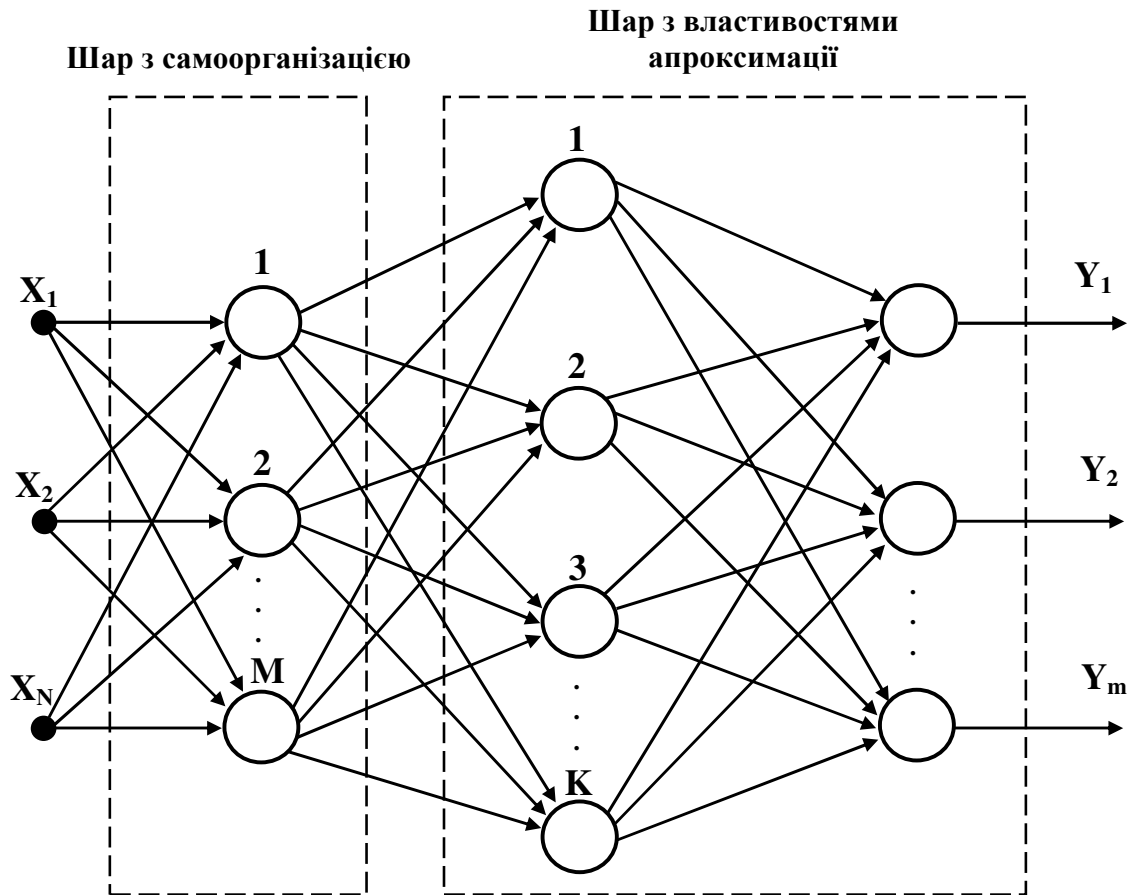


Рисунок 3.3 – Узагальнена структура гібридної нейромережі

В підсистемах приготування цегляної дисперсної системи та формування заготовок цегли треба [10]:

- проаналізувати моделі для підсистеми приготування сировинної маси;
- проаналізувати моделі для підсистеми формування заготовок цегли (прогнозування браку заготовок).

Таким чином для прогнозування значень характеристик фізико-хімічних параметрів цегляної дисперсної системи в підсистемі підготовки сировинної маси на нейромережному логічному базисі треба розв'язати завдання побудови гібридної моделі фізичнохімічних процесів в цій підсистемі.

3.3. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Застосування ШНМ Кохонена з самоорганізацією з конкуренцією між нейронами дасть можливість розв'язати завдання побудови моделі технологічного процесу виготовлення цегли, що дозволяє врахувати результати минулих прецедентів на прогнозовану ситуацію.

2. Для підвищення точності прогнозування пропонується побудувати модель технологічного процесу в підсистемі підготовки сировинної маси, за рахунок об'єднання властивостей ШНМ Кохонена та гібридних нейромереж.

4. РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ

4.1. Розробка структури системи

ІСППР повинна забезпечувати:

- аналізування та обробку різної інформації стосовно технологічного процесу виготовлення цегли в режимі реального часу;
- навчання на основі експертних даних щодо накопиченого досвіду;
- моделювання певних фізикохімічних процесів та прийняття рішень щодо цих процесів;
- аналізувати отримані результати.

