

## ВІБРОМОНІТОРИНГ ЦЕНТРАЛЬНОЇ АСПІРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ В АСУТП ДРОБИЛЬНОЇ ФАБРИКИ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Гірничо-збагачувальне виробництво досить відоме своїми масштабами та складністю технологічного процесу. Для його обслуговування залучено велику кількість обслуговуючого персоналу, яке цілодобово сприяє ефективній роботі підприємства. Для полегшення контролю та управління технологічним процесом впроваджуються локальні та глобальні системи автоматизації. Окрім спостереження за основними показниками виробництва, велика увага приділяється організації безпечної роботи людей та навколишнього середовища. Оскільки таке виробництво супроводжується утворення великої кількості пилу та викидами забруднень в атмосферу або робочий простір підприємств, для збереження навколишнього середовища, безпеки та здоров'я обслуговуючого персоналу на підприємствах застосовують системи очищення повітря. Системи аспірації повітря на гірничих підприємствах є обов'язковими для роботи виробництва в цілому. Тому контроль за роботою системи аспірації має здійснюватися в цілодобовому режимі, а вихід із робочого стану основних органів аспіраційних установок має призводити до запинки технологічного процесу. Оскільки основним робочим органом системи аспірації є димососи, то необхідно контролювати їх стан. Одним із найефективніших методів виявлення несправностей на тягодуттєвих машинах є система вібромоніторингу.

Виконано модернізацію АСУТП та створено підсистему вібромоніторингу центральної аспіраційної установки дробильної фабрики на базі датчиків VTV121 компанії ifm, що дозволяє в режимі 24/7 здійснювати моніторинг стану димососів задля передчасного виявлення несправностей механічного, електричного та аеродинамічного характеру та прогнозування аварійних ситуацій.

**Ключові слова:** вібромоніторинг, датчик вібрації, АСУТП.

### Вступ

Основними завданнями гірничо-збагачувального виробництва є відкритий видобуток і збагачення магнетитових кварцитів з низьким вмістом магнітного заліза. Основним видом продукції департаменту є концентрат залізорудний магнетитовий. Процес дроблення магнетитових залістистих кварцитів на дробильній фабриці (ДФ) здійснюється на основних виробничих ділянках (ОВД) №1 та №2. Технологічна схема дробильної фабрики показана на рис. 1.

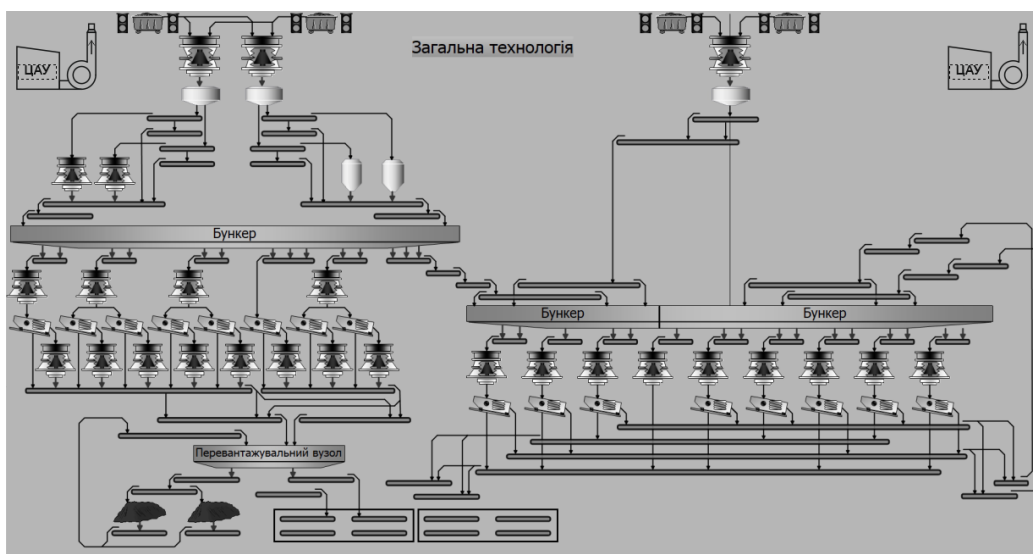


Рис. 1. Технологічна схема дробильної фабрики

На ОВД-1 дроблення здійснюється на 4-х стадіях. Після I та II стадій дроблення руда системою конвеєрів транспортується до бункерів корпусу III та IV стадій дроблення, де дробиться на менші фракції за допомогою відповідних дробарок.

