

КОНКУРСНА РОБОТА (ПРОЕКТ)

Тема: «Прогнозуюче нейрокерування ГП збагачення магнетитових кварцитів»

Шифр: «Прогнозуюче нейрокерування »

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1.	
1.1. Структура АСКВ Підприємства.....	6
1.2. Структура сучасної АСУТП.....	9
1.3. Завдання рівнів АСУТП	10
РОЗДІЛ 2.	
2.1. Вступ.....	13
2.2. Вдосконалення системи АСУТП для підвищення якості концентрату до складу 69% Fe концентрату.....	22
2.2.1. Призначення вдосконаленої системи.....	22
2.2.2. Опис постановки задачі	22
2.2.3 Впровадження ідеї	26
РОЗДІЛ .	
3.1. Тренування нейромережі.....	27
3.2. Архітектура нейромережі	28
3.3. Аналіз.....	29
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АСК ТП - Автоматизована система керування технологічним процесом

АСК - Автоматизована система керування

ТП - Технологічний процес

АСКВ - Автоматизована система керування виробництвом

SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition) - диспетчерське управління і збір даних

АСУП - Автоматизована система управління підприємством

РЗФ - Рудозбагачувальна фабрика

ПЗ - Програмне забезпечення

ПЛК - Програмований логічний контролер

ЦП - Центральний процесор

ВСТУП

Навіть зараз в умовах війни продукція вітчизняних металургійних та гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) складає переважну долю доходів від експорту (приблизно 30–40%), а це понад 10% ВВП України. Разом з цим обмеженість доступу до логістики світових ринків збуту та зношення основних фондів на окремих підприємствах сягає 80–90% вимагає ці підприємства шукати інноваційні шляхи підвищення ефективності власного виробництва. Дослідження провідних закордонних та вітчизняних вчених доводять, що одним з найбільш перспективних шляхів у цьому залишається комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва на основі використання інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування.

На сьогоднішній час відомо досить багато підходів до проблеми автоматизації процесів збагачення. Зараз досить активно розвивається способи побудови автоматизованих систем керування на основі використання технологій штучного інтелекту (наприклад, нейронні мережі, нечітка логіка, еволюційні алгоритми тощо). На відміну від „класичних” детермінованих автоматизованих систем керування (АСК), які засновано на використанні жорстких алгоритмів (або чіткої логіки), системи із використанням штучного інтелекту мають властивості навчання та самонавчання (тобто накопичення та узагальнення досвіду). Причому такому узагальненню можуть підлягати фактори, що погано формалізуються із використанням звичайних математичних методів (наприклад, власний досвід або інтуїція фахівців та т.ін.). Разом з цим досвід свідчить, що на розробку та впровадження інтелектуальних систем керування витрачаються значно менші кошти за рахунок зменшення необхідності використання коштовного обладнання (датчики, первинні перетворювачі, контролери, засоби телекомунікації тощо).

Також відомо, що переважна більшість існуючих зараз у світі промислових систем автоматизованого керування реалізована на основі пропорційних, інтегруючих, диференціальних регуляторів або їх комбінацій (П, І, ПІД – регулятори). Відносна простота реалізації та порівняльно висока надійність таких систем обумовлюють їх застосування приблизно у 80–90%

систем промислової автоматизації. Разом з тим відомо, що ПІД – системи не завжди можуть забезпечувати необхідну якість керування, особливо в умовах складних ТП із властивостями нелінійності, нестационарності, інерційності, запізнення в часі, випадкових збурень, наявності нечіткої та неповної

інформації. Саме до таких ТП належать більшість переділів збагачення корисних копалин.

На відміну від зазначених підходів інтелектуальні системи за рахунок застосування окремих математичних моделей розумової діяльності людини, узагальнюючих властивостей, вбудованої нелінійності та адаптивності при забезпеченні певних умов дозволяють вирішувати такі завдання.

Метою роботи є доведення можливості підвищення ефективності керування ТП збагачення магнетитових кварцитів шляхом застосування інтелектуального прогнозуючого керування всіма стадіями в умовах невизначеності окремих властивостей сировини.

Об'єкт дослідження – технологічний процес збагачення залізної руди (магнетитових кварцитів) в умовах технологічної лінії (секції) рудозбагачувальної фабрики (РЗФ) ГЗК.

Предмет дослідження – автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) збагачення залізної руди на всіх стадіях на основі застосування прогресивних підходів штучного інтелекту (прогнозує нейрокерування).

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновано нові перспективні способи, алгоритми та програмно-технічні рішення, які дозволяють прогнозувати та підтримувати такі значення базових показників ТП збагачення, які наближені до оптимальних їх значень для конкретної технологічної ситуації. Дослідження свідчать, що такі дії забезпечують стабілізацію кількісних та якісних показників магнітного продукту всіх стадій, зменшують втрати корисних компонентів та енергоносіїв.

Реалізація результатів роботи. Результати роботи використані в проектах реконструкції АСУТП РЗФ для ПАТ «Південний ГЗК» (м. Кривий Ріг).

РОЗДІЛ 1

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Автоматизована система управління підприємством (АСУП) – управління, при якому застосовуються сучасні засоби збору, обробки, передачі

даних, економіко-математичні методи вирішення завдань управління підприємством.

АСУП забезпечує автоматизований збір і обробку інформації про діяльність виробництва, апарату управління, що включає розробку інформаційної системи підприємства, необхідної для оптимізації управління в різних сферах людської діяльності.

Комплексний підхід до вивчення АСУП повинен включати:

- вивчення властивостей і зв'язків досліджуваної системи управління;
- рішення задач організації й планування виробництва;
- визначення комплексу технологічного обладнання та масиву обліково-звітних документів;
- дослідження можливості автоматизації процесу управління виробництвом;
- розробку зв'язків між вузлами управління як всередині системи, так і з зовнішніми джерелами;
- побудову структури інформаційних витоків та організація документообігу;
- вибір базових технічних засобів, термінальних пристроїв та їх параметрів;
- дослідження функціональних ланок підприємства з аналізом їх структури;
- застосування сучасних технологій при проектуванні АСУП;
- аналіз і розробку засобів програмно-математичного забезпечення системи управління;
- оцінку економічної ефективності від упровадження автоматизованої системи управління виробництвом.

Мета створення АСУП – забезпечити ефективність функціонування виробничо-господарських процесів підприємства як об'єкта управління.

Функції, що виконуються АСУП:

- забезпечення реалізації внутрішніх і зовнішніх зв'язків підприємств.

У першому випадку вони спрямовані на найбільш ефективне функціонування підприємства як єдиного цілого, у другому – на забезпечення його необхідними ресурсами, узгодженими плановими завданнями і якісною об'єктивною звітністю. При цьому АСУП знаходиться на стику двох потоків інформації: один потік зверху – від системи народного господарства на підприємство, другий знизу – від технологічних і виробничих процесів;

- використання обчислювальних можливостей сучасних ЕОМ дає змогу вирішувати організаційно-економічні задачі за профілем основних функціональних відділів підприємства: планового, виробничого, постачання, збуту, фінансів, кадрів, бухгалтерського тощо.

При розгляді всієї множини завдань АСУП суттєвим як за характером самих задач, так і за застосовуваними методами їх вирішення є виділення чотирьох основних фаз або стадій і, відповідно, чотирьох груп задач, сукупність яких утворює замкнутий цикл управління тим чи іншим об'єктом:

- планування(визначення показників що характеризують діяльність об'єкта);
- власне управління(реалізація завдань та необхідних операцій по виробленню конкретних управляючих впливів і їх реалізації на об'єкті);
- облік(визначення як кількісних, так і якісних показників результатів діяльності окремих підрозділів і всього підприємства в цілому);
- аналіз(зіставлення отриманих даних обліку з плановими показниками);

1.1 Структура АСУ підприємства

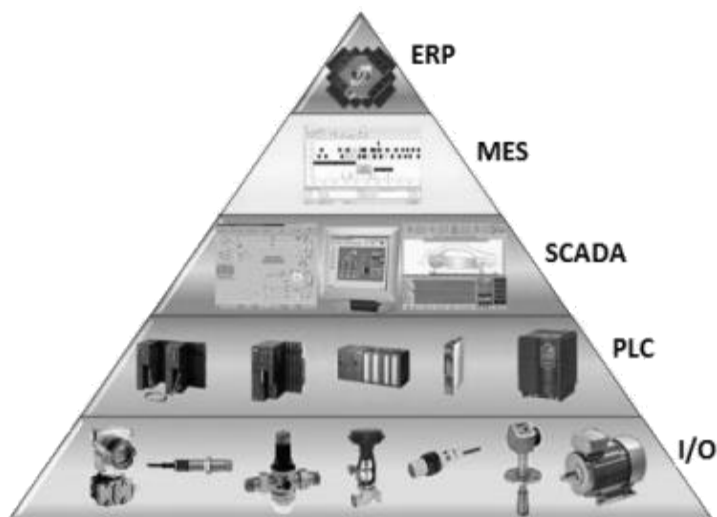


Рисунок 1.1 - Піраміда автоматизованої системи промислового підприємства

Рівень *Input / Output*:

До цього рівня належать датчики, виконавчі механізми та інші пристрої, призначені для збору первинної інформації та реалізації керуючих впливів.