При розробці ІСППР найчастіше застосовують комбінацію декларативних моделей та процедурних моделей представлення знань. Процес встановлення правил висновків треба замінити на процес навчання з ретроспективними даними. Таким чином відсутня необхідність під час функціонування ІСППР шукати необхідності записати за допомогою символів правила висновків (представлення знань в класичній експертній системі) [22]. При цьому головними принципами системного аналізу для проектування СППР є [25, 29]: інтегрованість з кожним наступним етапом проектування; системність; адекватність. Таким чином, проектування ІСППР, та його автоматизовано комп'ютерна інтеграція у підприємство з виготовлення цегли - це модель технологічного процесу, яка дає змогу описати певні фізикохімічні процеси, які відбуваються в режимі реального часу. Коли приходить необхідність змінювати рецепт сировинного матеріалу треба щоб здійснювалась переконструкція моделей знань та прийнятих рішень процесів пошуку.

ІСППР, як система штучного інтелекту, визначається набором [20]:

$$IS = \langle M, R(M), F(M), F(IS) \rangle,$$

де $F(SS)$ – функції модифікації системи IS та її базових конструкцій M , $R(M)$, $F(M)$; $M=\{M_i\}$ – множина формальних моделей, що реалізують визначені інтелектуальні функції; $F(M)=\{F(M_i)\}$ – множина функцій модифікації моделей; $R(M)$ – функції вибору необхідної моделі чи сукупності моделей, необхідних для обробки поточної ситуації.

Структура інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для виготовлення цегли при показана на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Структура ІСППР для виготовлення цегли

ІСППР пов'язана модулями, які забезпечують участь ОПР. В структурі ІСППР виділено окремо модулі та підсистеми [3]:

✓ Традиційно-класичні модулі:

- бази даних та бази знань;
- модулі накопичення знань та пошуку аналогій;
- модулі для організації взаємодії з ОПР.

✓ Підсистеми:

- моделювання ситуацій;
- комп'ютерно-інтегрованої підтримки;
- інтерфейсів зворотного зв'язку взаємодії з ОПР.

✓ Підсистема інтелектуальних технологій для створення інтелектуальних підсистем та адаптації моделей до оновлених умов виготовлення.

Завданням ІСППР є керування роботою модулів, контроль за інформацією. Тобто ІСППР повинна приймати рішення стосовно визначення типу нейромережних моделей, які потрібно використати.

4.2. Розробка підсистем моделювання та пошуку рішень

До складу системи моделювання та пошуку входять:

- підсистема підготовки сировинної маси;
- підсистема формування цегляних заготовок.

Узагальнена архітектура модуля для прийняття рішень за минулими прецедентами наведено на рис. 4.2. Застосовано асоціативну модель технологічного процесу виготовлення цегляних заготовок (нейромережі з самоорганізацією з конкуренцією між нейронами). Модуль функціонує в режимі розпізнавання образів та здійснює прогнозування значень фізикохімічних параметрів дисперсної системи та якості цегляних заготовок

(перенос минулих прецедентів на поточну ситуацію). ППР полягає у пошуку схожих ситуацій та врахування рішень, які були прийняті раніше. При неможливості знайти чітку аналогію з минулим випадком, система обирає найбільш близький варіант прийняття рішення.

Модуль працює в два режими [3]:

1. Режим роботи - пошук схожих ситуацій та прийнятих рішень;
2. Режим редагування - внесення змін до моделі на основі оновленої інформації.

За допомогою цього модуля ОПР має більше уявлення щодо протікання технологічного процесу та може прийняти рішення стосовно керування певною технологічною операцією в при підготовці сировинної маси та формування заготовок цегли.



Рисунок 4.2 – Архітектура модуля ППР за минулими прецедентами:

1 – модуль сполучення з зовнішніми джерелами знань; 2 – модуль сполучення з сукупністю нейронних мереж класифікації; 3 – база знань; 4 – алгоритм навчання;

5 – редактор структури; А – актуалізація; ДН – донавчання;

ОПР – особа, що приймає рішення

Узагальнена архітектура модуля для моделювання остаточного стану підсистеми підготовки дисперсної системи показана на рис. 4.3.

Тут ОПР може оперативного приймати рішення за рахунок аналізування результатів імітаційного моделювання для виготовлення цегли.

Режими роботи модуля [3]:

1. Режим роботи - оцінка стану дисперсної системи;
2. Режим редагування - внесення змін, модифікація та навчання.

