

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА РОБОТА ШАХТНОГО ВОДОВІДЛИВНОГО КОМПЛЕКСУ**

*А.В. Рухлов, доцент, ДВНЗ "Національний гірничий університет",  
Н.Ю. Рухлова*

Шахтний водовідливний комплекс (ШВК) за своєю суттю є класичним споживачем-регулятором (С-Р), проте ефективність його використання в цій якості не для всіх умов залишається достатньо високою. Економічний ефект від зміни режимів роботи водовідливу (відключення насосів в години пікових навантажень та інтенсивного відкачування води в години нічного провалу) повинен бути високим. Але проблема полягає в тому, що відомий спосіб використання головного водовідливу шахти як С-Р не враховує змінення коефіцієнтів корисної дії (ККД) насосів та діаметру трубопровідної мережі внаслідок їх тривалої експлуатації. Такі явища впливають на зростання питомих витрат електроенергії при вмиканні робочих та резервних насосів для відкачування води після проходження періоду пікових навантажень в енергосистемі. Внаслідок таких режимів збільшується загальна витрата електроенергії на виконання роботи з відкачування води.

Отже, для реалізації таких режимів роботи необхідно створити технологічні умови [1], при яких шахтна водовідливна установка працюватиме в зоні максимального ККД, а трубопровідна мережа має бути виконана так, щоб відкачування води виконувалося з мінімальною питомою витратою електроенергії.

Метою роботи є підвищення енергоефективності роботи ШВК в режимі споживача-регулятора.

В основу розробленого підходу до підвищення енергоефективності головного водовідливу, в якому забезпечується можливість керування режимами електроспоживання незалежно від зміни технічного стану та умов експлуатації обладнання, вибір одночасно працюючих насосів на відповідний період доби при застосуванні диференційованого тарифу з використанням робочих параметрів насосів і відповідної схеми трубопровідної мережі, та можливість корегування цих параметрів, моделювання режиму роботи водовідливу з мінімальною питомою витратою електроенергії та мінімальною величиною оплати за споживану електроенергію і, за рахунок цього, отримати найбільш енергоекономічний режим функціонування ШВК при зменшенні плати за споживану електричну енергію.

Керування режимами роботи ШВК шахти з урахуванням дійсних параметрів її обладнання забезпечує можливість отримання найбільш енергоекономічного режиму функціонування водовідливу. Розроблений підхід до режимів роботи насосів, заснований на імітаційному моделюванні, реалізується наступним чином.

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Задаються вихідні дані і початкові умови: нормальний приплив води; кількість і смість кожної гілки водозбірника; горизонт водовідливу; кількість робочих, резервних напірних трубопровідних ставів, їх діаметр, а також коефіцієнт фактичного діаметра трубопроводу; діаметр всмоктуючих трубопроводів; кількість робочих, резервних насосів водовідливу, коефіцієнт корисної дії їх двигунів і коефіцієнт фактичного ККД насосів.

Визначаються періоди максимальних, мінімальних і середніх електричних навантажень в енергосистемі, тарифні коефіцієнти для кожного періоду добових навантажень і тариф на електроенергію. Відповідно до вимог чинних нормативних актів при використанні диференційованого за періодами доби тарифу на електроенергію в періоди мінімальних (нічний провал), середніх (напівпік) і максимальних (пік) навантажень плата за спожиту електроенергію здійснюється із тарифним коефіцієнтом – 0,25, 1,02 і 1,8 відповідно.

Визначаються режими роботи ШВК в періоди мінімальних і середніх електричних навантажень в енергосистемі. Виконується формування та відтворення режимів роботи ШВК з урахуванням технологічних умов для конкретного об'єкта, а також з урахуванням насосів та трубопроводів, що працюють, кількість яких може змінюватися в кожному поточному режимі.