Рівень *Control*

Другий рівень, призначений безпосереднього управління виробничим процесом з допомогою пристроїв зв'язку з об'єктом (УСО), мікропроцесорних засобів автоматизації. В основному на цьому рівні замикаються найкоротші контури управління виробництвом, хоча можливі варіанти розширення функціональності рівня в деяких випадках.

Рівень *SCADA*

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (Диспетчерське управління та збір даних). На рівні здійснюється диспетчеризація систем збору даних та оперативне управління технологічним процесом, приймаються тактичні рішення, спрямовані на оптимізацію та досягнення стабільності процесу.

Рівень *MES*

MES-Manufacturing Execution System (Система виконання виробництва). Інформація з третього рівня не придатна для прийняття стратегічних рішень: потік сирих даних, без належної обробки, слугуватиме скоріше

«інформаційним шумом» для менеджерів та економістів. Необхідною сполучною ланкою виступає новий клас засобів управління виробництвом – *Manufacturing Execution Systems* – системи виконання виробництва.

Цей рівень виконує впорядковану обробку інформації про хід виробництва в різних цехах, забезпечує управління якістю, а також є джерелом необхідної інформації в реальному часі для найвищого рівня управління.

Рівень *ERP*

ERP-Enterprise Resource Planning System (Система планування ресурсів підприємства). Рівень є корпоративною інформаційною системою, призначену для автоматизації обліку та управління. Як правило, *ERP*-системи будуються за модульним принципом і тією чи іншою мірою охоплюють усі ключові процеси діяльності підприємства. Найголовніше призначення *ERP*-систем полягає в знаходженні взаємозв'язків між усіма відділами, а також створення єдиного інформаційного сховища даних, що містить всю необхідну інформацію про підприємство, про послуги, про вироблену продукцію, про роботу всіх служб підприємства і т.д.

Як видно, у міру віддалення від «основи» посилюється абстрагування від технологічного процесу: якщо рівень *I/O* безпосередньо взаємодіє з технологічним процесом і має повну інформацію про нього, то в міру наближення до вершини піраміди, інформаційні показники стають узагальнюючими і характеризують все виробництво в цілому. В даний час на всіх рівнях піраміди, використовуються програмно-апаратні комплекси.

1.2 Структура сучасної АСУТП

Автоматизована система управління технологічними процесами, яка має 2 або 3 рівні, виконуючи наступні функції:

- збір інформації;
- підтримка технологічних параметрів на заданих значеннях;

- контроль за технологічними параметрами, для яких не виконуються функції регулювання;
- сигналізація;
- блокування управлінь, які є результатом помилкових дій технологічного персоналу;
- протиаварійний захист (ПАЗ) при виникненні аварійних ситуацій.

Спрощено структуру АСУТП можна представити в наступному вигляді:

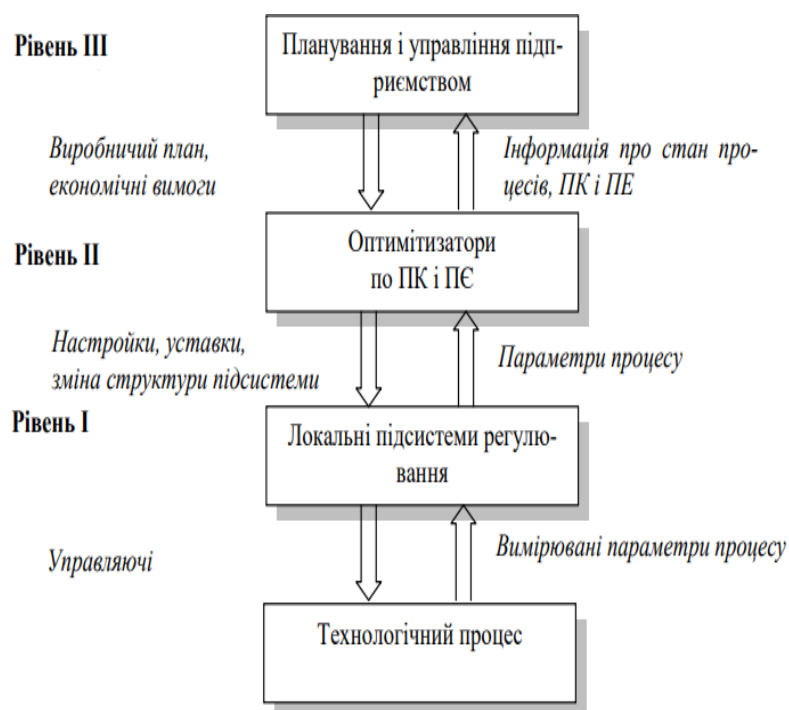


Рисунок 1.2 – Структура інформаційних потоків АСУТП

1.3 Завдання рівнів АСУТП

Перший (нижній) рівень АСУТП є рівнем датчиків, виконавчих механізмів і контролерів, які встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах. Їхня діяльність полягає в отриманні параметрів процесу, перетворенні їх у відповідний вигляд для подальшої передачі на вищий ступінь (функції датчиків), а також у прийомі управляючих сигналів і у виконанні відповідних дій (функції виконавчих механізмів).

Задачами рівня є:

- збір інформації про вимірювані технологічні параметри процесу;
- вироблення управляючих дій на технологічний процес з метою підтримки технологічних параметрів на заданих значеннях або зміни їх по певних законах;
- сигналізація про вихід їх за задані межі;
- блокування помилкових дій персоналу і управляючих пристроїв;
- протиаварійний захист процесу за фактом аварійних подій.

Підсистеми цього рівня підтримують параметри технологічного процесу на заданих значеннях і можуть бути реалізовані з використанням «традиційних» методів регулювання динамічними об'єктами.

Другий (середній) рівень – рівень виробничої ділянки (цеху). Його функції:

- збір інформації, що поступає з нижнього рівня, її обробка і зберігання;
- вироблення управляючих сигналів на основі аналізу інформації;
- передача інформації про виробничу ділянку на вищий рівень;
- обчислення параметрів, що не вимірюються, зокрема, показників якості продукції, техніко-економічних показників;
- зведення матеріальних балансів;
- архівування інформації;
- генерація звітів;
- діагностика і захист від збоїв в елементах підсистем нижнього рівня;
- визначення налаштувань управляючих пристроїв (УП) і уставок локальних регуляторів підсистем I рівня;
- зміна структури локальних підсистем (переконфігурація, включення/виключення, перехід у ручне управління і т.д.).

На даному рівні проводиться оптимізація технологічних процесів за технологічними показниками.

Третій (верхній) рівень у системі автоматизації займає т.з. рівень управління і відноситься до системи керування підприємством. На цьому рівні здійснюється контроль за виробництвом продукції, оптимізація за техніко-

економічними і економічними показниками. Цей процес включає збір даних, що поступають з виробничих ділянок, їх накопичення, обробку й видачу управляючих директив нижнім ступеням.

Завдання управління даного рівня:

- оптимізація економічних показників виробництва;
- управління економічними і техніко-економічними показниками;
- зведення матеріальних балансів;
- архівування інформації;
- складання виробничих планів;

Слід зазначити, що деякі завдання другого і третього рівнів перекриваються та в ряді випадків ці два рівні об'єднуються в один.

