

вып. 5, Состояние и перспективы ядерно - физических методов поисков и разведки полезных ископаемых, -М., Недра, 1969 г.(-С. 203 - 226).

10. О геологической направленности при разработке ядерно - физических методов элементного анализа горных пород и руд. В.М. Мудренко, И.Г. Синицын, И.Н. Тареев, Э.А. Чепижная, В кн. «Труды ВНИЯГГ», вып. 5, Состояние и перспективы ядерно - физических методов поисков и разведки полезных ископаемых, -М., Недра, 1969г. (-С. 323 - 338).

11. Мессеняшин А.И., Электрическая сепарация в сильных полях, М., Недра, 1978г. (-С. 175).

12. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа, Л.: Химия, 1986. –432 с.

13. Люминесцентный анализ. Под. ред М.А. Константиновой - Шлезингер, -М.: 1961г. -399 с.

УДК 621.311.4.031

І.О. СІНЧУК к.т.н., доц., С.М. БОЙКО аспір., М.А. БАУЛІНА аспір.  
ГВУЗ «Криворожський національний університет»

## **ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УМОВАХ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ**

*Проаналізована можливість і специфіка роботи вітроенергетичного комплексу в умовах діючих підземних виробок залізорудних шахт. Розроблена структура електромеханічної частини вітроенергетичного комплексу і система управління ним.*

*Проанализирована возможность и специфика работы ветроэнергетического комплекса в условиях действующих подземных выработок железорудных шахт. Разработана структура электромеханической части ветроэнергетического комплекса и система управления им.*

*Possibility and specific of work of wind energy complex is analysed in the conditions of the operating underground making of iron-ore mines. The structure of electromechanics part of wind energy complex and control the system is developed by him.*

У зв'язку із стійкою тенденцією щорічного збільшення споживання електричної енергії (ЕЕ), зростанням цін на її виробництво, а також впливом екологічних обмежень, що постійно зростають, все більш актуальним стає завдання збільшення об'ємів отримання ЕЕ шляхом використання поновлюваних джерел, особливо енергії вітру, яка у вітрових електричних установках (ВЕУ) перетворюється в електричну. Важливо, що очікуваний ефект від впровадження можливо досягти лише при масовому використанні та впровадженні ВЕУ в тому числі в промисловості та

побуті. Цікавим в цьому спрямуванні можуть бути підземні рудничні виробки шахт, де згідно технології ведення робіт постійно присутній штучно створюваний потік повітря з його сталими параметрами.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Виходячи з того, що, одним з таких поки-що нереалізованих напрямків застосування ВЕУ, є багато чисельні підприємства гірничо-металургійної промисловості, які дісталися Україні в спадок від СРСР і які на даний час споживають більш 40 % ЕЕ від загально споживаних вітчизняною промисловістю обсягів, то реальним напрямком можуть бути підземні виробки шахт та рудників, в котрих згідно технології ведення робіт та правил ПТБ постійно присутня штучна вентиляція з регламентовано стабільними об'ємами та швидкістю вітропотоків [1, 2].

Тому актуальною науковою задачею є підвищення ефективного використання вентиляційного потоку залізорудних шахт, шляхом розробки методу та пристрою реалізації керування електромеханічним комплексом (ЕМК) ВЕУ, який би забезпечував роботу ВЕУ із жорстко фіксованими лопатями у широкому діапазоні зміни швидкостей потоку повітря, в діючих виробках залізорудних шахт та прийнятну якість генерованої напруги.

