

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Рухлової Наталії Юріївни**

**"Підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу вугільної шахти в режимі споживача-регулятора",**  
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

У дисертаційній роботі вирішується важлива наукова-практична задача комплексної оцінки впливу технічних і технологічних параметрів стану, що змінюються, та режимів роботи головної водовідливної установки на енергоефективність її функціонування в режимі споживача-регулятора.

**Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними та галузевими програмами.**

Головна водовідливна установка (ГВУ) є однією з найбільш енергоємних технологічних установок шахти (до 20% від загальношахтного обсягу електроспоживання), що дозволяє використовувати її в режимі споживача-регулятора (С-Р). Процес відкачування води на багатоагрегатних ГВУ шахт із великим водоприпливом супроводжується значними грошовими та енергетичними витратами. Використання диференційованого за періодами доби тарифу на електроенергію при регулюванні електроспоживання спрямовано на зниження грошових витрат за споживану електроенергію. Однак, при цьому збільшується інтенсивність роботи насосів у позапікові періоди, що призводить до зростання електроспоживання і, тим самим, до зниження енергоефективності використання ГВУ в режимі С-Р.

Безумовно, сьогодні проблема ресурсо- та енергозбереження в усіх галузях промисловості України є однією з найбільш гострих. Зважаючи на ситуацію, яка склалася на ринку енергоресурсів нашої держави, вугілля стає основним енергоносієм, видобуток якого у необхідному для внутрішніх потреб обсязі до

того ж значно ускладнився через політичні причини. Доцільно зауважити, що більшість вугільних шахт України або зруйновані або працюють неефективно та є збитковими і потребують постійних дотацій з держбюджету. Тим самим проблема збереження енергоресурсів загострюється ще більше, і саме тому підвищення ефективності електроспоживання набуває особливого значення.

Функціонування головного водовідливу в режимі С-Р супроводжується застосуванням регулювання режимів електроспоживання (PPE), ефективність якого залежить від технічних та технологічних умов, що визначаються технічним станом основного обладнання ГВУ та його здатністю виконувати свої функції з відкачування води.

Таким чином, задача підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу вугільної шахти в режимі споживача-регулятора є досить важливою і потребує вирішення.

Саме тому тема дисертаційної роботи Рухлової Н.Ю. є актуальною.

Слід відзначити, що дослідження за темою дисертації виконано відповідно до планів науково-дослідних робіт Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»: "Розробка ресурсо- і енергозберігаючих технологій та устаткування підприємств гірничо-металургійного і паливно-енергетичного комплексу України" (держреєстраційний № 0109U002809), "Високоєфективне використання енергетичного потенціалу геотехнічних систем України: ресурси, енергозберігаючі технології, екобезпека" (держреєстраційний № 0109U005905), "Мероприяття по совершенствованию режимов работы систем электроснабжения шахт ПАО "ДТЭК Павлоградуголь" (на примере западного куста шахт)" (№ 0301108).

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи полягає у встановленні нових уточнених залежностей між технологічними параметрами комплексу шахтного водовідливу (водоприплив, параметри водозбірників, технічний стан

насосних агрегатів та трубопроводів, їх номінальні данні) та показниками енергетичної ефективності процесу відкачування шахтних вод.

Здобувач при вирішенні задачі підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу в режимі С-Р звернув увагу на необхідність комплексної оцінки технічних і технологічних параметрів стану, що змінюються, та режимів роботи головної водовідливної установки.

Автором розроблено імітаційну модель функціонування головної водовідливної установки шахти, що, на відміну від відомих, дозволяє визначити енергоефективний режим її роботи на основі формування множини варіантів роботи насосів для будь-яких технологічних параметрів водовідливу, включаючи погіршення технічного стану основного устаткування, та вибору режиму роботи за критерієм мінімальної питомої витрати електроенергії за умови мінімізації грошових витрат на її оплату. Прийняті при моделюванні допущення є коректними та не суперечать технологічному процесу відкачування шахтних вод.