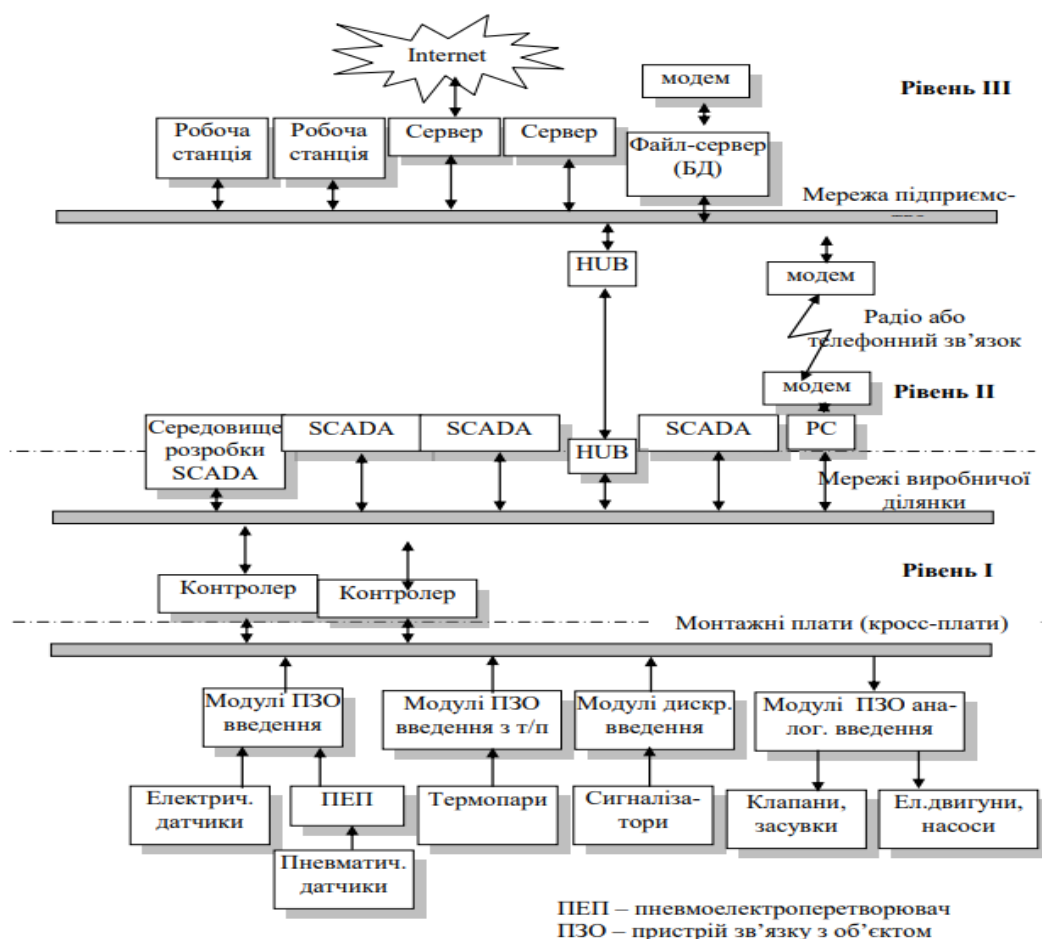


Рисунок 1.3 – Розгорнена структура сучасної АСУТП

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПЛИВУ СИСТЕМ АСУТП НА ЯКІСТЬ КОНЦЕНТРАТУ

2.1 Вступ

Сучасне збагачувальне виробництво, як об'єкт керування, характеризується складністю структурних зв'язків, розтягнутістю й аперіодичністю технологічних процесів у часі, наявністю великої кількості зворотних зв'язків (рециклів), властивостями нелінійності, стохастичності та нестационарності, наявністю не чіткої та неповної інформації. Гірничозбагачувальні комбінати (ГЗК) є великими промисловими об'єднаннями з розвинутою інфраструктурою. Основу виробництва становлять технологічні процеси видобутку, переробки й збагачення залізної руди. Збагачення залізної руди (магнетитових кварцитів) в умовах рудозбагачувальних фабрик є заключною частиною всього технологічного процесу, кінцевою метою якого є отримання концентрату максимально високої якості при необхідній продуктивності. Саме залізорудний концентрат вважається основним різновидом кінцевої продукції ГЗК. Хоча більшість таких підприємств в Україні мають додаткове виробництво окатишів та агломерату, де первинною сировиною все одно є концентрат.

При цьому, на конкурентоздатність вітчизняної продукції досить вагомий вплив, як і раніше, мають традиційні проблеми, зокрема: якість продукції менша ніж у потенційних конкурентів, велика питома енергомісткість, занадто високі втрати корисних компонентів у процесі переділу і т.д. Також, що стосується вітчизняних ГЗК, більшість яких зосереджено у криворізькому регіоні (Кривбасі), слід зазначити низку стійких тенденцій негативного характеру. У першу чергу це постійне збільшення глибини кар'єрів, зниження запасів багатих руд та, відповідно, збільшення частки бідних та важкозбагачувальних різновидів в шихті. Все це разом призводить до поступового збільшення собівартості гірничих робіт та подальшого збагачення залізорудної сировини

Збагачення руд чорних металів є достатньо енергоємним та матеріалоемним процесом. Про це свідчить аналіз найбільших статей витрат за технологічними переділами для ГЗК Кривбаса. Наприклад, для Інгулецького ГЗК (ІНГЗК) частка цих статей в собівартості 1т концентрату приблизно така: електроенергія - 18,3%, кулі - 6,7%, вода 1,3%. В умовах постійного зростання тарифів, особливо на енергоносії, достатньо актуальним є завдання окрім отримання концентрату більшої якості, також, зменшення загальної собівартості його виробництва.

Відомі різні шляхи кардинального вирішення цих питань: заміна застарілого обладнання (зношення основних фондів зараз на окремих підприємствах сягає 80-90%), впровадження сучасних більш ефективних технологій збагачення, вдосконалення існуючих схем ланцюгів апаратів.

На деяких вітчизняних гірничих підприємствах вже проводиться аналіз та випробування технологічних схем разом із обладнанням для флотаційного доведення концентратів. Однак, такі заходи вимагають значних капіталовкладень та, як добре відомо, впровадження флотаційних методів збагачення супроводжується суттєвим погіршенням екологічного стану регіону, що несе за собою обмеження, а також, іноді суттєві додаткові витрати, наприклад такі як: екологічний податок. Хоча, "внесок" ГЗК у забрудненні атмосферного повітря складає всього від 0,3 до 2,4 %. Що показано у вигляді діаграми

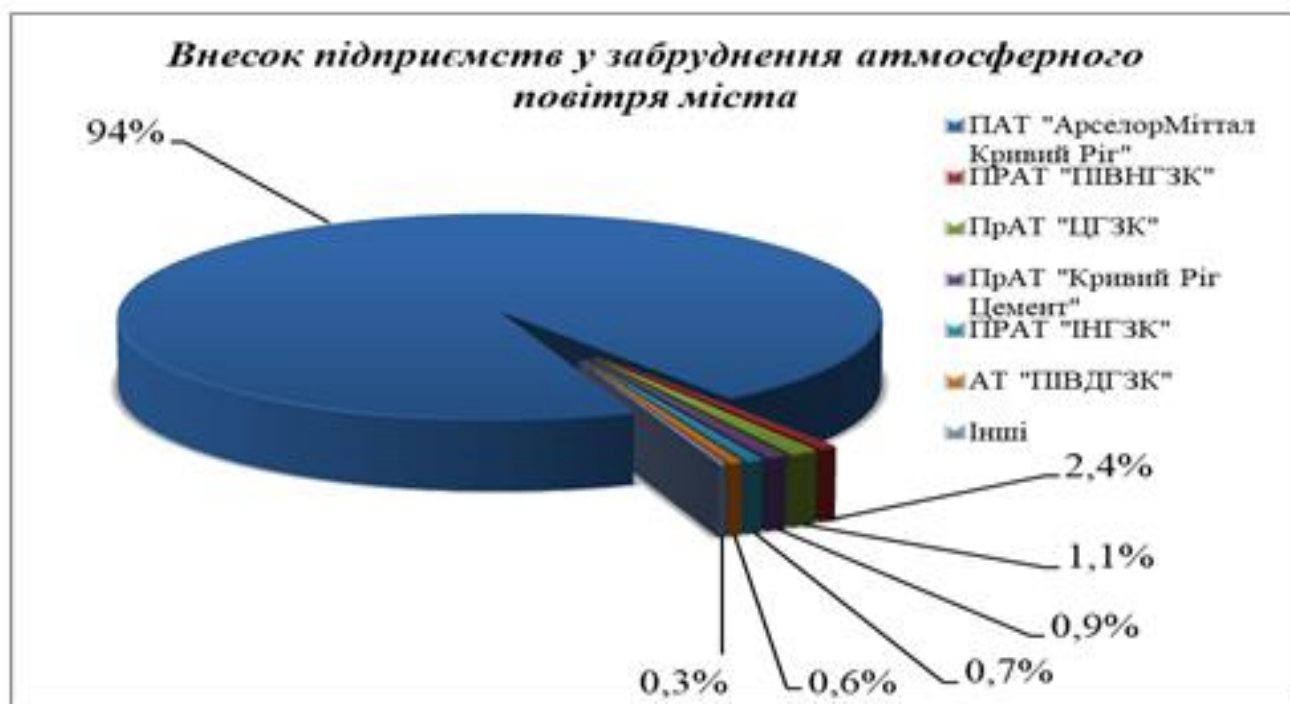


Рисунок 2.1 – Діаграма впливу ГЗК на забруднення середовища

Але все ж таки, головним завданням підприємства є вдосконалення технології збагачення на ГЗК та отримання концентрату найкращої якості, так як якість – це конкурентоздатність ГЗК.