Загальна архітектура

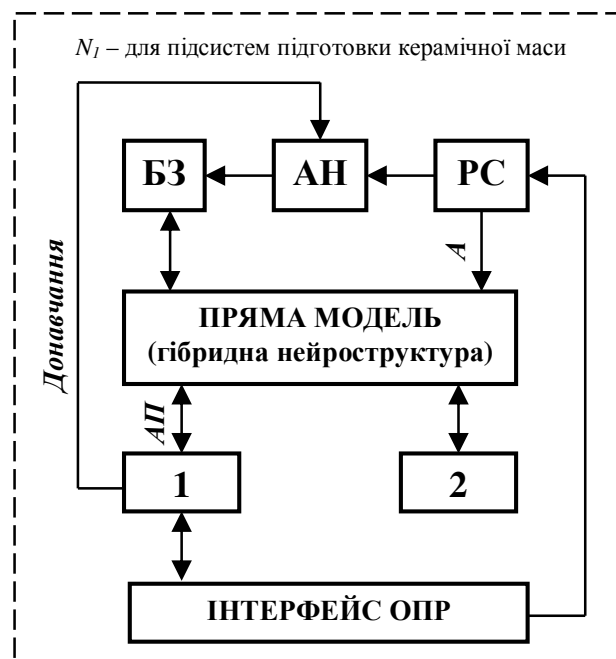


Рисунок 4.3 – Архітектура модуля прямих залежностей в підсистемі підготовки сировинної маси:

*1 – підготовка даних; 2 – модуль сполучення з зовнішніми джерелами знань;
БЗ – бази знань; АН – алгоритм навчання; РС – редактор структури;
А – актуалізація; АП – апроксимація; ОПР – особа, що приймає рішення*

Узагальнена архітектура модуля оцінки показників якості заготовок цегли в підсистемі формування сировинних заготовок цегли наведена на рис. 4.4. ОПР може ПР щодо керування проаналізувавши результати

модельовання процесу в технологічній підсистемі підготовки сировинної маси для виготовлення цегли. Режими роботи модуля [3]:

1. Режим роботи - визначення найкращої оцінки якості заготовок цегли;
2. Режим редагування - внесення змін, модифікація моделей та навчання.

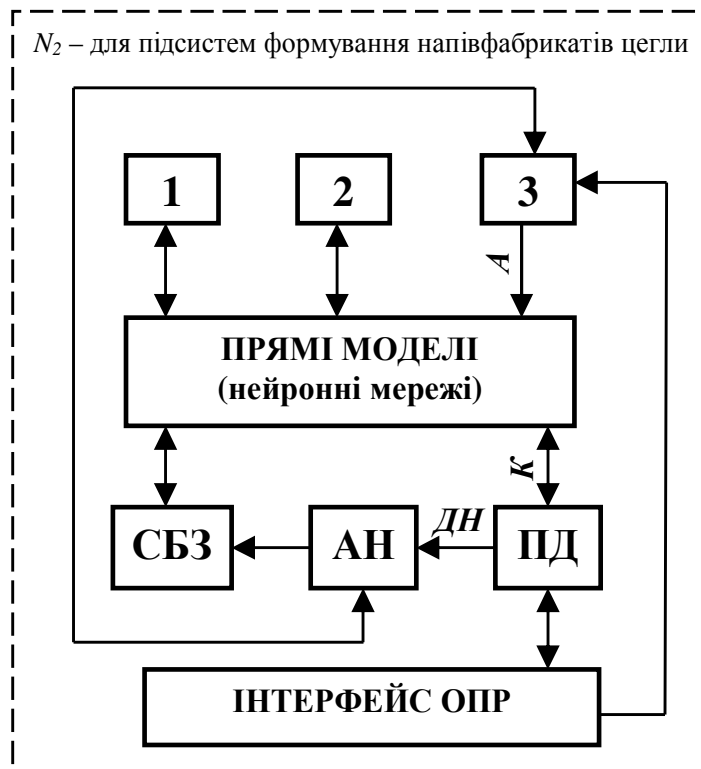


Рисунок 4.4 – Узагальнена архітектура модуля для визначення якості керамічних заготовок цегли:

1 – модуль сполучення з N_1 ; 2 – модуль сполучення з зовнішніми джерелами знань; 3 – редактор структури; А – актуалізація; ОПР – особа, що приймає рішення; СБЗ – сукупність баз знань; АН – алгоритм навчання; К – класифікація; ДН – донавчання; ПД – підготовка даних

Узагальнена архітектура модуля ІСППР для виконання зворотної оцінки технологічних параметрів в підсистемах підготовки сировинної маси та формування заготовок цегли показана на рис. 4.5. Це складова частина ІСППР, яка надає ОПР змогу швидко прийняти керуюче рішення

основуючись на аналіз результатів моделювання зворотних залежностей процесу в підсистемі підготовки сировинної маси та формування заготовок цегли [3].