Здобувачем отримано поліноміальні функціональні залежності третього і четвертого порядку між середньодобовою питомою витратою електроенергії на відкачування води та технічними параметрами стану насосів і нагнітальних трубопроводів відповідно. Отримані невідомі раніше залежності дають можливість використовувати їх у системі моніторингу технічного стану основного устаткування водовідливу. Крім того, автором виявлено поліноміальну залежність середньодобової питомої витрати електроенергії на відкачування води від сумарної продуктивності одночасно працюючих насосів головного водовідливу шахти при регулюванні режимів електроспоживання. Застосування такої залежності надає можливість визначення областей ефективної паралельної роботи системи "насос-трубопровід" для гірничо-технологічних умов шахт Західного Донбасу.

У сукупності це дозволяє зробити висновок про наявність наукової новизни отриманих результатів, що виносяться на захист.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій** підтверджується обґрунтованістю прийнятих припущень, використанням апробованих методів теорії експерименту, моделювання процесів в об'єктах електротехнічного комплексу, припустимою похибкою між модельованими та фактичними показниками.

**Наукове значення роботи** полягає у розробці імітаційної моделі функціонування головної водовідливної установки вугільної шахти, що на відміну від відомих дозволяє визначити енергоефективний режим її роботи на основі формування множини варіантів роботи насосів для будь-яких технологічних параметрів водовідливу; отриманні поліноміальних функціональних залежностей, які можливо використовувати в системі моніторингу технічного стану основного устаткування водовідливу; виявленні поліноміальної залежності для визначення областей ефективної паралельної роботи системи "насос-трубопровід". Це дозволить враховувати вплив технічного стану насосів та трубопроводів на роботу ГВУ, а також формувати енергетично ефективний режим функціонування водовідливу.

**Практична цінність роботи** полягає у наступному:

– розроблено спосіб визначення достатнього для ефективного регулювання електроспоживання об'єму водозбірника, який відрізняється урахуванням кількості та нерівності його гілок за місткістю і найбільшої тривалості періоду пікових електричних навантажень в енергосистемі, що дозволяє зменшити загальний об'єм водозбірника;

– запропоновано спосіб моніторингу параметрів головної водовідливної установки вугільної шахти, який полягає у контролі питомої витрати електроенергії на відкачування води для своєчасного визначення зміни технічного стану основного устаткування водовідливу;

– технічно обґрунтовано використання резервного трубопроводу при ефективному регулюванні режимів електроспоживання головного водовідливу,

що дозволяє зменшити приріст середньодобової питомої витрати електроенергії на відкачування води.

Важливо, що отримані в дисертації результати з підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу впроваджені в НПЦ "ДТЕК" при проектуванні та реконструкції головних водовідливних установок та на шахті "Благодатна" ПАТ "ДТЕК Павлоградвугілля" при регулюванні режимів електроспоживання головного водовідливу.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому.**

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, бібліографічного переліку та додатку. Матеріал дисертації викладено на 146 сторінках машинописного тексту, до складу якого входять 132 сторінки основної частини, бібліографічні посилання з 85 найменувань на 10 сторінках та 2 додатки на 3 сторінках. Робота у тому числі містить 9 таблиць та 26 рисунків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показано її зв'язок з науковими програмами та планами, сформульовано мету роботи, викладено сутність наукової новизни та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію та публікації основних результатів дисертації.

**Перший розділ** присвячено аналізу проблеми нерівномірності добового графіка електроспоживання в умовах енергосистеми України та негативним наслідкам від такого режиму. Розглянуто також варіанти можливого часткового вирішення цієї проблеми, одним з яких є використання енергоємних установок в режимі С-Р, на прикладі головної водовідливної установки вугільної шахти. На основі виконаного аналізу здобувач робить висновок, що робота ГВУ в режимі С-Р виконується неефективно, оскільки РРЕ призводить до збільшення споживання електричної енергії. Аналіз місткостей водозбірників ГВУ шахт

Західного Донбасу свідчить про фізичну неспроможність більшості з них накопичувати воду, особливо в період чищення найбільшої за місткістю гілки, при відключенні насосів у години пікових навантажень в енергосистемі. Автором пропонується розробити технічні та технологічні умови для підвищення ефективності РРЕ головного водовідливу шахти і тим самим підвищити енергоефективність роботи водовідливу в режимі С-Р.