2.2 Вдосконалення системи АСУТП для підвищення якості концентрату до складу 69% Fe концентрату

2.2.1 Призначення вдосконаленої системи:

- отримання концентрату заданої якості з мінімальними відхиленнями від запланованих показників;
- зниження втрат корисного мінералу в хвостах збагачення;
- збільшення вмісту заліза в концентраті, за рахунок підвищення ефективності операцій подрібнення і збагачення, шляхом автоматичної підтримки оптимальних режимів роботи технологічного обладнання;

2.2.2 Опис постановки задачі

Вдосконалюється 1-ша секція рудо-збагачувальної фабрики №2.

- Проектна продуктивність секції по вихідній руді - 184,0 - 187,0 т/год
- Масова частка заліза загального:
- в концентраті - 69,00%;

Секція запроектована за тристадною схемою подрібнення.

Питома продуктивність подрібнювального обладнання за класом -0,074мм:

- I стадія – 0,95÷1,05 т/мЗч;
- II стадія – 0,76÷0,80 т/мЗч;
- III стадія – 0,19÷0,26 т/мЗч.

Зниження коливань масової частки заліза у концентраті здобуватиметься за рахунок удосконалення системи контролю та управління технологічним процесом та стабілізації основних технологічних параметрів;

Головними недоліками існуючих концепцій автоматизованого керування технологічними лініями збагачення є:

- керування окремими стадіями збагачення не є узгодженим (переважно першою стадією або всіма стадіями незалежно);
- при розробці багатовимірних та багато зв'язних математичних моделей ТМ не враховується (або недостатньо враховується) наявність неповної та нечіткої інформації про вхідні збурюючі фактори (фізико-хімічні, мінералогічні та текстурні властивості первинної сировини).

Разом з тим, постійні коливання вхідних параметрів (збурень), їх нестаціонарні властивості, наявність неповної та нечіткої інформації. Так на рис. 4.4 та наведено приклади такої інформації. Складність вимірювання зазначених показників в режимі реального часу із потрібною точністю призводить до необхідності застосування непрямой інформації. Такі відомості теоретично можливо отримати на підставі геологічних даних, результатів роботи кар'єру та дробильної фабрики. Але отримана таким чином інформація буде мати ще більше транспортне запізнення (як мінімум добу) та доволі низьку точність, обумовлену накопиченою похибкою непрямих розрахунків, а також тим, що процеси рудо підготовки в технологічних бункерах РЗФ мають чітко виражений випадковий характер .

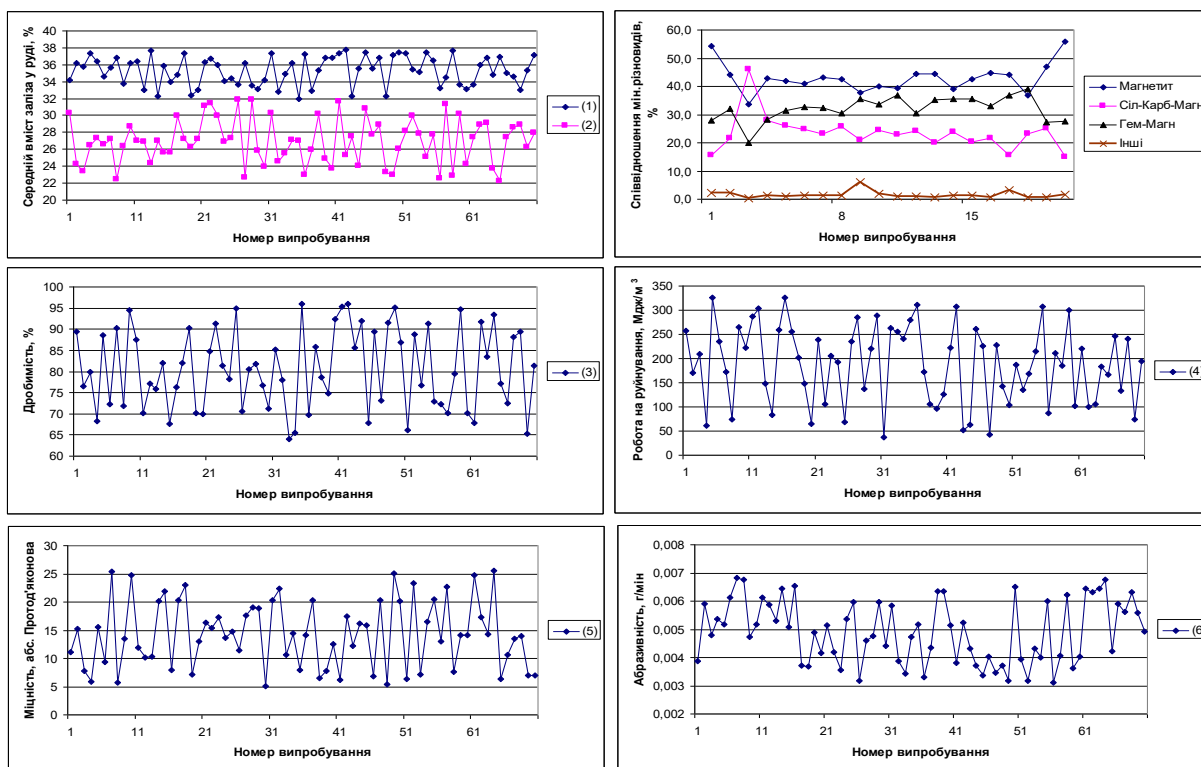


Рис. 2.1 Зміна фізико-хімічних властивостей мінеральних різновидів руд Південного ГЗК у ході ТП збагачення:

- 1 – вміст заліза загального, %;
- 2 – вміст заліза магнітного, %;
- 3 – дробимість, %;
- 4 – робота на руйнування, Мдж/м³;
- 5 – міцність за шкалою Протод'яконова, абс.;
- 6 – абразивність, г/мін.

Для вирішення зазначених питань необхідне вдосконалення існуючих концепцій автоматизованого керування технологічною лінією збагачення, враховуючи перелічені вище вимоги, шляхом встановлення залежностей між мінеральним складом, фізико-хімічними, фізико-механічними властивостями первинної руди та результуючими показниками роботи окремих стадій збагачення. На підставі цього у межах концепції необхідно встановити раціональні співвідношення між стадіями.

З урахуванням нової концепції, необхідно вирішити завдання ідентифікації, синтезу системи керування та оптимізації ТП в умовах

невизначеності з метою підвищення ефективності функціонування технологічної лінії збагачення. Отже, цей напрям є досить актуальним і вимагає подальших досліджень.

З технологічної точки зору саме перша стадія (особливо ТП подрібнення) є визначальною для якості вихідного продукту (концентрат, вміст заліза, вологість). Тому основним об'єктом автоматизації на збагачувальній фабриці є низка механізмів, які входять до складу першої стадії подрібнення - млин, живильники, які подають у млин руду, трубопровід, який подає воду, спіральний класифікатор, який слугує зворотнім зв'язком (технологічним) по поверненню крупних включень у млин, пристрою подачі шарів.

Однією з найважливіших умов, що задовольняє технологічну вимогу забезпечення стабільної продуктивності в завантаженні млинів, є підтримка оптимального співвідношення “руда-вода” або “тверде:рідке” (Т:Р). Тому широкого розповсюдження отримали системи регулювання заданого співвідношення на вході млина.