Режими роботи модуля [3]:

1. Режим роботи - прогнозування значень по еталонним значенням сумарних показників якості заготовок цегли; прогнозування значень на проміжних стадіях процесу при підготовці сировинної маси;
2. Режим редагування - внесення змін, модифікація, навчання та/або донавчання.

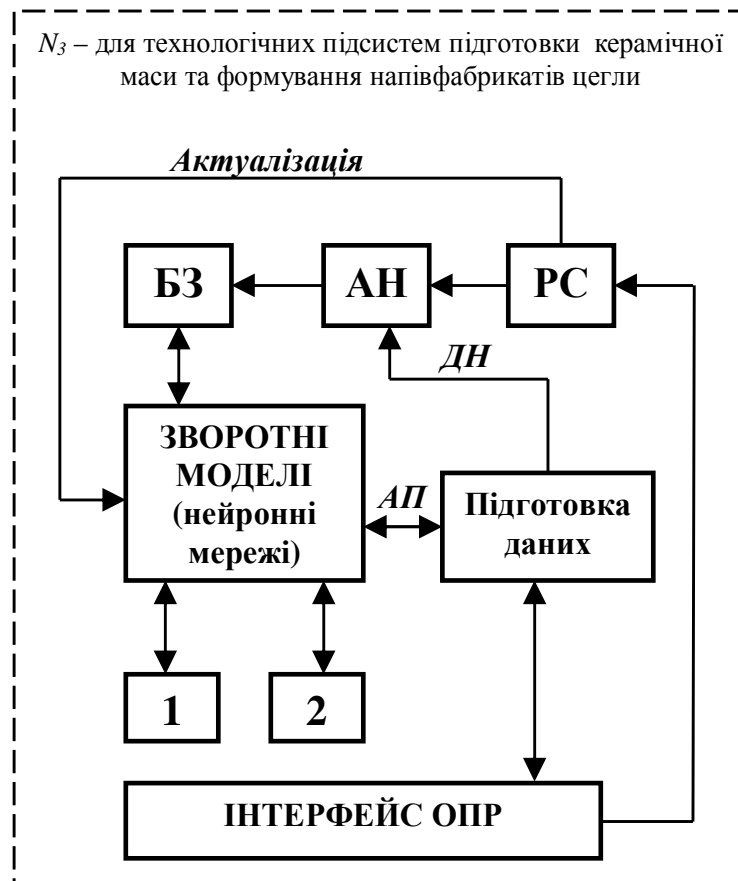


Рисунок 4.5 – Архітектура модуля зворотної оцінки:

1 – модуль сполучення з зовнішніми джерелами знань; 2 – модуль сполучення з модулем N_1 ; БЗ – бази знань; АН – алгоритми навчання; РС – редактор структури; ДН – донавчання; АП – апроксимація; ОПР – особа, що приймає рішення

Враховуючи вплив стохастичних та нестохастичних збурень, автоматична комп'ютерна інтеграція запропонованої в бакалаврській роботі ІСППР в технологічний процес виготовлення цегли дасть можливість здійснювати керування технологічним процесом таким чином, щоб була мінімізація витрат, що є непродуктивними.