У другому розділі автором проаналізовано параметри ГВУ, а саме водозбірники, насосні агрегати та трубопровідну мережу. В результаті цього був розроблений спосіб визначення об'єму водозбірника та його гілок, що забезпечує можливість РРЕ шляхом повного виключення роботи насосів у години максимуму навантаження енергосистеми протягом усього року незалежно від графіка чищення гілок водозбірника, що створює технологічні умови підвищення ефективності роботи водовідливу в режимі С-Р.

Виконаний аналіз режимів роботи насосів спільно з гідравлічною мережею показує взаємозв'язок параметрів що змінюються, які характеризують основні властивості технологічного процесу відкачування води. Погіршення технічного стану насосів і трубопровідної мережі призводить до зміни їх робочих параметрів і, як наслідок, це впливає на ефективність електроспоживання.

У третьому розділі автором запропоновано алгоритм моделювання режимів роботи головного водовідливу в режимі С-Р, який реалізований на базі розробленої імітаційної моделі. Модель дозволяє формувати множину можливих режимів роботи водовідливу для будь-яких його технологічних параметрів та обирати з них енергетично ефективний режим за критерієм мінімальної питомої витрати електроенергії за умови мінімальної плати за її споживання.

За результатами імітаційного моделювання здобувачем отримано залежності ефективності роботи ГВУ від технічного стану основного її обладнання. Для умов ГВУ шахт Західного Донбасу автором отримано

функціональні залежності впливу ступеня погіршення технічного стану трубопровідної мережі та насосних агрегатів на питому витрату електроенергії, які дозволяють прогнозувати такі зміни технічного стану при збільшенні питомої витрати. Запропоновано також спосіб моніторингу параметрів ГВУ, який дозволяє своєчасно визначати причини їх зміни, які, як правило, пов'язані з технічним станом устаткування.

На основі результатів моделювання автором виявлено поліноміальну залежність, що надає можливість визначення областей ефективної паралельної роботи системи "насос-трубопровід".

**Четвертий розділ** присвячено дослідженню областей енергоефективної роботи головного водовідливу в режимі С-Р. Здобувачем запропоновано описання системи шахтного водовідливу як сукупності взаємодіючих елементів за допомогою теорії множин, оскільки в процесі функціонування ГВУ множина її елементів може мати множину станів. Це дозволило визначити області застосування PPE водовідливу в контексті зміни питомої витрати електроенергії від ступеня зменшення внутрішнього діаметра трубопроводу через його заростання для різного технічного стану насосів.

Враховуючи, що ефективність PPE або навіть його можливість залежить також від тривалості зменшення робочого об'єму водозбірника, автором отримано залежності питомих технічних і економічних показників роботи ГВУ на період обмеження робочого об'єму водозбірника від його тривалості.

Крім того, здобувачем обґрунтовано необхідність застосування резервного трубопроводу в процесі відкачування води при PPE на багатоагрегатних ГВУ, що дозволить зменшити витрату електроенергії та додатково знизити плату за електроспоживання.

У п'ятому розділі виконано економічну оцінку доцільності реалізації запропонованих заходів щодо підвищення енергетичної ефективності функціонування головного водовідливу в режимі С-Р. Автором відзначено, що

економічний ефект досягається шляхом зниження оплати підприємством спожитої електроенергії за рахунок виключення роботи насосів у періоди пікових навантажень та зменшення витрати палива (вугілля) на ТЕС для виробництва електроенергії у ці періоди.

**Загальні висновки** по дисертаційній роботі повною мірою відображають отримані наукові та практичні результати.

У додатках наведені акти щодо впровадження результатів дисертаційної роботи в НПЦ "ДТЕК" та на шахті "Благодатна" ПАТ "ДТЕК Павлоградвугілля".