На ОВД-2 дроблення проводиться ще на 3-х стадіях, де за допомогою грохотів та конвеєрів руда переміщується між дробарками відповідних фракції.

Режим роботи технологічного обладнання безперервний, цілодобовий.

Таке виробництво спричиняє утворення великої кількості пилу та супроводжується викидами забруднень в атмосферу або робочий простір підприємств. Оскільки підприємство знаходиться в межах міста то застосування очисних систем для повітря є обов'язковим на виробництві.

Перевищення гранично-допустимої концентрації (ГДК) шкідливих та небезпечних речовин у викидах сприяє збільшенню рівня захворюваності серед технічного та обслуговуючого персоналу та негативно впливає на навколишнє середовище. Такі порушення спричиняють величезні штрафи від місцевих контролюючих органів, а повторні виявлення можуть призвести до зупинки або повного закриття промислового підприємства.

На виробничих підприємствах застосовують такий вид очисних систем для повітря який називається аспірацією.

Аспірація в промисловості (лат. aspiratio - вдихання, вдування) – безпосереднє відсмоктування повітряного середовища від джерела пилення чи/або забруднення, як правило, з подальшою фільтрацією домішок або направленням їх у пилозбірник.

На дробильній фабриці, центральна аспіраційна установка (ЦАУ) – це система очищення повітря і відхідних газів, що виникають в процесі роботи промислового обладнання, допоміжних і транспортних систем подачі матеріалів. До основних складових цієї установки відносяться пилові димососи, мережі повітроводів з регулюючими пристроями, укриттів у місцях викиду забруднень, очисного обладнання, система керування та автоматики.

Окрім моніторингу основних параметрів роботи аспіраційної установки, таких як концентрація шкідливих речовин в повітрі на виході установки, стану забруднення фільтрів і т.д., досить важливим є працездатність та відмовостійкість роботи основних органів системи – димососів.

Адже як тільки димосос перестає працювати під час виробничого процесу - приміщення заповнюються пилом та викидами виробництва, що спричиняє негативний вплив на дихальні шляхи обслуговуючого персоналу, зниження видимості на робочому місці, що може призвести до травматизму, забруднення навколишнього середовища.

Причинами виходу з ладу димососів під час роботи можуть бути причини механічного, електричного та аеродинамічного характеру.

До причин механічного характеру належать:

- невірноваженість робочого колеса внаслідок зношування або відкладень пилу на лопатках;
- незбалансованість частин механізмів;
- зношення елементів сполучної муфти;
- порушення жорсткості опорної системи, дефекти фундаменту;
- ослаблення фундаментних болтів або недостатня жорсткість опорних конструкцій машин;
- ослаблення затягування анкерних болтів корпусів підшипників;
- дефекти підшипників та якість їх монтажу
- незадовільне центрування роторів електродвигуна та димососа;
- надмірне нагрівання та деформація валу внаслідок підвищеної температури димових газів.

Причинами електричного характеру можуть бути нерівномірність повітряного зазору між ротором і статором електродвигуна.

Причинами аеродинамічного характеру може бути різна продуктивність по сторонах димососів з двостороннім всмоктуванням, яка може виникнути при односторонньому занесенні золою повітропідігрівача або неправильного регулювання заслінок та направляючих апаратів.

Одним із найефективніших методів виявлення несправностей механічного, електричного та аеродинамічного характеру на тягодуттєвих машинах є система вібромоніторингу.