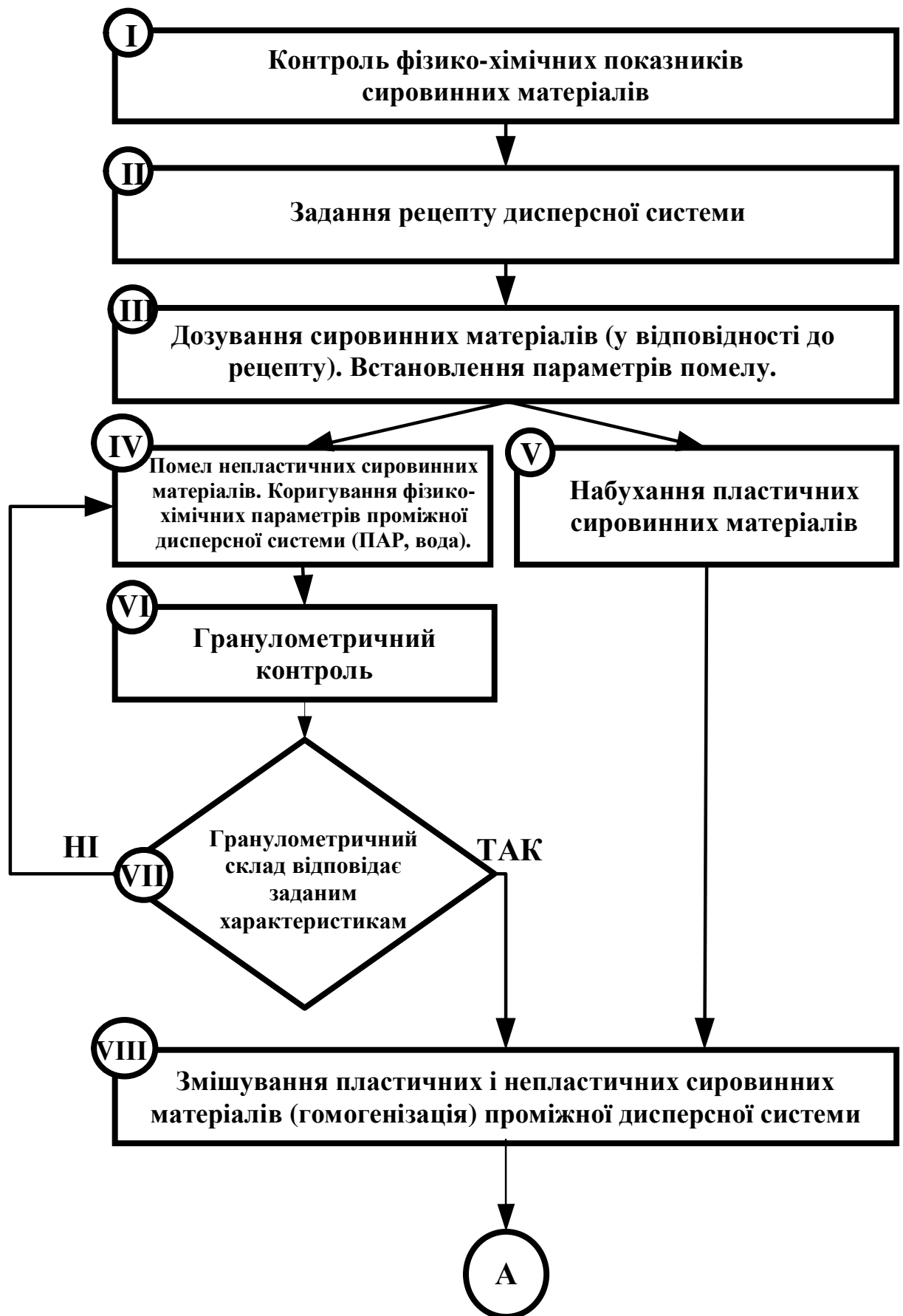
4.3. Структура системи керування процесом виготовлення цегли з ІСППР

Запропонована ІСППР має прямі та зворотні моделі багатостадійного технологічного процесу структурного утворення заготовок цегли, а також враховує технологічні підсистеми підготовки сировинної маси та формування заготовок цегли. Спрощений узагальнений алгоритм технологічного процесу показаний на рис. 4.6. Задачею керування технологічним процесом виготовлення цегли є забезпечення адаптивного керування. ОПР виступає в ролі регулятора основного контуру керування.

На рис. 4.7. показана структура автоматизованої системи керування технологією виготовлення цегли.

Відповідно до заданих цілей ОПР може здійснювати наступне [3]:

- початкове моделювання (з прямими моделями) з метою попереднього розрахунку оцінки параметрів дисперсної системи та прогнозування появи браку, а також формування керуючих впливів;
- попереднє моделювання (із зворотними моделями) з метою прогнозування значень фізикохімічних параметрів дисперсної системи технологічних параметрів на окремих стадіях технологічного процесу, а також формування керуючих впливів;
- послідовне формування керуючих впливів на певних стадіях технологічного процесу в підсистемах підготовки сировинної маси та формування цегляних заготовок.