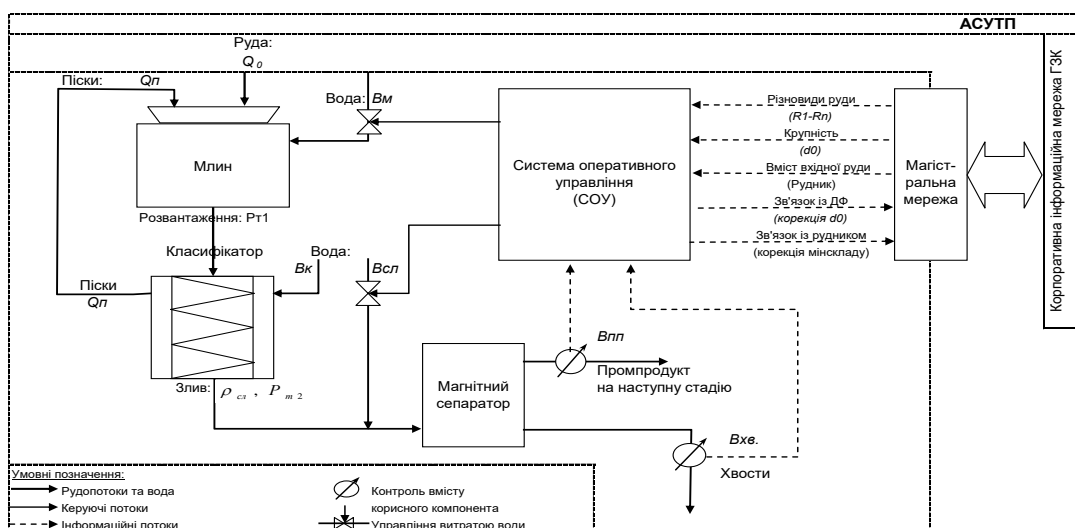


Рисунок 2.2 – Структурна схема системи регулювання співвідношення руда-вода для першої стадії подрібнення

В першу чергу, вважаю вартим прибрати недоліки у виді решти “сліпих зон” або обладнання яке хоча і виконує своє завдання, але якість або точність залишає бажати кращого.

2.2.3 Впровадження ідеї

Так як в умовах війни можливість виділення ресурсів, замовлення іноземного та нашого вітчизняного обладнання, дуже обмежено, обладнання обирається з точки зору його доступності та не великої вартості. І скоріш за все залишатиметься у “рамках” ідеї, до закінчення війни – нашою перемогою.

В першу чергу нам потрібно контролювати та керувати водою поступаючої у млин (мати контур контролю тиску води на секції).

Перечень нового обладнання:

- Аналоговий вхідний модуль Q68ADI (0-20; 4-20 ma)
- Аналоговий вихідний модуль Q68DAI (0-20; 4-20 ma)
- Датчик тиску JUMO dTRANS p30
- Витратомір Khrono з регулюючим клапаном на трубопровід.



Рисунок 2.3 – Аналоговий вхідний модуль Q68ADI (0-20; 4-20 ma)



Рисунок 2.4 – Аналоговий вихідний модуль Q68DAI

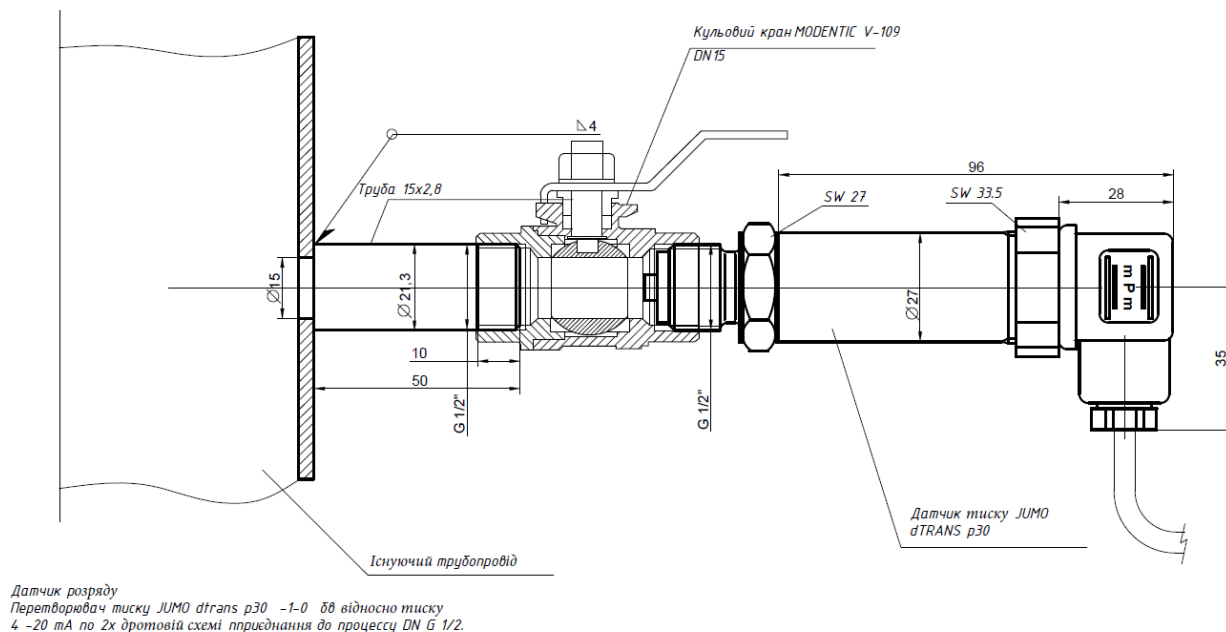


Рисунок 2.5 – Датчик тиску JUMO dTRANS p30 з краном MODENT

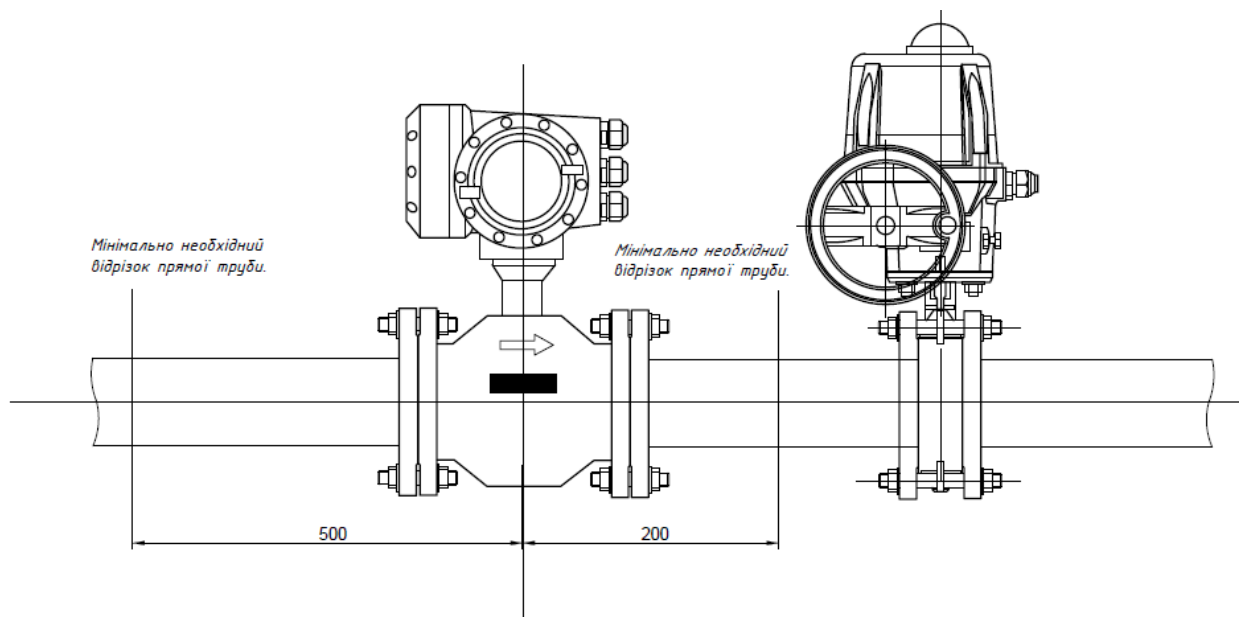


Рисунок 2.6 – Креслення установки витратоміра і регулюючого клапана на трубопроводі.

У системі АСУТП секції №1 РОФ-2 використовуються контролери компанії Mitsubishi. При обробці аналогових сигналів 0-20mA, контролер отримує величини вимірних параметрів діапазоні 0-4000 одиниць. Виходячи з існуючого діапазону вимірювання рівня тиску в трубі, отримаємо величини приведенні в стовпці Ед.Р PLC.

	P	Ед.Р PLC
0	0,0	0,0000
1	0,2	200
2	0,4	400
3	0,6	600
4	0,8	800
5	1	1000
6	1,2	1200
7	1,4	1400
8	1,6	1600
9	1,8	1800
10	2	2000
11	2,2	2200
12	2,4	2400
13	2,6	2600
14	2,8	2800
15	3	3000
16	3,2	3200
17	3,4	3400
18	3,6	3600
19	3,8	3800
20	4	4000

Рисунок 2.7 – Відповідність величин між датчиком тиску та ПЛК

Для того щоб з'ясувати якість нового датчика, було проведено тестування обох датчиків(старого та нового) , з яких ми з'ясували, що старому датчику властиво спотворені та не лінійні показання. Новий же датчик показав майже лінійне значення і більшу стійкість до зовнішніх умов. Показання наведені на графіку нижче.

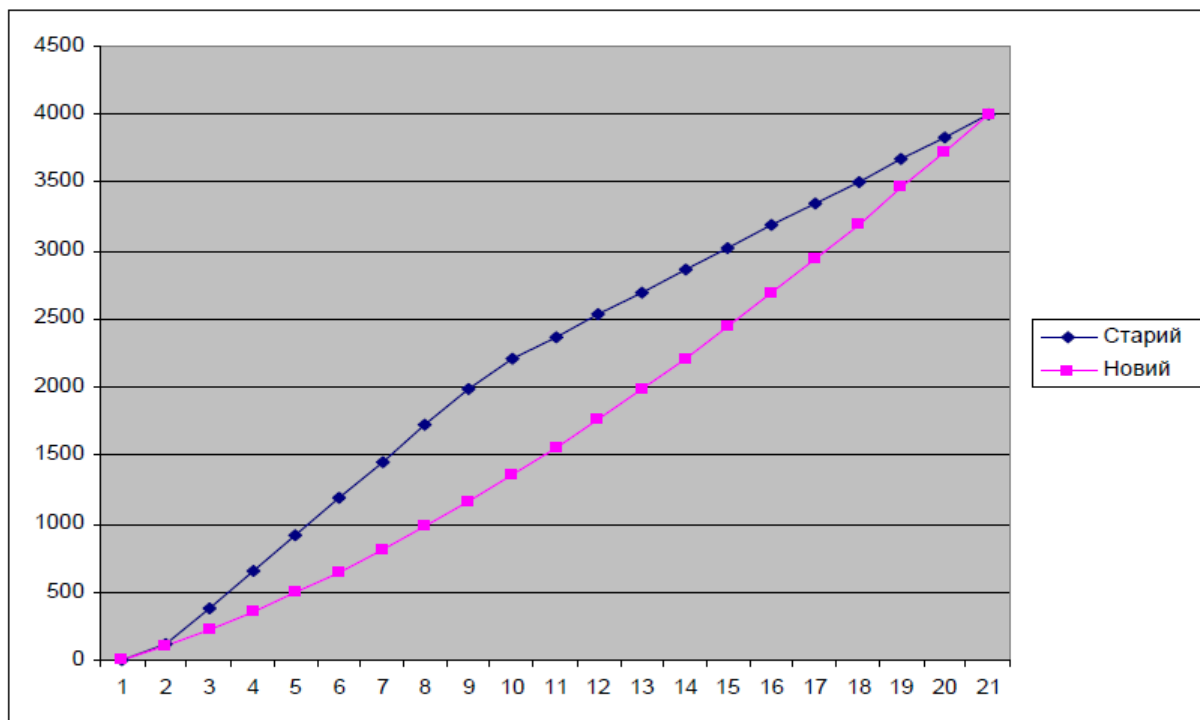


Рисунок 2.8 – Порівняння датчиків

Особливо велику похибку між старим і новим датчиком ми можемо спостерігати у точках [2350;11] для $\text{—}\blacklozenge\text{—}$, та [1530; 11] для $\text{—}\blacksquare\text{—}$.

Вирахуємо відсоток максимально зменшеної похибки, завдяки новому обладнанню:

$$4000/100 = 40(1\%);$$

$$2350/40 = 58.75\% (\text{—}\blacklozenge\text{—})$$

$$1530/40 = 38.25\% (\text{—}\blacksquare\text{—})$$

$$58.75\% - 38.25\% = 20.5\%$$

Таким чином, ми отримуємо набагато більш достовірні данні (до 20.5%) і маємо можливість стабілізації контуру - співвідношення «руда/вода» для завантаження млинів.

Підключення обладнання:

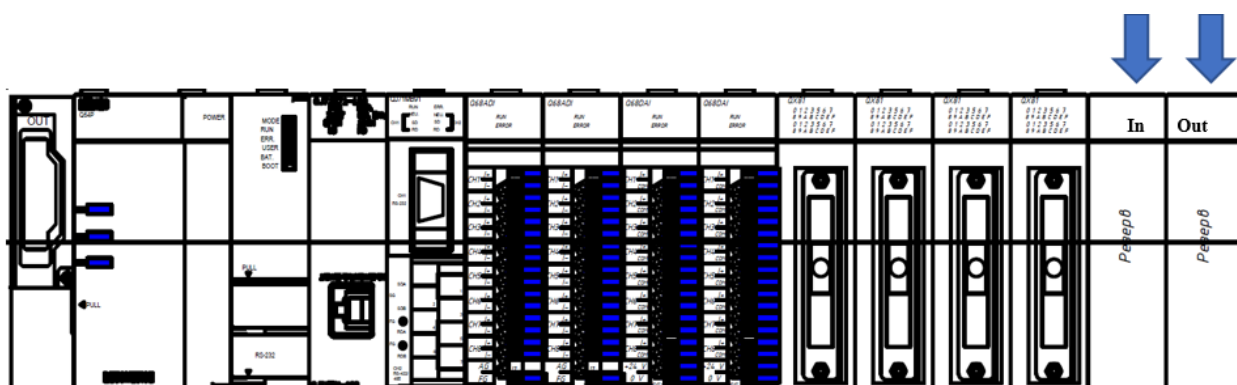


Рисунок 2.11 – ПЛК Mitsubishi System Q

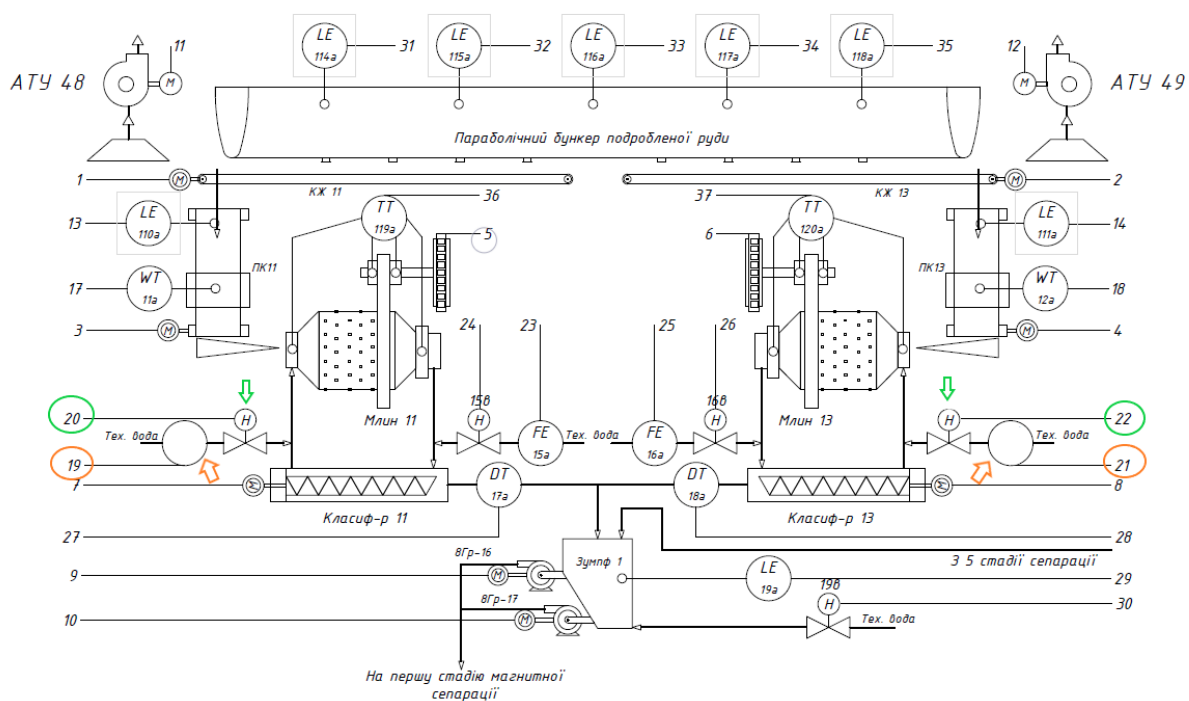


Рисунок 2.12 – Підключення датчиків

РОЗДІЛ 3

ПОБУДОВА ПРОГНОЗУЮЧОГО НЕЙРОКЕРУВАННЯ ТП ЗБАГАЧЕННЯ НА ОСНОВІ НЕЙРОЕМУЛЯТОРУ MATLAB NEURAL NETWORK

3.1. Тренування нейромережі

Набір даних для тренування:

Вхідне значення – $x \in$:

Крупність:

X1

Вміст заліза в руді:

X2 - Fe суспільний; X3 – Fe магнітний

Вихідне значення – у є :

Кількість заліза в концентраті:

Y1- Fe суспільний

Вологість:

Y2

Кількість заліза в концентраті магнітного:

Y3 – Fe магнітний

Задання набору даних для тренування нейромережі:

Данні які використовуються для навчання є дійсними даними технологічного процесу терміном – за 60 діб.

Задання даних для навчання мережі:

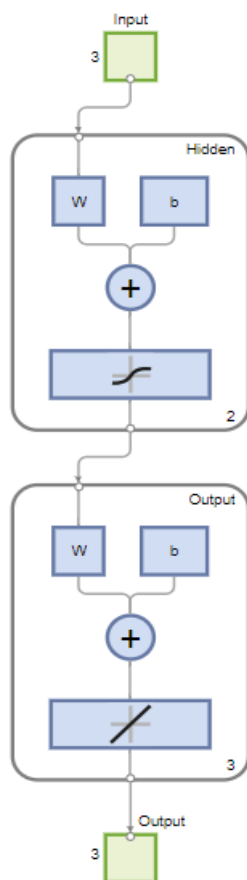
X

Y

	1	2	3
1	9.6200	34.6000	27.5000
2	9.6167	33.6000	26.7000
3	9.6333	34.5000	27.4000
4	9.6333	33.9000	27.0000
5	9.6000	35.2000	28.0000
6	9.6500	33.2000	26.4000
7	9.6000	35.2000	28.0000
8	9.6167	33.4000	26.7000
9	9.6167	35.6000	28.3000
10	9.6143	34.8000	27.7000
11	9.6333	33.8000	25.9000
12	9.6333	35.6000	28.3000
13	9.6400	34.8000	27.7000
14	9.6200	35.2000	28.0000
15	9.6400	35.3000	28.1000
16	9.6333	35.3000	28.1000
17	9.6500	34.6000	27.6000

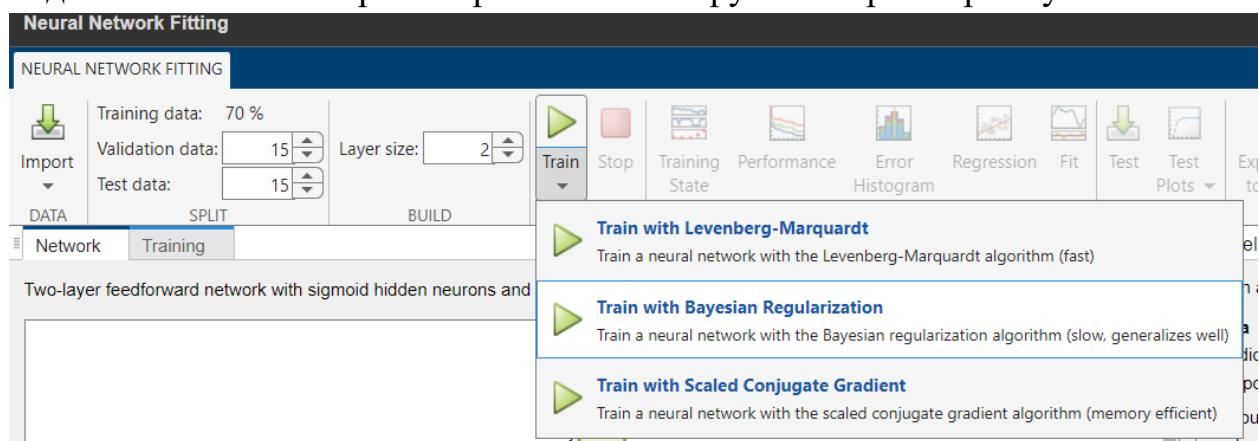
	1	2	3
1	34.5000	9.2000	27.5000
2	34.5000	9.2000	27.5000
3	34.5000	9.6000	27.5000
4	34.5000	9.6000	27.5000
5	34.4000	9.5000	27.4000
6	34.4000	9.5000	27.4000
7	34.4000	9.2000	27.4000
8	34.4000	9.2000	27.4000
9	34.6000	9.5000	27.5000
10	34.6000	9.5000	27.5000
11	34.6000	9.4000	27.5000
12	34.6000	9.4000	27.5000
13	34.5000	9.2000	27.5000
14	34.5000	9.2000	27.5000
15	34.5000	9.6000	27.5000
16	34.5000	9.6000	27.5000
17	34.4000	9.5000	27.4000

3.2. Архітектура мережі



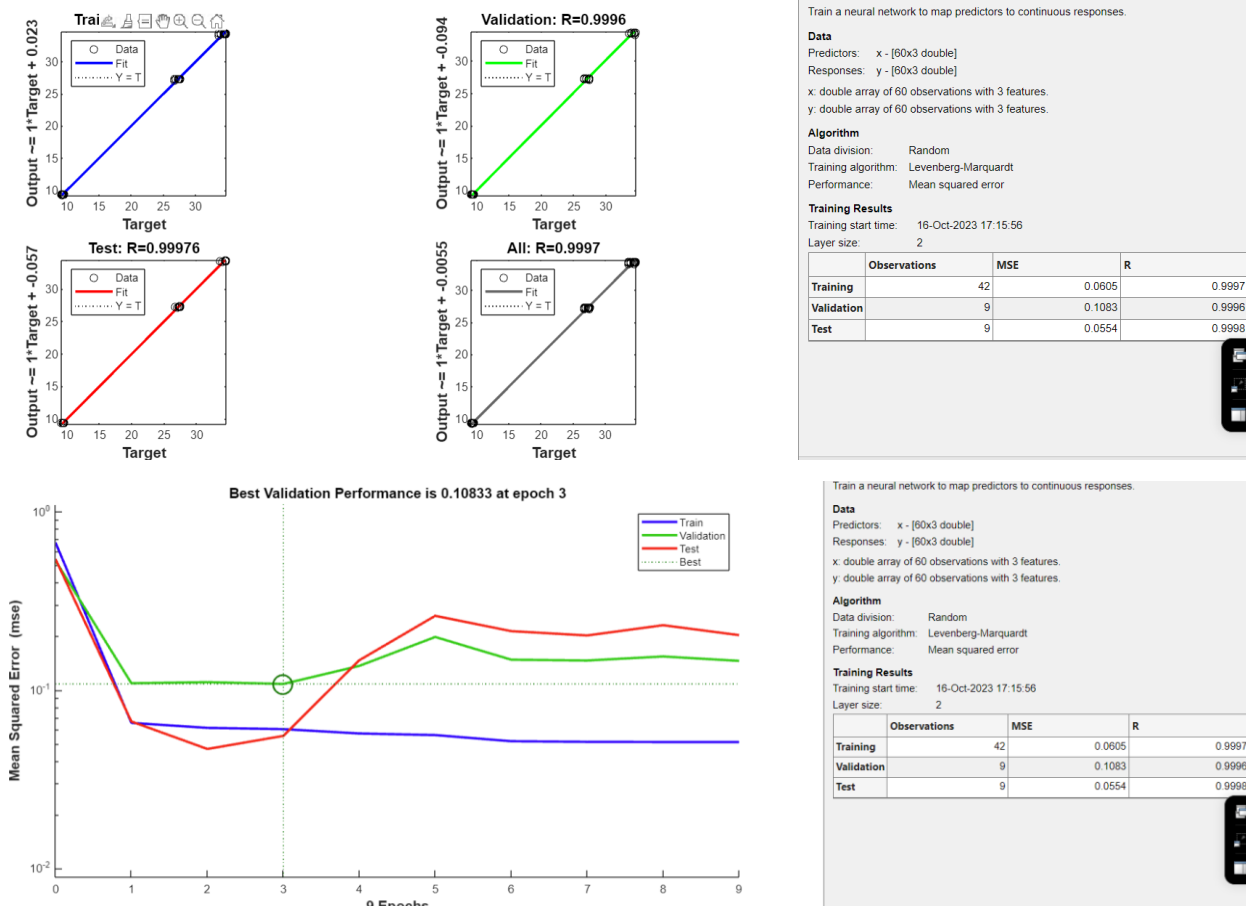
Матлаб використовує двошарову ациклічну мережу із сигмоїдальної функцією активації у прихованому шарі, та лінійною функцією активації вихідного шару.

Задання кількості нейронів прихованого шару та вибір алгоритму навчання:



3.3 Аналіз

Проведемо Регресійний аналіз нашої нейромережі:



Взаємозв'язок між залежною змінною Y щодо X досягає цілих 99%.

Отже, отриманий нами результат є цілком прийнятним.

Тепер зробимо передбачення майбутні значення на основі існуючих, і порівняємо їх з реальними даними для впевненості що нейромережа навчена достатньо та коректно.

Виконаємо передбачення на 30 днів та вивантажимо таблицю до Excel для порівняння, та вирахуємо похибку.

Таблиця 3.1

Y1(nn)	Y2(nn)	Y3(nn)
34,4	9,64	27,5
34,6	9,63333	27,5
34,8	9,63333	27,5
34,54	9,62	27,5
34,62	9,61667	27,6
34,6	9,63333	27,6

Y1(Дійсне)	Y2(Дійсне)	Y3(Дійсне)
34,5	9,2	27,4
34,5	9,2	27,5
34,5	9,4	27,5
34,5	9,4	27,5
34,5	9,3	27,5
34,7	9,3	27,6

34,64	9,64286	27,6
34,88	9,625	27,6
35,07	9,64	27,4
34,8	9,55	27,4
34,64	9,64	27,4
34,8	9,64	27,4
34,74	9,61667	28,2
34,63	9,64	28,2
34,97	9,64	28,2
34,7	9,63333	28,2
34,27	9,65	26,9
34,43	9,6	26,9
34,74	9,6	26,9
34,54	9,64	26,9
34,66	9,64	27
34,4	9,625	27
34	9,62	27
34,63	9,625	27
34,64	9,64	28,2
34,6	9,63333	28,2
34,64	9,625	28,2
34,65	9,64	28,2
34,63	9,64	26,9
34,16	9,64	26,9

34,7	9,4	27,6
34,7	9,4	27,6
34,7	9,6	27,6
34,5	9,6	27,4
34,5	9,5	27,4
34,5	9,5	27,4
34,5	9,4	27,4
35,4	9,4	28,2
35,4	9	28,2
35,4	9	28,2
35,4	9,3	28,2
33,7	9,3	26,9
33,7	9,5	26,9
33,7	9,5	26,9
33,7	9,7	26,9
33,9	9,7	27
33,9	9,4	27
33,9	9,4	27
33,9	9,4	27
33,9	9,4	27
35,4	9,4	28,2
35,4	9	28,2
35,4	9	28,2
35,4	9,3	28,2
33,7	9,3	26,9

Похибка Y1 (Fe суспільний) (NN від Дійсне)
3,05%
Похибка Y2 (Вологість) (NN від Дійсне)
4,70%
Похибка Y3 (Магнітний) (NN від Дійсне)
-3,90%

Аналізуючи отриманні дані:

Максимальна похибка “передбачення” нейромережі становить не більше 4,70% що є досить гарним показником, але це враховуючи ідеальні умови у технологічному процесі. Так як дані за період днів які були обрані,

технологічний процес по показникам проходив майже лінійно що ми також можемо побачити по значенням кореляції нашої мережі під час її навчання.

ВИСНОВКИ

В даній роботі досліджувалися питання побудови АСУТП РЗФ, їх недоліків та можливості вдосконалення цієї системи на прикладі використання прогнозуючої штучної нейромережі. Дослідження довели, що використання нейрокерування є досить гарним рішенням для побудови майбутніх планів виробництва та їх чіткого дотримання, а також розуміння перспективи підприємства. Використання нейромереж для інтелектуального керування ТП РЗФ разом з традиційними програмними логічними контроллерами – це інноваційне майбутнє, яке потребує ще багато досліджень та зусиль для їх впровадження в межах концепції Industry 4.0 на підприємствах ГМК України.

Зокрема, як було доведено в дослідженнях авторів [6], економічна ефективність впровадження результатів подібного підходу прогнозуючого нейрокерування для секції РЗФ з річним обсягом продуктивності за рудою 1,2 млн. т (типовий показник для Південного ГЗК, м. Кривий Ріг) при збільшенні виходу (за рахунок стабілізації) сумарного концентрату на 0,3%, капітальних витратах 600 тис. грн., додаткових експлуатаційних витратах 100 тис. грн. показує, що інтегральний річний економічний ефект складає 1,23 млн. грн., строк окупності проекту 0,6 року.

Отже, метою подальших досліджень автора будуть шляхи реалізації програмно-апаратного забезпечення комплексу інтелектуальних систем керування ТП секцією РЗФ з ієрархічною структурою, що має забезпечити надійне функціонування в умовах великого запізнювання інформаційних змінних, багатомірності, неповноти і нечіткості даних, агресивних середовищ, гнучку конфігурацію та інтеграцію на базі стандартних протоколів обміну даних, можливість коректування інформаційних потоків людиною-оператором, дружній інтерфейс користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макеев Андрій Сергійович: «Аналіз АСУ ТП насосної станції у рамках процесу управління ризиками ІБ».
[Електронний ресурс] Режим доступу: [www/
https://moluch.ru/conf/tech/archive/165/10191/](http://www.moluch.ru/conf/tech/archive/165/10191/) - 19.01.2022 р. – Рисунок
2. [Електронний ресурс] Режим доступу: [www/
https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматизована_система_керування](http://www.uk.wikipedia.org/wiki/Автоматизована_система_керування) - 23.01.2022 р. – Визначення.
3. А. О. Бобух: «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» — Харків: ХНАМГ, 2006 Навч. посібник.
[Електронний ресурс] Режим доступу: [www/
http://eprints.kname.edu.ua/9106/1/%D0%90%D0%A1%D0%9A_%D0%A2%D0%9F.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/9106/1/%D0%90%D0%A1%D0%9A_%D0%A2%D0%9F.pdf) - Визначення
4. [Електронний ресурс] Режим доступу: [www/
https://www.consys.ru/oborudovanie/programmiruemyie-kontrolleryi/l-seriya/](http://www.consys.ru/oborudovanie/programmiruemyie-kontrolleryi/l-seriya/) -
рисунок та конфігурація модельного ряду контролера
5. [Електронний ресурс] Режим доступу: [www/
https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/prosto-o-standartakh-opc-da-i-opc-ua/](http://www.ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/prosto-o-standartakh-opc-da-i-opc-ua/) - визначення OPC UA.
6. А.І. Купін, А.О. Сенько, Б.С. Мисько: «Ідентифікація та автоматизоване керування в умовах процесів збагачувальної технології на основі методів обчислювального інтелекту».
7. Папушин Ю.Л., Смирнов В.О., Білецький В.С.: «ДОСЛІДЖЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ЗБАГАЧУВАНІСТЬ».
8. А.І. Купін, В.М. Назаренко, Н.В.Смирнова, С.А. Хочменко: «Комплексна система управління підприємством»
9. А.І. Купін «Алгоритм узгодженого керування стадіями збагачення магнетитових кварцитів»
10. А.І. Купін «Інтелектуальне керування процесом магнітної сепарації»