Автоматизована система управління технологічними процесами дробильної фабрики гірничого департаменту побудована на базі сучасних технологічних рішень як багаторівнева інтегрована система, що працює в темпі технологічного процесу (реальному часу), і включає в себе програмно-технічний комплекс.

АСУТП має тривірневу ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю та високим ступенем стійкості її структурних компонентів до відмов, з децентралізацією функції прийняття рішень щодо управління комплексом взаємопов'язаних процесів. Систему виконано «відкритою» для змін та доповнень:

Нульовий рівень - дискретні виконавчі механізми, датчики та контрольно-вимірювальні прилади, локальні контури дискретного керування та безперервного регулювання (КВП).

Перший рівень (PLC) - управляючі контролери, підпорядковані модулі віддаленого введення-виведення, індустріальні шини міжконтролерного обміну.

Другий рівень (HMI) - збирання та обробка інформації, ведення бази даних, виведення звітів на засоби візуалізації (АРМ).

Реалізація системи управління здійснюється на базі станцій розподіленого введення-виведення ET200SP IM 155-6 PN HF/2 V4.2 Siemens. В якості контролерів системи застосовані резервовані ПЛК Siemens CPU 1517H-3 PN, по парі на кожен виробничу ділянку. Тип інтерфейсу зв'язку із RIO – Profinet.

Зв'язок між шафами PLC, RIO та MCC у межах корпусів дроблення реалізований за допомогою мідного кабелю та інтерфейсу зв'язку Profinet, між корпусами – за допомогою волокно-оптичної лінії зв'язку (ВОЛЗ) із застосуванням комутаторів SCALANCE. Відбір і видачу сигналів управління ПСУ реалізовано відповідно до поставлених вимог. Для реалізації PLC рівня організовано оптичні Profinet кільця через приміщення корпусів ОВД-1, ОВД-2.

HMI-система побудована на програмному забезпеченні Siemens Simatic TIA Portal V14 відповідно до клієнт-серверної архітектури, з двома резервованими HMI-серверами (гарячий резерв). При втраті зв'язку з основним сервером, всі клієнтські АРМ автоматично переключаються на резервний сервер за мінімально можливий час, без переривання візуалізації технологічного процесу для операторів.

Для реалізації рівня HMI організовано оптичне Ethernet кільце через приміщення корпусів ОВД-1, ОВД-2 з установкою комутаторів у кожному приміщенні. Для ВОЛЗ використано одномодовий кабель з кількістю жил 8. У SCADA системі реалізовано вікно управління блокуваннями, що дозволяє виключити блокування від сигналу або змінити його уставку.

Схема інформаційних зв'язків АСУТП дробильної фабрики показана на рис. 2.