Розроблений спосіб дозволяє встановлювати будь-який інтервал зміни режиму роботи насосів ШВК протягом доби. Це дозволить з отриманої множини обрати режим роботи, при якому в період проходження максимальних навантажень в енергосистемі насоси будуть відключені, а добові грошові витрати на оплату споживаної електроенергії будуть мінімальними. Крім того, спосіб дозволяє обмежити загальну кількість вмикань насосів протягом доби, що дозволить подовжити термін експлуатації самих насосів та їх приводних двигунів.

Для кожного поточного режиму згідно з методикою розрахунку режимів паралельної роботи насосів водовідливу шахт визначаються робочі параметри насосних установок (продуктивність, напор, ККД, коефіцієнт використання), тобто при певній комбінації спільної роботи насосів і трубопровідних ставів [2].

Згідно з Правилами безпеки у вугільних шахтах, необхідна мінімальна кількість напірних трубопроводів дорівнює двом. У більшості випадків найбільш енергоекономічний режим роботи насосного агрегату відповідає його роботі на один трубопровід, два насоси працюють на два трубопроводи і т. д. Однак на багатоагрегатних ШВК подібні умови не реалізуються, що призводить до зниження продуктивності насосів при їх паралельній роботі на один трубопровід і, відповідно, до збільшення питомої витрати електроенергії  $w_0$ .

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ  
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Введений коефіцієнт фактичного діаметра трубопроводу  $K_d$  характеризує його дійсний внутрішній діаметр, який змінюється в процесі експлуатації трубопровідної мережі та дозволяє визначити вплив мінеральних відкладень на стінках трубопроводу на величину питомої витрати електроенергії. Експериментально отриманими результатами доведено, що при збільшенні об'єму мінеральних відкладень на стінках трубопроводу також збільшується питома витрата електроенергії (рис. 1, а).

Основним показником якісної роботи насосної установки є його ККД, який залежить від рівня технічного стану обладнання, та від величини якого залежать значення робочих параметрів насоса. В процесі тривалої експлуатації насоса відбувається погіршення його технічного стану, а відповідно і зниження його ККД. Введений коефіцієнт  $K_\eta$  визначає зниження ККД насоса відносно робочого значення та дозволяє визначити вплив погіршення технічного стану насосів на величину питомої витрати електроенергії (рис. 1, б).

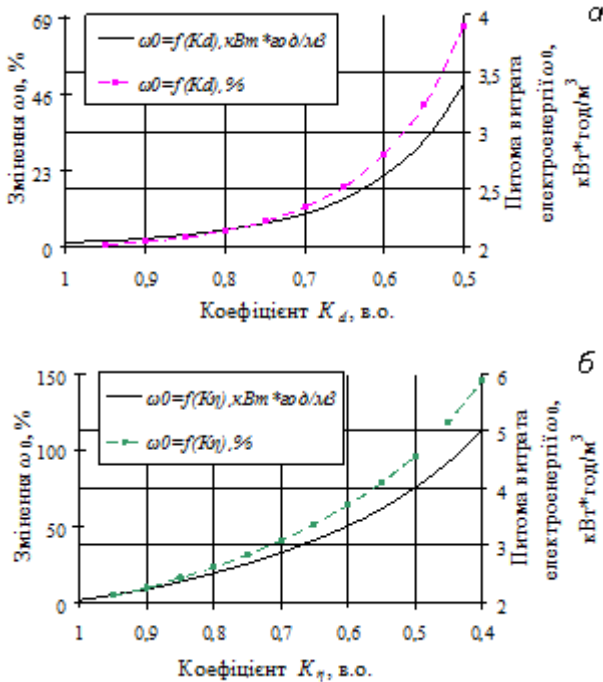


Рисунок 1 – Залежності питомої витрати електроенергії від зменшення внутрішнього діаметра трубопроводу (а) та ступеня погіршення технічного стану насосних установок (б)

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Далі виконується формування та відтворення режимів роботи ШВК з урахуванням технологічних умов для конкретного об'єкта. Наприклад, на рис. 2 наведена схема можливих режимів роботи ШВК, що наглядно демонструє принципи моделювання у вигляді множини режимів роботи головного водовідливу, де пропонується три варіанти роботи насосів: 0 – не працює жоден насос, 1 – працює один, 2 – працюють два насоси. У цьому випадку можлива зміна режиму роботи насосних агрегатів кожну годину. Жирними ламаними лініями як приклад виділений один з можливих режимів функціонування ШВК на добовому інтервалі.