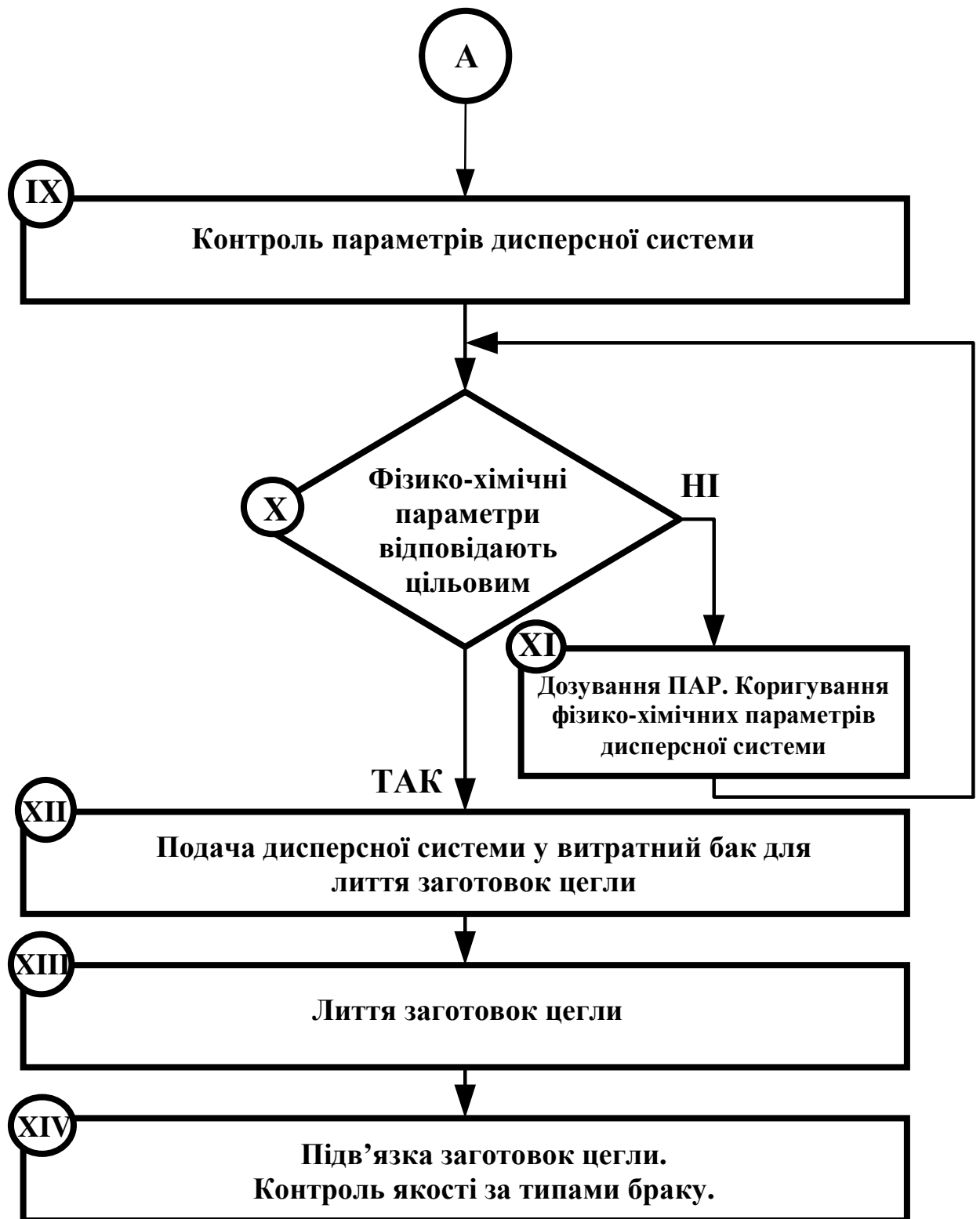


Рисунок 4.6 – Алгоритм технологічного процесу створення структури заготовок цегли