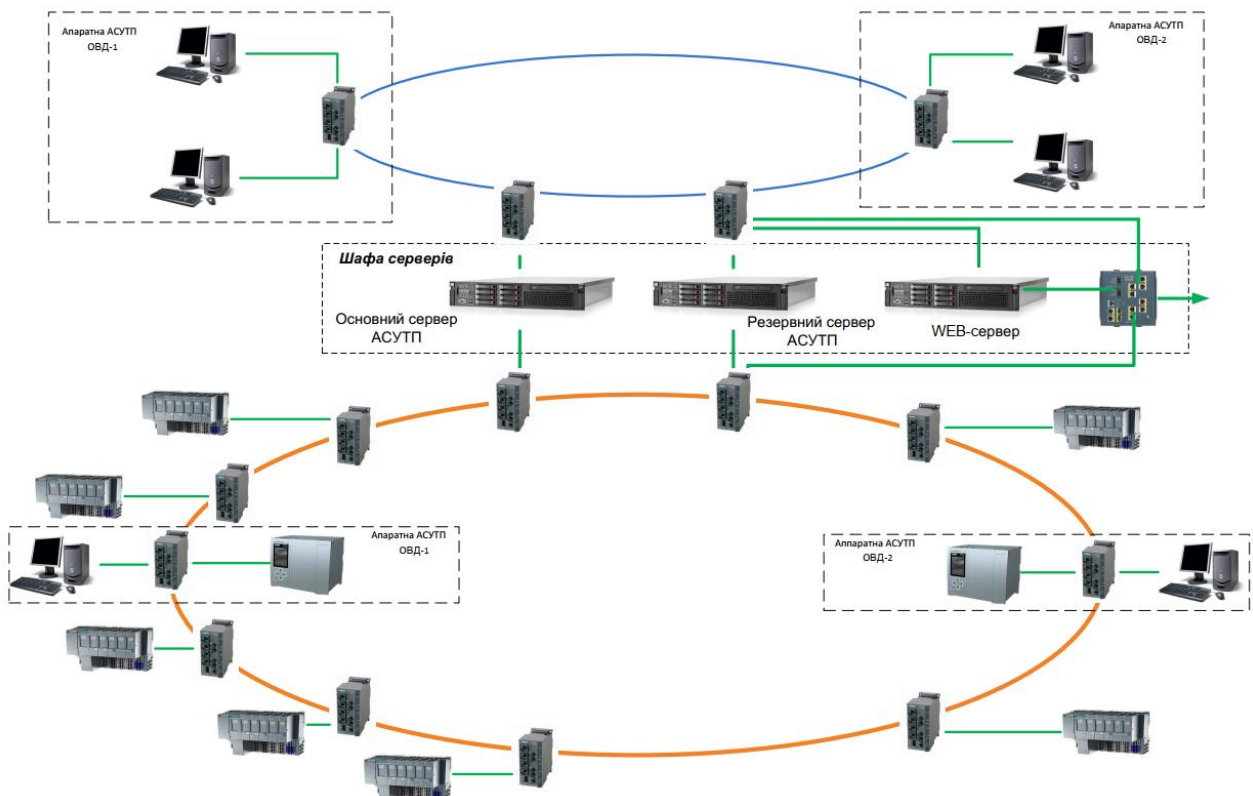


Рис. 2. Схема інформаційних зв'язків АСУТП дробильної фабрики

Цілі створення підсистеми вібромоніторингу ЦАУ у складі ДФ:

- підвищення техніко-економічних показників роботи дробильного обладнання за рахунок зниження часу виявлення причин зупинки агрегатів та позапланових простоїв обладнання;
- збільшення міжремонтних інтервалів основного обладнання за рахунок контролю та аналізу роботи технологічного обладнання, виявлення відхилень у роботі та своєчасного планування регламентних робіт (технічне обслуговування, планові ремонти);
- автоматизація робочих місць операторів фабрики, з виведенням на екрани комп'ютерів мнемосхеми технологічного процесу, журналу реєстрації аварійних та попереджувальних повідомлень;
- модернізація морально та фізично застарілого обладнання польового рівня, обчислювального обладнання, програмного забезпечення. встановлення додаткового польового парку обладнання;
- забезпечення оперативного-технологічного та управлінського персоналу цеху інформацією про хід та історію технологічного процесу та параметри обладнання, у тому числі за коштами WEB;
- інтеграція системи АСУТП ДФ до загальнозаводської інформаційної мережі.

### Результати впровадження

Впроваджена підсистема вібромоніторингу димососів центральної аспіраційної установки включає в себе встановлення датчиків вібрації (рис. 3) без порушення цілісності корпусу опорних підшипників робочого колеса в існуючий різьбовий отвір.

