

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

на дисертаційну роботу Грядущого Кирила Володимировича

**«Обґрунтування раціональних технологічних схем і параметрів шахтних зумпфових високонапірних насосно-гідроелеваторних установок»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.05.06 -«Гірничі машини»**

Дисертаційна робота присвячена рішення актуальної наукової задачі щодо встановлення закономірностей формування технологічних напірних і енергетичних, а також витратно-кавітаційних характеристик високонапірних ЗВА, з урахуванням впливу виду і величини напору (підпору) при всмоктуванні, що дозволило обґрунтувати область раціональних параметрів режимів їх роботи і принципи технологічного проектування ЗНГУ з високонапірними ЗВА.

1. Актуальність роботи

Багаторічний досвід експлуатації зумпфових водовідливних установок свідчить про дуже низьку ефективність їх роботи. Просип твердого в зумпфи скіпових стволів, який досягає рівня 2% добового видобутку шахти, призводить до різкого підвищення його концентрації у воді, що відкачується (в середньому до 40г/л), що обумовлює різке зниження ресурсу відцентрових шахтних насосів які традиційно використовуються на зумпфовому водовідливі – з виникненням частих підтоплень зумпфів. До істотних негативних наслідків слід віднести також той факт, що технологія, яка використовується, устаткування очищення і відкачування зумпфів припускають широке використання ручної праці – при одночасному залученні 3-6 чоловік і більше. Обслуговуючий персонал працює в дуже складних, антисанітарних і, що особливо важливо, в небезпечних для життя умовах. Достатньо сказати, що мали місце прориви значних об'ємів водовугільних гідросумішей у зумпфи, що призвели не тільки до виходу (затопленню) самих установок і значним втратам часу й матеріальних коштів при ліквідації наслідків аварійних ситуацій, а й до загибелі людей. Вищезазначене, а також суттєве підвищення в останні десятиліття глибини зумпфів, що досягає на ряді

шахт 80-110 м і більше, обумовлюють необхідність перегляду існуючої технології і устаткування, що використовується для відкачування і очищення зумпфів.

Ефективним напрямом механізації зазначеного виробничого процесу, що практично не має нині альтернативних рішень, є розробка зумпфових насосно-гідроелеваторних установок (ЗНГУ) на підставі обґрунтування і створення спеціальних, високонапірних і економічних гідроелеваторних (водострумінних) апаратів (ЗВА). Необхідного розвитку даний напрям дотепер не отримав – внаслідок відсутності необхідної теоретичної бази й результатів тривалого експериментального підтвердження його ефективності безпосередньо в умовах експлуатації в глибоких зумпфах.

Тому встановлення закономірностей формування технологічних характеристик високонапірних ЗВА з урахуванням впливу виду і величини напору (підпору) при всмоктуванні, а також обґрунтування області раціональних параметрів режимів їх роботи, розробка ефективних технологічних схем, і створення на цій основі спеціальних, високонапірних і економічних гідроелеваторних (водострумінних) апаратів (ЗВА) для підвищення економічності і забезпечення високопродуктивного і, переважно, безлюдного відкачування і очищення шахтних зумпфів практично будь-якої глибини є актуальним науковим завданням.

Отже, мета роботи – визначення області раціональних параметрів режимів роботи високонапірних ЗВА, а також обґрунтування і реалізація ефективних технологічних схем ЗНГУ і на цій основі створення високонапірних ЗВА для підвищення економічності і забезпечення високопродуктивного і, переважно, безлюдного відкачування і очищення шахтних зумпфів практично будь-якої глибини.

Актуальність дисертації підтверджується і тим, що вона виконувалася по тематиці робіт інституту ПАТ «НДІГМ ім. М.М. Федорова», що полягає в розробці енергозберігаючої технології та технічних рішень в області шахтного водовідливного комплексу галузі, що забезпечать його використання як регулювальника навантаження енергосистеми, підвищення рівня ефективності та безпеки, зниження аварійності на водовідливні.

Тема дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.05.06 – «Гірничі машини» згідно з вимогами МОН України про порядок присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

2. Наукові положення і їхня новизна

Дисертант отримав нові наукові результати, що сформульовані у трьох положеннях.

1. Технологічний напір, ККД і подача ЗВА виражені дрібно-раціональними функціями відносної витрати, які визначаються величиною і видом статичного або швидкісного підпору, що розглядається при цьому як питома енергія потоку, що всмокиється який додатково підводиться. Схема ЗВА із статичним підпором перевищує традиційно рекомендований варіант з швидкісним підпором як за натиском, так і за ККД – не менше чим в 1,1 разу при відносному підпорі 0,1, що при використанні встановленої області взаємозв'язаних раціональних відносних гідравлічних (у тому числі кавітаційних) і геометричних параметрів ЗВА обґрунтовує технічну можливість створення ефективних високонапірних ЗВА при статичному підпорі при всмоктуванні.