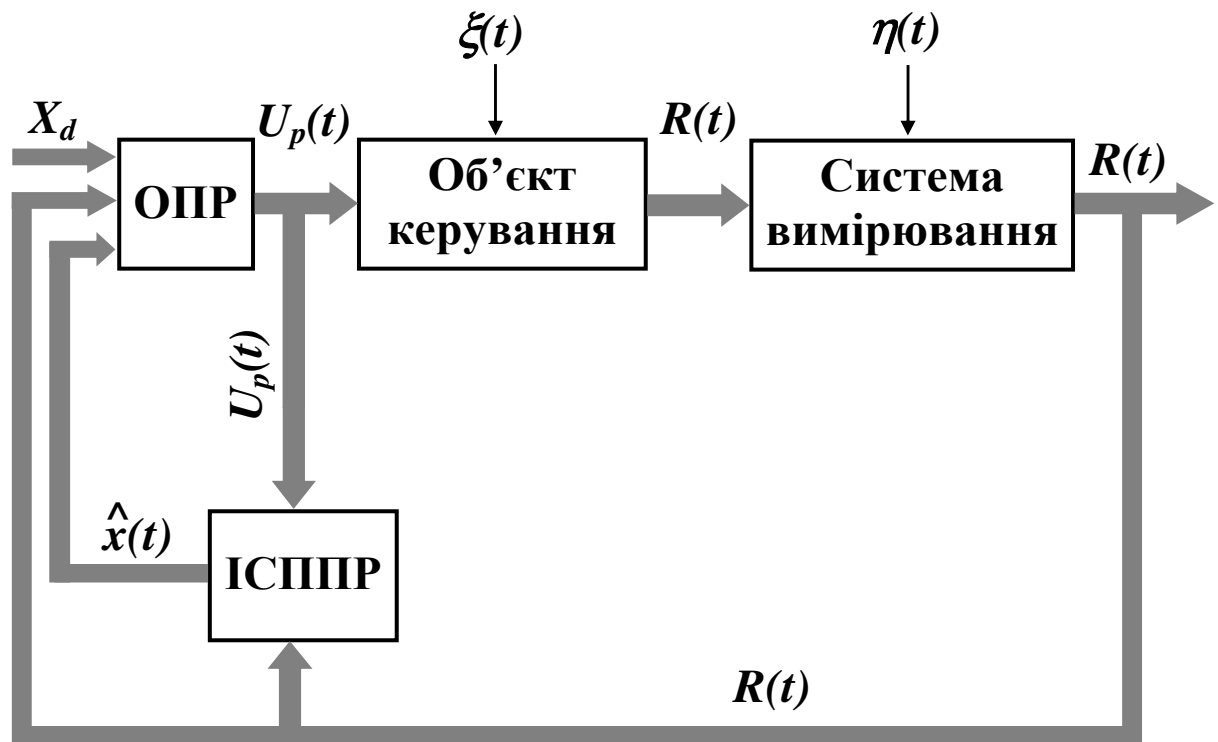


Рисунок 4.7 – Структура автоматизованої системи керування технологією виготовлення цегли з ІСППР:

X_d – вхідні дані (параметри технологічного процесу); $U_p(t)$ – управляючі впливи на різних стадіях технологічного процесу; $\xi(t)$ – збурення; $\eta(t)$ – шуми вимірів; $R(t)$ – цільові вихідні сигнали; $\hat{x}(t)$ – вектор оцінки якості заготовок (за типами); ОПР – особа, що приймає рішення; ІСППР – інтелектуальна система підтримки прийняття рішень.

Оскільки ОПР виступає в ролі регулятора основного контуру керування технологічним процесом, то дана ІСППР у складі підприємства, що виготовляє цеглу, здатна до навчання та адаптації до змін оточуючого навколишнього зовнішнього середовища та складових елементів технологічних підсистем, дасть змогу здійснювати адаптивне керування технологічним процесом виготовлення цегли.

4.4. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Запропонована структура ІСППР дає можливість здійснювати контроль за технологічним процесом виготовлення цегли в режимі реального часу.
2. Розроблена ІСППР дозволяє здійснити автоматизовано комп'ютерну інтеграцію в підприємство.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі визначено залежності параметрів технологічного процесу виготовлення цегли, розроблено ІСППР, яку можна інтегрувати у підприємство, що в свою чергу дасть змогу мінімізувати витрати ресурсів. Було отримано результати:

1. Визначено параметри, за якими можна описати стан технічної системи. Запропоновано виконати декомпозицію системи за принципом структурного утворення. Це дасть можливість врахувати всі основні технологічні операції для виготовлення цегли.

2. Для побудови логічних правил та моделювання підсистем підготовки та формування заготовок цегли запропоновано застосувати методи нечітких нейромереж та ІСППР.

3. Для підвищення точності прогнозування пропонується побудувати модель технологічного процесу в підсистемі підготовки сировинної маси, за рахунок об'єднання властивостей ШНМ Кохонена та гібридних нейромереж.

4. Запропонована структура ІСППР дає можливість здійснювати контроль за технологічним процесом виготовлення цегли в режимі реального часу. Розроблена ІСППР дозволяє здійснити автоматизовано комп'ютерну інтеграцію в підприємство.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація технічної підготовки виготовлення : навч. посіб. / П. Павленко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2006. 114 с.
URL: <http://lan.lib.vntu.edu.ua/documents/000321.pdf>.
2. Архангельський В. І. Нейроні мережі в системах автоматизації / В. І. Архангельський, І. Н. Богаєнко, Г. Г. Грабовський, Н. А. Рюмшин – К.: Техніка, 1999. – 364 с.
3. Бабенко Т.В. АСУТП в керамічній промисловості: проблеми і рішення // Науковий вісник НГУ. – 2003. – №10. – С. 92-93.
4. Білоусов О.Ю. Аспекти характеристики сировини для пористої кераміки / О.Ю. Білоусов, О.О. Миронюк, Л.П. Черняк // Polish journal of science, 2019. – No 18. - Vol.1. – pp. 53-57.
5. Будівельна кераміка з використанням техногенних компонентів з власною структурною пористістю / Я. О. Галушка [та ін.] // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health : наук. вид. : тези доп. 26-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2018, [16-18 травня 2018 р.] : у 4 ч. Ч. 2 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – С. 217.
<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39103>
6. Будівельний журнал: ринок керамічних матеріалів в Україні [Електронний ресурс] // Інформаційно-аналітичний журнал №3-4 (133- 134) 2018. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://budjournal.com.ua/doc/full%203-4%202018.pdf>.
7. Будівельний журнал: стан виготовлення будматеріалів в Україні [Електронний ресурс] // Інформаційно-аналітичний журнал №3-4 (127-128)2017.– 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://budjournal.com.ua/doc/full%203-4%202017.pdf>.