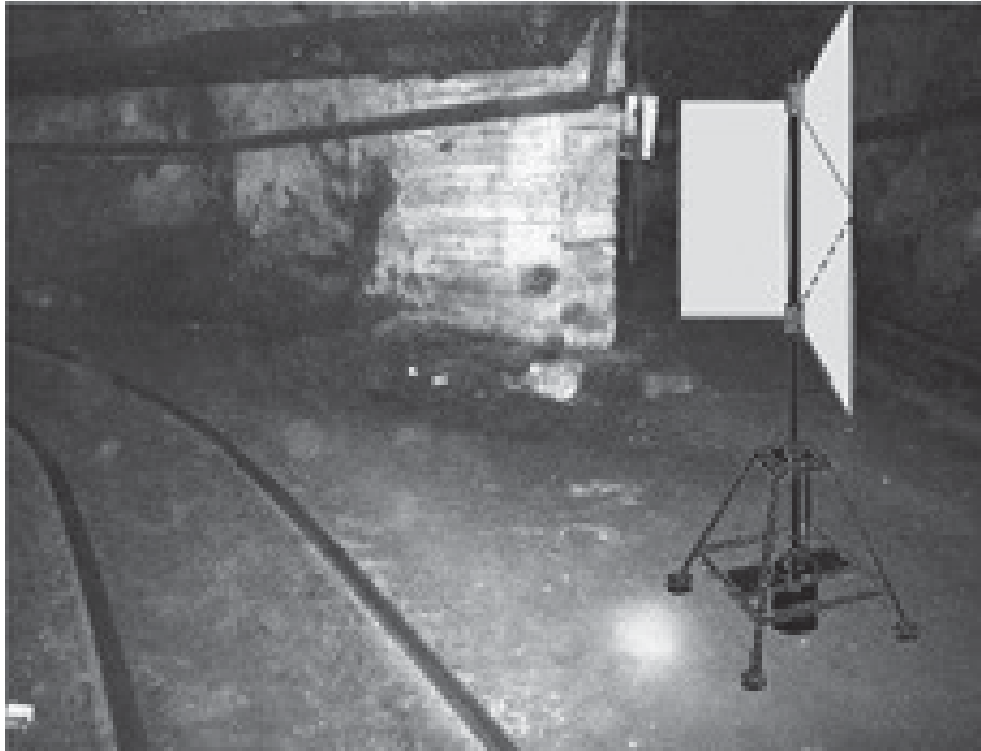
**Аналіз досліджень та публікацій.** Аналіз досліджень та публікацій показав широкомасштабне впровадження ВЕУ як в Україні так і світі [1-3]. Однак впровадження ВЕУ у підземних виробках залізорудних шахт, при наявності, в силу технології ведення гірничих робіт, постійного вентиляційного потоку, поки ще не відбулося [3].

**Постановка завдання.** Розробка теоретичних аспектів та практичних рішень по використанню повітряного вентиляційного потоку підземних гірничих виробок залізорудних шахт для отримання електричної енергії, шляхом створення автономного вітроенергетичного комплексу з автоматичною системою управління.

**Викладення матеріалу та результати.** Для досягнення вищевикладеної мети була проаналізована можливість і специфіка роботи вітрової мініелектростанції (ВМЕ) в умовах діючих підземних виробок залізорудних шахт, розроблена конструкція комплексу з вертикальною віссю обертання прямого перетворення енергії вітру в ЕЕ, синтезована його структура.

На рис. 1 представлений, як можливий варіант, спосіб розташування ВМЕ у шахті.

Виходячи з результатів досліджень є підстави вважати, що потужність ВМЕ в умовах шахт залежить від її аеродинамічних умов [1].



*Рис. 1. Спосіб розташування ВМЕ в умовах залізорудних шахт*

Особливістю системи роботи ВМЕ є те, що він є нелінійним нестационарним об'єктом управління і знаходиться під впливом динамічних вітрових навантажень, енергія яких має стохастичну природу.

В результаті була розроблена структура електромеханічної частини ВМЕ (рис. 2), основу якої складає асинхронний генератор з короткозамкнутим ротором, за допомогою регулювання частоти і вихідної напруги якого стабілізується рівень електроспоживання підключених до нього споживачів. Велике значення для забезпечення безперебійності електропостачання споживачів при аварійних режимах роботи і при видачі генератором ВМЕ не номінального рівня напруги і частоти має акумуляторна батарея (АКБ) [1].

Під час обертання вітрового колеса та валу генератора, мікроконтролер аналізує величину сигналів, що надходять до нього, і робить висновок про величину заданої напруги для блоків симісторів. До тих пір, доки ємність додаткових конденсаторів дозволяє регулювати величину вихідної частоти та напруги, ці параметри регулюються батареєю робочих конденсаторів. Якщо ж керування ємністю не приносить результату і частота та напруга продовжують зростати, то задана напруга подається на другу групу симісторів та підключає баластне навантаження, що регулює вихідну напругу та частоту.