Аналіз змісту дисертації, а також матеріалів щодо впровадження результатів роботи, надає підстави констатувати про завершеність автором досліджень та відповідність дисертації вимогам діючих нормативних документів.

В цілому робота виконана на достатньо високому науковому рівні, містить необхідні наукову новизну та практичну цінність. Висновки по роботі мають достатню аргументацію та достовірність. Матеріал дисертації викладено грамотною технічною мовою, стиль викладення роботи чіткий, стислий, структурно та стилістично коректний, з хорошим рівнем пояснення механізму досліджень.

#### **Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях.**

Основний зміст дисертаційної роботи та отримані результати достатньо повно викладено в 12 опублікованих наукових працях, у тому числі 5 з них – у фахових виданнях, 1 – у міжнародному виданні, 3 – матеріали наукових конференцій, 3 – патенти України на корисну модель. У цілому обсяг публікацій задовольняє вимогам МОН України до повноти викладення в них



результатів кандидатських дисертацій. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації та її висновкам.

### **Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації.**

1. У п.6 розробленого алгоритму функціонування ГВУ в режимі С-Р (п.3.2) слабо розкритий механізм урахування зниження фактичного ККД насосу через погіршення його технічного стану при визначенні уточнених напору та продуктивності насосу для розробки нових режимів роботи водовідливу.

2. При визначенні областей енергоефективної роботи ГВУ у режимі С-Р (рис.4.4) не зрозуміло, що безпосередньо мається на увазі під терміном "енергоефективність"?

3. Не обґрунтований, використаний здобувачем у розробленій моделі, параметр обмеження кількості вмикань насосів протягом доби (розділ №3).

4. П'ятий висновок до розділу №2 щодо збільшення витрати електроенергії при погіршенні технічного стану насосів і трубопроводів є очевидним. Доцільно було б вказати ступінь такого впливу.

5. У четвертому висновку до розділу №4 та у п.2 висновку йдеться про обмеження робочого об'єму водозбірника до 75% протягом року. Однак не зрозуміло, з яких причин це може відбуватися в умовах шахти протягом такого тривалого періоду.

6. У роботі наведений занадто докладний опис технології чищення гілок водозбірника (п.4.2), у чому немає потреби.

7. Напрямом подальших досліджень автора може бути адаптація отриманих залежностей і моделей щодо підвищення енергоефективності роботи ГВУ до гірничо-технологічних умов вугільних шахт інших регіонів України.

Однак наведені зауваження не є принциповими і не ставлять під сумнів наукові та практичні результати, що отримані автором.

## Висновки

1. Дисертаційна робота Рухлової Н.Ю. "Підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу вугільної шахти в режимі споживача-регулятора" має наукову новизну та практичну цінність та є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішена наукова задача, що полягає у комплексній оцінці впливу технічних і технологічних параметрів стану, що змінюються, та режимів роботи головної водовідливної установки на енергоефективність її функціонування в режимі споживача-регулятора.

2. Наукові публікації, доповіді та тези конференцій, а також отримані патенти повністю відображають зміст дисертації.

3. Текст автореферату відповідає змісту дисертації, її положенням та висновкам, що достатньо аргументовані.

Зазначене вище дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота "Підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу вугільної шахти в режимі споживача-регулятора" відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи і вимогам МОНУ (п.13 Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника), а її автор, Рухлова Наталія Юріївна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук з обраної спеціальності.

Офіційний опонент,

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри автоматизованих електромеханічних

систем в промисловості та транспорті

Державного вищого навчального закладу

"Криворізький національний університет"

*Відсутні*  
10.10.2015  
*В.А. Кольсун*  
*Остапенко*



*[Handwritten signature]*

В.А. Кольсун

ЗАСВІДЧУЮ:  
Учений секретар  
ДВНЗ «Криворізький національний -  
університет»  
*Згуринська М.І.*  
*07.10.2015*

*[Handwritten signature]*