8. Виробництво будівельної кераміки [Електронний ресурс] // Всеукраїнська спілка виробників будматеріалів. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://avbmv.com.ua/>
9. Гліненко Л.К., Сухонос О.Г. Основи моделювання технічних систем. – Навч. посібник. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 176 с.
10. Гоц В., Павлюк В., Шилук П. Бетони і будівельні розчини. Основа, 2016. 568 с.
11. ДСТУ Б А.1.1-54-94 «Сировина глиниста для виготовлення керамічних будівельних матеріалів. Терміни та визначення»
12. ДСТУ Б В.2.7-60-97 «Сировина глиниста для виготовлення керамічних будівельних матеріалів. Класифікація»
13. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 «Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови»
14. ДСТУ Б В.2.7-245:2010 «Вироби керамічні клінкерні. Технічні умови»
15. Інструментальні методи хімічного аналізу силікатних систем: навч. Посіб. / В.А. Свідерський, Л.П. Черняк, В.Г. Сальник, В.М. О.О. Сікорський, Н.О. Дорогань. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2017. – 172 с.
16. Калюжний О.Я. Моделювання систем передачі сигналів в обчислювальному середовищі MATLAB-Simulink: Навч. Посібник. –К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2004. - 136 с
17. Кобяко І.П., Черняк Л.П., Сай В.І., Свідерський В.А. Розвиток виготовлення будівельної кераміки в Україні. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. К.: Знання, 2006. – вип. 22. – С. 35 – 39.
18. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський, М.О. Кочевих, Ю.Г. Гасан, Б.Я. Константинівський, В.О. Ракша. К.: Ліра-К, 2012. – 624 с.
19. Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С.Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с.

20. Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи: підручник / Л.С. Ямпольський, О.І. Лісовиченко, В.В. Олійник – К.: «Дорадо-Друк», 2016. – 576 с. ISBN 978-966-2077-69-8

21. Обсяг виробленої продукції підприємств [Електронний ресурс] // Державна служба статистики. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

22. Пушкар, О. І., Гіковатий В. М., Євсєєв О. С., Потрашкова Л. В. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Харків : Інжек, 2006. 304с.

23. Системи і методи підтримки прийняття рішень : підручник / П. І. Бідюк та ін. Київ : «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського», 2022. 610 с.

URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48418/1/Systemy_i_metody_pidtrymky_pryiniattia_rishen.pdf

24. Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні [Текст] : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. С. Ямпольський , Б. П. Ткач, О. І. Лісовиченко ; МАУП. - К. : Персонал, 2011. - 543 с.іл.

25. Сікора Л.С. Систематологія прийняття рішень на управління в складних технологічних структурах – Львів.: Каменярь, 1998. – 453с.

26. Технічні характеристики керамічної цегли : методичні рекомендації до лабораторних робіт / уклад. О. В. Громова, А. М. Зінкевич, Т. І. Афанасьєва ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2022. – 14 с. <http://eadnurt.diiit.edu.ua/bitstream/123456789/16395/1/1781.pdf>

27. Технологія керамічних будівельних матеріалів / В. Гоц та ін. Основа, 2020. 744 с.

28. Томашевський В. М. Моделювання систем [під ред. М. З. Згуровського] / В. М. Томашевський – К. : Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.

29. Федорчук Є.Н. Програмування систем штучного інтелекту. Експертні системи / Є.Н.Федорчук, Вид-во Львівської політехніки, 2012. - 168 с.

30. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів у прикладах і задачах: навч. посібник у 2-х ч. Ч.1. Технологічні розрахунки в хімічних технологіях тугоплавких неметалевих і силікатних / [Брагіна Л.Л., Корогодська А.М., Пітак О.Я. та ін.]; за ред. М.І. Рищенко. Х.: Підручник НТУ «ХПИ», 2012. – 332 с.

31. Черняк В.Л., Черняк Л.П. Розвиток виготовлення та ринку будівельної кераміки в Україні. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. К.: Знання, 2008. – № 3 (30). – С. 85-89.

32. Ямпольський Л. С. Гнучкі комп'ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління: комплекс підруч. в 2-х книгах з мультимедійними комп'ютерно-інтегрованими засобами ДВН для студ. вищ. навч. закл. / Л. С. Ямпольський, П. П. Мельничук, К. Б. Остапченко, О. І. Лісовиченко. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 786 с.

33. Systems Innovation. Systems Theory Overview, 2014. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GRnkggRSIDY>.