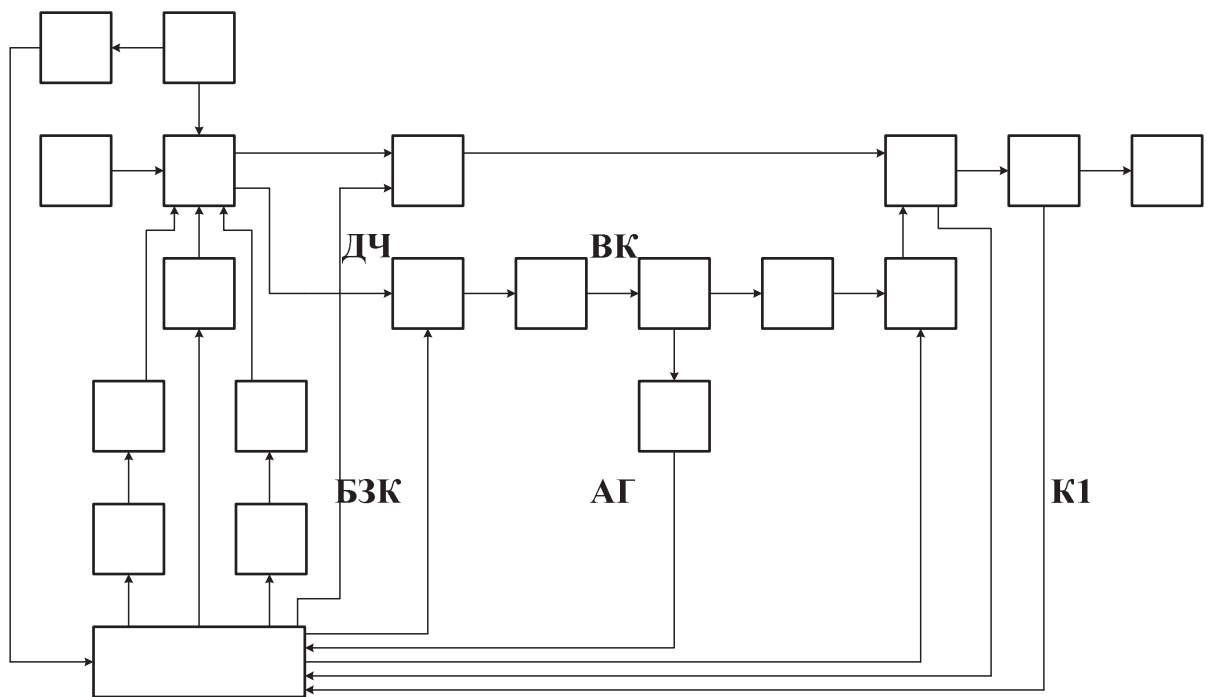


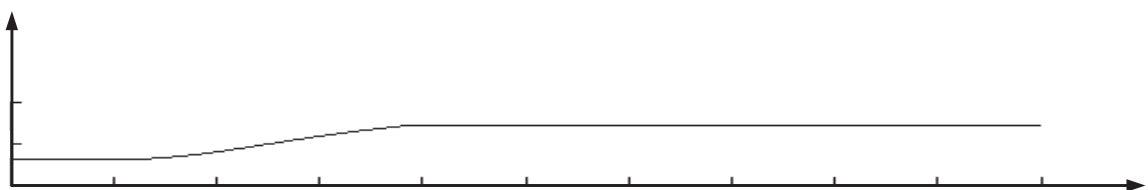
Рис. 2. Структурна схема автоматизованої системи керування асинхронним генератором у складі вітроелектротехнічного комплексу: ВК – вітрове колесо; АГ – асинхронний генератор з короткозамкненим ротором; БЗК – батарея збуджуючих конденсаторів; ЕМГ – електромагнітне гальмо; ДН – датчик напруги; ДЧ – датчик частоти обертів ВК; ДЧМ – датчик частоти напруги мережі; АЗП – автоматичний зарядний пристрій; АКБ – акумуляторна батарея; ПКБС – пристрій контролю стану АКБ; І – інвертор; БДК – батарея додаткових конденсаторів; БН – баластне навантаження; БС1, БС2 – блок симісторів; МКБ – мікропроцесорний блок; К1-К3 – керовані комутатори; Н – навантаження.

АЗП

Розроблена структура ЕМК ВЕУ і система управління ним дозволяють збільшити надійність і якість електропостачання споживачів, збільшити термін служби батарей, забезпечувати своєчасні заміни елементів, що вийшли з ладу, і знизити витрати на їх експлуатацію, а також підтримувати безперебійність електропостачання споживачів ЕЕ [2, 3].

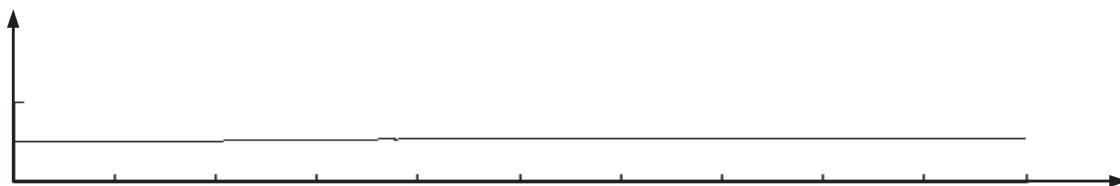
Під час проведення експериментальних досліджень та моделювання роботи ЕМК ВЕУ із системою керування на базі нечітких правил були отримані графіки, які ілюструють особливості роботи ЕМК ВЕУ у умовах ЗРШ.