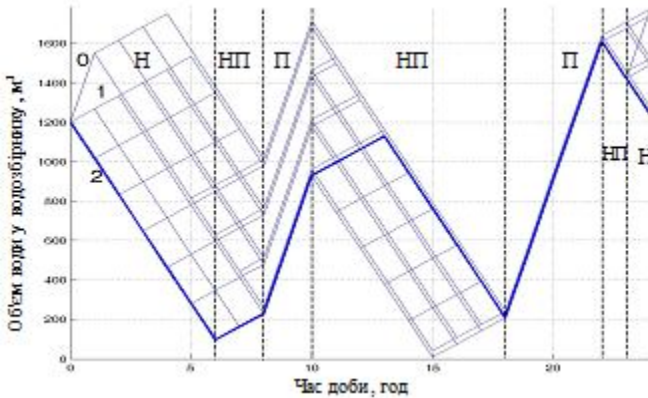


Рисунок 2 – Схема можливих режимів роботи ШВК з двома насосами:  
0, 1 і 2 – кількість одночасно працюючих насосів; Н, НП і  
П – відповідно нічна, напівопікова і пікова зона доби

Для кожного режиму визначається питома та загальна витрати електроенергії, оплата за споживану електроенергію, загальний об'єм відкачуваної води та ін. Серед отриманої кількості циклічних графіків обирається режим роботи водовідливу, який відповідає двом основним критеріям: мінімальна питома витрата електроенергії та мінімальна величина оплати за спожиту електроенергію. Інформація щодо режимів роботи насосів прямує до відповідального персоналу, який реалізує обраний режим роботи вручну або автоматично за наявності відповідної системи керування. Крім того, моніторинг зміни напору дозволить зробити коректні висновки щодо причин збільшення питомої витрати електроенергії. Зростання напору відносно попередніх значень свідчить про зміну характеристики трубопровідної мережі, що характерно при зміні внутрішнього діаметру трубопроводу. Незмінні значення або

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

зниження напору свідчить про погіршення робочих параметрів насосного агрегату, тобто зниження його ККД. Висновки та рішення щодо подальших дій приймає обслуговуючий технічний персонал.

**Висновки.** Запропонований спосіб моделювання режимів роботи ШВК дозволяє вибирати найбільш енергоекономічний режим роботи водовідливу на заданому інтервалі часу за критерієм мінімальної питомої витрати електроенергії та за умови мінімальної плати за спожитому протягом доби електричну енергію. Це дозволить зменшити до 25% грошові затрати на оплату споживаної насосами електроенергії та до 10% знизити її витрату, а також контролювати і своєчасно виявляти погіршення технічного стану основного обладнання ШВК.

### **Література**

1. Разумный Ю.Т. Повышение энергоэффективности главной водоотливной установки угольной шахты / Ю.Т. Разумный, Н.Ю. Рухлова, А.В. Рухлов // Науковий вісник НГУ: Наук.-техн. зб. – 2013, № 5. – С. 67-72.

2. Патент України на корисну модель № 86645, МПК F 15 В 1/00. Спосіб керування головною водовідливною установкою вугільної шахти / Разумний Ю.Т., Рухлов А.В., Рухлова Н.Ю.; заявник и патентовласник ДВНЗ "Національний гірничий університет". – № u 2013 07312 ; заявл. 10.06.13 ; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1.