2. У дослідженій області розмірних параметрів: напору робочого потоку $H_p=200\dots800$ м; напору апаратів $H_A=10\dots150$ м; підпору $H_{\pi}=-7\dots+20$ м, залежності η_A апаратів від напору H_A , за умови $H_{\pi}=\text{const}$, характеризуються розвиненими ділянками з близькими до постійних значень η_A . Оптимальні або приоптимальні значення ККД ЗВА $\eta_A=0,28\dots0,3$ забезпечуються при значеннях параметрів: $H_p=300$ м, $H_A=60\dots90$ м; $U_k=0,7\dots1,2$, при статичному підпорі – $H_{\pi}=10\dots20$ м.

3. Ефективність (технологічний ККД) двоступінчастої схеми ЗВА виражена як функція напору апарата від відносної витрати і величини параметра статичного підпору H_{π} при всмоктуванні верхнього високонапірного ступеня, створюваного низьконапірним передвключеним апаратом. При цьому її ККД, в порівнянні з традиційно вживаною одноступінчастою схемою ЗВА, при $H_{\pi}=10\dots20$ м і нульовому підпорі на вході в апарати підвищується в 1,5...2,5 рази із забезпеченням напору апарата 120...150 м при одночасному зниженні напору робочого потоку H_p не менш ніж в 1,5 рази.

Дисертаційна робота представляє певний внесок у розвиток теорії розрахунку і проектування зумпфових насосно-гідроелеваторних установок, включаючи розробку методики розрахунку таких установок.

3. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків і рекомендацій дисертаційної роботи, їх достовірність і новизна, перш за все виявляється у ідеях, які фундаментально розроблені в дисертації, а також обумовлюється:

- коректним застосуванням: методів математичного аналізу стосовно досліджень гідравлічних і енергетичних характеристик ЗВА, обґрунтуванню методу дослідження і розрахунку режимів роботи ЗНГУ, що оснащені високонапірними ЗВА;
- результатами експериментальних досліджень, виконаних в показних натурних (промислових) умовах двох глибоких зумпфів скіпових стволів діючих шахт, на основі стандартних методик з використанням вимірювальних приладів достатньої точності;
- задовільним узгодженням результатів теоретичних і експериментальних (виробничих) досліджень характеристик і режимів роботи ЗНГУ, оснащених високонапірними двоступінчастими ЗВА. Розбіжність порівнюваних параметрів: по напору – не більше 1 %, по подачі – не більше 2,5 %, по ККД апаратів – не більше 8 %; позитивними результатами багаторічної (близько шести років) експлуатації промислових зразків з високонапірними ЗВА (трьох з двоступінчастими і одного з одноступінчастою схемами) у складі двох ЗНГУ.

4. Наукова і практична цінність роботи

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей формування технологічних напірних і енергетичних, а також витратно-кавітаційних характеристик високонапірних ЗВА з урахуванням впливу виду і величини напору (підпору) при всмоктуванні, що дозволили обґрунтувати область раціональних параметрів режимів їх роботи і принципи технологічного проектування ЗНГУ з

високонапірними ЗВА; у обґрунтуванні методу розрахунку і вибору раціональних режимів роботи ЗНГУ в цілому при оснащенні їх високонапірними ЗВА, у тому числі новою, двоступінчастою схемою апарата; у обґрунтуванні доцільності створення спеціальних аварійних ЗВА з підвищеною подачею.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в розробці і практичній реалізації методики дослідження, розрахунку і вибору раціональних гідравлічних і геометричних параметрів високонапірних ЗВА, у тому числі двоступінчастої технологічної схеми з високонапірною (основною) і низьконапірною ступенями, що забезпечує в порівнянні з традиційною одноступінчастою схемою ЗВА підвищення експлуатаційного ККД в 1,5..2,5 рази і зниження необхідного напору робочого потоку не менш ніж в 1,5 рази.

Результати дослідження використані при підготовці СОУ 10.1.24183643.006:2007 «Водозбірники» (акт від 30.10.2013 р., затверджений наказом Міністерства вугільної промисловості України № 545 від 7.12.2007 р.).

Упровадження методики дослідження, розрахунку і вибору раціональних гідравлічних і геометричних параметрів високонапірних ЗВА:

- розробляти та ефективно використовувати високонапірні одно- та двоступінчасті ЗВА на зумпфових водовідливах глибоких зумпфів;
- одержати економічний ефект від впровадження установки не менше 1 млн. грн. на рік.

5. Ступінь реалізації прикладних результатів роботи

За одержаними результатами вперше в практиці гірничої промисловості України були розроблені робочі проекти установок, а також впроваджені і отримали практичне використання високонапірні двоступінчасті ЗВА на зумпфових водовідливах глибоких зумпфів (глибиною 95 і 110 м) двох шахт (ім. Ф.Е.Дзержинського ДП «Дзержинськвугілля» і «Жовтневий рудник» ДП «ДУЕК»).

Доведено, що виконаний комплекс робіт створює реальні передумови для різкого підвищення ефективності стаціонарного зумпфового водовідливу при забезпеченні безлюдного, або близького до нього, відкачування і очищення зумпфів практично будь-якої глибини. До перспективної сфери застосування двоступінчастої

схеми слід віднести також відкачування припливів води із стволів закритих шахт з висотою водопідйому орієнтовно до 150...200 м.

6. Повнота викладу в опублікованих роботах основних результатів дисертації

Основний зміст дисертації опублікований у 16 роботах, з них 3 статті – в зарубіжних виданнях і вітчизняних, таких, що входять до міжнародних наукометричних баз, 9 статей – у фахових наукових виданнях переліку МОН України, 4 статті і тези виступів в збірках матеріалів науково-технічних і науково-практичних конференцій, галузевий стандарт, 1 патент України на корисну модель.

7. Основні недоліки роботи

7.1. У першому розділі наведено докладний аналіз стану проблем безпеки зумпфового водовідливу, але не наведено характеристики методів попередження аварійних ситуацій.

7.2. Ствердження дисертанта, що при виведенні залежності (2.30) значення n має бути постійним, викликає сумнів для випадків при розрідженні при всмоктуванні.

7.3. Ствердження дисертанта щодо можливості вести дослідження технологічних і «нормальних» характеристик апаратів за допомогою (3.7) потребує додаткового пояснення урахування додаткових умов, у тому числі втрат енергії.

7.4. У роботі не обґрунтовано теоретично перерозподіл поля тисків і швидкостей потоків у проточній частині апаратів для випадків швидкісного та статичного підпору.

7.5. У роботі не обчислені оптимальні параметри для технологічних схем високонапірних зумпфових водоструминних апаратів.

7.6. З роботи не видно принципову складність у розрахунках режимів роботи двоступінчастого водоструминного апарата порівняльно з іншими.

Проте перелічені недоліки не стосуються отриманих наукових результатів, та суттєво не впливають на якість дисертаційної роботи.

8. Оцінка змісту й оформлення дисертації й автореферату

Дисертація Грядущого К.В. є закінченою, єдиною за змістом та науковою спрямованістю дослідницькою роботою.

Текстова частина роботи характеризується стрункністю побудови й супроводжується посиланнями на використовувану літературу і на опубліковані автором роботи, теоретичні дослідження підтверджуються експериментальними даними. У роботі дисертант домігся єдності змісту, структури та стилю.

У першому розділі представлено аналіз існуючої технології очищення і відкачування зумпфів на шахтах СНД, у тому числі й на шахтах України.

Обґрунтовані основні напрями розвитку зумпфового водовідливу: розробка зумпфових насосно-гідроелеваторних установок на основі створення спеціальних високонапірних, надійних і економічних водострумінних апаратів; вдосконалення технологічних схем установок; розробка ефективного методу розрахунку і вибору раціональних параметрів апаратів з урахуванням їх кавітаційних характеристик.

На базі огляду відомих наукових робіт встановлено, що вони не дають досить чіткої оцінки: впливу виду і величини підпору при всмоктуванні апаратів на їх робочі характеристики і параметри, а також ефективності перспективної для зумпфового водовідливу високонапірної двоступінчастої схеми апарата з передвключеним низьконапірним ступенем. Не був обґрунтований аналітичний метод розрахунку параметрів режимів роботи насосно-гідроелеваторних установок з одно- і двоступінчастими апаратами, що не дозволяє здійснювати вибір найбільш ефективної сукупності їх параметрів на етапі проектування.

На основі виконаного аналізу сформульована мета і визначені завдання дослідження.

У другому розділі на основі використання рівняння імпульсів отримані розмірне енергетичне рівняння ЗВА і технологічні безрозмірні напірні характеристики апаратів, що відображають вплив статичного, швидкісного і нульового підпорів, а також розрідження при їх всмоктуванні.

Обґрунтовані залежності для визначення технологічного ККД апаратів.

Виконані дослідження впливу величини і виду, статичного і швидкісного, підпору при всмоктуванні високонапірних ЗВА на їх технологічні напірні і енергетичні характеристики, в передкавітаційних режимах роботи апаратів.

У третьому розділі обґрунтована область раціональних параметрів і ефективних технологічних схем зумпфових насосно-гідроелеваторних установок на основі методу узагальнення (синтезу) параметрів апаратів з урахуванням їх кавітаційних характеристик за допомогою витратно-кавітаційної характеристики.

Встановлена залежність кавітаційного коефіцієнта подачі U_k безпосередньо від співвідношення значень абсолютного напору на всмоктуванні H_H і напору H_A , що створюється апаратом.