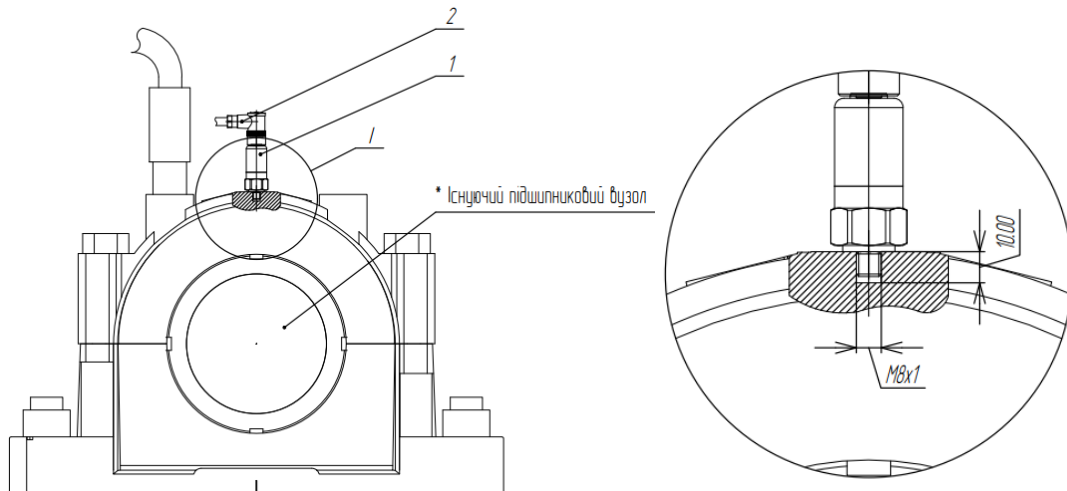


Рис. 3. Встановлення датчика вібрації на підшипник

За основу системи вібродіагностики взято датчик вимірювання вібрації VTV121 компанії ifm electronic gmbh (рис. 4).



Рис. 4. Датчик вимірювання вібрації VTV121

Даний датчик виявляє вібрацію у системі (виміряна / оцінена одиниця фізичної величини = віброшвидкість). Вона перетворюється на аналоговий сигнал на струмовому виході [1].

Основні характеристики датчика вібрації:

- Діапазон вимірювання вібрації [мм/с] 0...50; (RMS)
- Діапазон частот [Гц] 10...1000
- Кількість вимірювальних осей 1
- Похибка вимірювання [X16]  $< \pm 3$
- Аналоговий струмовий вихід [мА] 4...20

Передача сигналу від датчика відбувається аналоговим сигналом 4-20мА на станцію ET200SP, далі по інтерфейсу Profinet передається до CPU 1517H-3 PN, звідки по інтерфейсу Ethernet на сервера, АРМ і SCADA.

Основним засобом відображення динаміки зміни вібрації є АРМ оператора (рис. 5), що розташований в приміщенні оператора. При виході параметра за допустимі межі SCADA система показує оператору спливаюче вікно та здійснює звукову сигналізацію.