На рис. 3 побудовано графік зміни частоти обертання вітрового колеса зі зміною швидкості повітряного потоку



*Рис. 3. Графік зміни частоти обертання генератора зі зміною швидкості повітряного потоку*

На рис. 4 представлений графік зміни вихідної напруги генератора за певний проміжок часу зі зміною швидкості повітряного потоку.



*Рис. 4. Графік зміни вихідної напруги генератора за певний проміжок часу зі зміною швидкості повітряного потоку*

Як видно із одержаного графіка, він суттєво відрізняється від графіка, побудованого в процесі проведення досліду. У даному випадку до схеми введено систему керування вихідною напругою асинхронного генератора, тому її значення залишається в межах номінального, незважаючи на зміну швидкості повітряного потоку [4, 5]. Очевидно, що система керування є достатньо стійкою по каналу керування напругою на навантаженні, що свідчить про можливість отримання якісної електроенергії від ЕМК ВЕУ.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** 1. В результаті використання вентиляційних повітряних потоків підземних виробок залізничних шахт, з перетворенням вітрової енергії в електричну є можливість генерувати і використовувати ЕЕ для власних потреб підземних підприємств, заощадивши при цьому засоби на її закупівлю.

2. Розроблений спосіб управління вихідною напругою асинхронного генератора з короткозамкнутим ротором в складі вітрового електротехнічного комплексу дозволяє плавно регулювати значення вихідного параметра, при цьому система буде відчувати найменші зміни швидкості вентиляційних потоків або величини навантаження.

#### *Список літератури*

1. Сінчук О.М., Бойко С.М., Щербак М.А. Про залежність енергетичних координат вітроенергетичної установки з вертикальною віссю обертання від аеродинамічних умов шахт// Технічна Електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність». Частина 4 – Харків, Інститут Електродинаміки НАН України, 2012. –С. 171-172

2. Сенько В.І., Бойко С.М., Щербак М.А., Жуков А.О. Математична модель системи керування електротехнічним комплексом вітроенергетичної установки на базі fuzzy контролера// Електротехнічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика» науково-виробничого журналу – Кременчук, КрНУ, 2013. –Вип.. 3/2013 –С.117–129

3. Патент України, МПК F03D 9/00 Спосіб розташування вітроустановки в діючих виробках шахт / О.Н. Сінчук, С.М. Якимець,

Д.А. Шокаръов, С.М. Бойко, М.А. Щербак; патент України № 80828, заява №u201215007 від 27.12.2012, опубл. 10.06.2013. Бюл. №11, 2013 р.

4. Патент України, МПК H02P9/00 Система керування асинхронним генератором у складі вітроелектротехнічного комплексу / О.Н. Сінчук, Д.А. Михайличенко, С.М. Бойко, М.А. Щербак; патент України № 84633, заява №u201305538 від 29.04.2013, опубл. 25.10.2013. Бюл. №20, 2013 р.

5. G. Moor and H. Beukes, "Power point trackers for wind turbines," Power Electronics Specialist Conference (PESC), pp. 2044–2049, 2004.

УДК 622.272

ТИЩЕНКО С.В., д-р техн. наук, ЕРЕМЕНКО Г.И., канд. техн. наук, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»  
МАЛЫХ Д.Ю., главный инженер ПАО «ИнГок»

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД, ЭКРАНИРОВАННОГО ЗАМКНУТОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНОЙ**

*В статье рассмотрен эффект от использования взрыва динамической зоны в качестве экрана для разрушаемого массива горных пород в условиях открытой разработки полезного ископаемого.*

*У статті розглянуто ефект від використання вибуху динамічної зони як екран для руйнованого масиву гірничих порід в умовах відкритої розробки корисних копалин.*

*The article describes the effect of the use of dynamic explosion zone as a screen for the erodible solid rock under open-pit mining.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.**  
Качество дробления взорванной горной массы – это один из основных показателей эффективности работы буровзрывного комплекса которая во многом зависит от технологии ведения взрывных работ.

Составляющие технологии ведения взрывных работ в значительной степени предполагают характер распределения энергии взрыва в разрушаемом массиве горных пород и влияют на интенсивность его дробления.

Современные методы ведения взрывных работ объединяет то, что разрушаемый уступ горных пород подвергается взрывному воздействию от ранее произведенных взрывов. Очевидно, что проблема негабаритной фракции, как правило, связана с тем, что разрушаемый горный массив имеет неоднородную целостность из-за образования в его верхней части хаотической искусственной системы структурных нарушений и заколов от действия ранее произведенных взрывов.

Сохранить законтурный массив возможно только при изменении традиционных методов ведения взрывных работ.