Проведено порівняння технологічних схем високонапірних одноступінчастого і двоступінчастого зумпфових водострумінних апаратів.

У четвертому розділі встановлена система аналітичних виразів, що визначають однозначну залежність режимів роботи насосно-гідроелеваторної установки від усіх інших (технологічних, гідравлічних, геометричних) її параметрів, що забезпечує точне і повне розрахункове визначення режимів установки, як з одноступінчастим, так і з двоступінчастим апаратом, і надає розрахунку ясний фізичний сенс, властивий розрахунку насосних, у тому числі водовідливних, установок.

На основі використання теореми імпульсів отримано безрозмірне рівняння напірної характеристики апаратів.

Розроблений метод дозволив здійснювати ефективний вибір усіх найбільш важливих гідравлічних і геометричних параметрів високонапірних апаратів, що однозначно між собою сполучаються. При цьому вперше забезпечилася можливість виконання точного розрахунку режимів роботи апаратів аналогічно методу розрахунку водовідливних установок.

У п'ятому розділі на основі використання розробленого в розділі 4 методу виконані розрахунки параметрів установок для умов відкачування припливу і очищення одного з найбільш глибоких у галузі зумпфів діючого скіпового ствола «Пугачівка» (на гор. 1146 м) шахти ім. Ф.Е. Дзержинського ДП «Дзержинськвугілля».

Розроблені високонапірні (з натиском до 120 м) двоступінчаста і одноступінчаста схеми ЗВА. Результати роботи впроваджені у вигляді двох двоступінчастих і одного одноступінчастого ЗВА - на зумпфовому водовідливні шахти ім. Ф.Е.Дзержинського ДП «Дзержинськвугілля» і одного двоступінчастого - на зумпфовій установці шахти «Жовтневий рудник» ДП «ДВЕК». У обох випадках використання установок дозволило успішно вирішити важливі виробничі завдання - задіювати скіпові підйоми для забезпечення високопродуктивної видачі на поверхню вугілля, що видобувається, що, у свою чергу, дало можливість інтенсифікувати розвиток робіт по видобутку вугілля на відповідних горизонтах шахт.

Проведені порівняння результатів теоретичних і експериментальних (виробничих) даних (розбіжність порівнюваних параметрів: по напору – не більше 1 %, по подачі – не більше 2,5 %, по ККД апаратів – не більше 8 %).

У додатках наведена технологічна схема насосно-гідроелеваторної установки, що розроблена, та призначена для гідротранспортування просипу й відкачування води із зумпфової частини скіпового стовбура «Пугачівка» шахти ім.Ф.Е.Дзержинського, та її докладний опис; схема розміщення трубопровода робочей води и пульповода установки в виробках пристовбурового двору; оцінка погрішності експериментального визначення робочих параметрів і ККД двоступінчастого апарата; акти про впровадження та використання результатів дисертаційної роботи та протоколи вимірювань.

Робота викладена на 181 сторінці та складається з вступу, п'ятих розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (71 найменування), додатків.

Дисертація за структурою й оформленням відповідає вимогам до кандидатських дисертаційних робіт, написана грамотно, досить ілюстрована та добре оформлена.

Автореферат дисертації коротко викладає її основний зміст.

Приведені в авторефераті загальна характеристика роботи, наукові положення і висновки викладені в тій же редакції, що й у дисертації.

9. Загальний висновок про роботу

Сукупність сформульованих і обґрунтованих здобувачем наукових положень є новим рішенням актуальної наукової задачі щодо встановлення закономірностей формування технологічних напірних і енергетичних, а також витратно-кавітаційних характеристик високонапірних ЗВА, з урахуванням впливу виду і величини напору (підпору) при всмоктуванні, що дозволило обґрунтувати область раціональних параметрів режимів їх роботи і принципи технологічного проектування ЗНГУ з високонапірними ЗВА.

Актуальність, практичне значення, новизна, завершеність досліджень, обґрунтування та достовірність висновків заслуговують позитивної оцінки.

Одержані Грядущим К.В. в роботі нові результати теоретичних та практичних досліджень мають важливе теоретичне значення та практичний інтерес.

Робота виконана на високому науковому рівні, є актуальною та своєчасною.

Наведені в дисертації друковані роботи підтверджують особистий внесок здобувача та повноту викладу наукових положень.

Дисертаційна робота Грядущого Кирила Володимировича «Обґрунтування раціональних технологічних схем і параметрів шахтних зумпфових високонапірних насосно-гідроелеваторних установок», відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника (із змінами)», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, і паспорту спеціальності 05.05.06– «Гірничі машини», а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри «Гірничі машини»
Державного вищого навчального закладу
«Донецький національний технічний університет»
Міністерства освіти і науки України

А.К.Семенченко