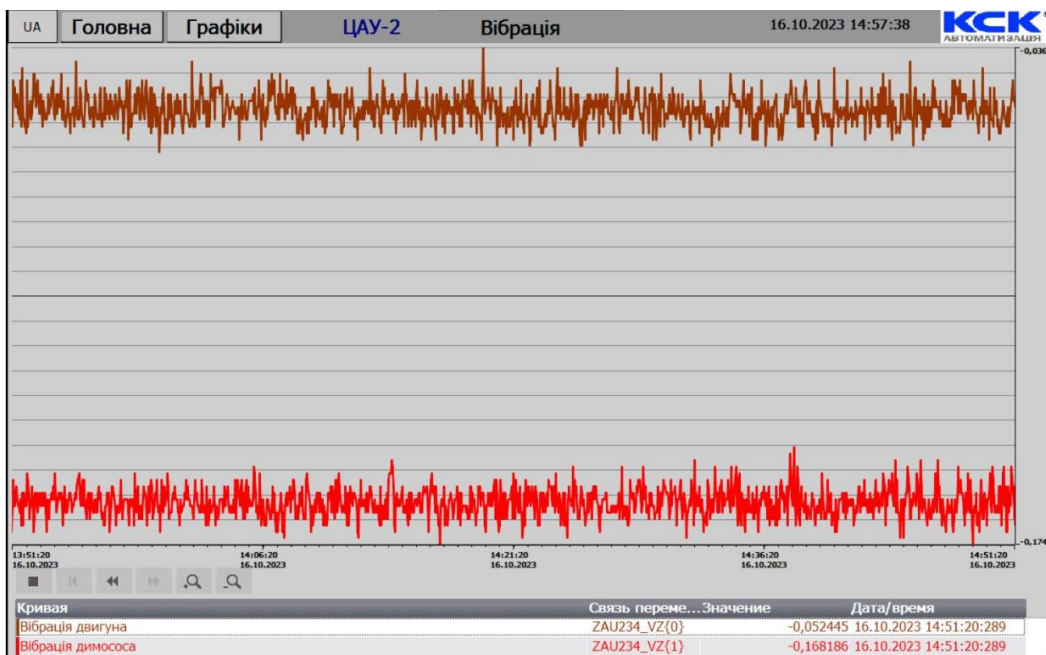


Рис. 5. Тренд вібрації на АРМ оператора

## Висновки

Впровадження підсистеми вібромоніторингу центральної аспіраційної установки у складі АСУТП дробильної фабрики дозволило забезпечити цілодобовий моніторинг за станом обладнання в режимі 24/7. Вчасне виявлення відхилень у роботі технологічного обладнання дозволяє попередити форс-мажорні аварійні зупинки та заздалегідь планувати проведення регламентних робіт, що в свою чергу призводить до підвищення техніко-економічних показників роботи виробництва в цілому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Operating instructions Vibration sensor VTV121 11417256/00 10/2021 ifm.

**Осельський Олександр В'ячеславович** – аспірант кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; начальник відділу розробки проектно-кошторисної документації, ТОВ «КСК-Автоматизація» Вінницька філія, м. Вінниця, e-mail: [oselskyi.ov@gmail.com](mailto:oselskyi.ov@gmail.com)

**Василь Васильович Кухарчук** - професор, д.т.н., професор кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Василь Васильович Кухарчук** - професор, д.т.н., професор кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

## Vibromonitoring of the central aspiration installation in the ASUTP of the crushing factory

Vinnitsia National Technical University

*Mining and beneficiation production is quite famous for its scale and complexity of the technological process. For its maintenance, a large number of service personnel is involved, which contributes to the efficient operation of the enterprise around the clock. To facilitate the control and management of the technological process, local and global automation systems are implemented. In addition to monitoring the main indicators of production, great attention is paid to the organization of safe work of people and the environment. Since such production is accompanied by the formation of a large amount of dust and emissions of pollutants into the atmosphere or the working space of enterprises, air purification systems are used in enterprises to preserve the environment, safety and health of service personnel.*

*Air aspiration systems at mining enterprises are mandatory for the operation of production as a whole. Therefore, the monitoring of the operation of the aspiration system should be carried out around the clock, and the exit from the working state of the main organs of the aspiration units should lead to a stoppage of the technological process. Since the main working body of the aspiration system is the smoke extractors, it is necessary to monitor their condition. One of the most effective methods of detecting malfunctions on heavy machinery is the vibration monitoring system.*

*The automation control system was modernized and a vibration monitoring subsystem of the central aspiration unit of the crushing plant was created on the basis of VTV121 sensors of the ifm company, which allows for 24/7 monitoring of the state of smoke extractors for the early detection of mechanical, electrical and aerodynamic malfunctions and the prediction of emergency situations.*

**Keywords:** vibration monitoring, vibration sensor, automated control system.

**Oselskyi Oleksandr V** – postgraduate Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia; head of the design and estimate documentation development department, «CSC-Automation» Ltd Vinnitsia branch, Vinnitsya, e-mail: [oselskyi.ov@gmail.com](mailto:oselskyi.ov@gmail.com)

**Vasyl V Kukharchuk** - Professor, Dr Sc. (Eng.), Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia.

Supervisor: **Vasyl V Kukharchuk** - Professor, Dr Sc. (Eng.), Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia.