

В і д г у к

офіційного опонента на дисертаційну роботу Татарко Лариси Гаврилівни за темою «**Обґрунтування параметрів процесу гідротранспортування мінеральної сировини по магістралях із сталевих і полімерних труб**», яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка»

Відгук складено на основі вивчення дисертаційної роботи, автореферату, опублікованих здобувачем результатів наукових досліджень, а також матеріалів, які підтверджують впровадження результатів роботи.

Дослідження проводились в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України відповідно до концепції державних програм та планів науково-дослідних робіт за безпосередньою участю здобувача.

Актуальність визначеної автором проблеми, яка вирішується у дисертаційній роботі пов'язана з надзвичайною складністю процесів гідротранспортування мінеральної сировини та зниження енергоємності і водоспоживання гідротранспортних комплексів взагалі. Як відомо, гідротранспорт твердих матеріалів широко застосовується у вугільній, металургійній, будівельній і хімічній промисловостях, сільському господарстві та інших галузях, а тому є невід'ємною частиною багатьох технологічних процесів. Дослідження з підвищення ефективності гідротранспортування повинні бути спрямовані, насамперед, на зниження енергоємності, об'ємів водоспоживання та експлуатаційних витрат цього виду транспорту. Це дозволить зменшити собівартість переробки мінеральної сировини, підвищити конкурентоспроможність вітчизняних гірничих підприємств і поліпшити екологічний стан навколишнього середовища. Переваги полімерних трубопроводів при перекачуванні води є загальновідомими – такі труби не піддаються корозії, мають меншу вагу, менший гідравлічний опір течії рідини, більшу зносостійкість. Але їх застосування для гідротранспорту твердих матеріалів стримується відсутністю методик розрахунку його парамет-

рів у полімерних трубах. Крім того, при поетапному переході гідротранспортних комплексів на використання полімерних труб транспортування мінеральної сировини, магістралі складатимуться з ділянок як сталевих, так і полімерних труб, що ускладнює вибір оптимальних режимів гідротранспортування. Тому встановлення залежностей гідравлічного ухилу і критичної швидкості гідротранспортування у трубах з полімерних матеріалів від гранулометричного складу, концентрації та щільності твердих частинок з обґрунтуванням місць розміщення насосів на магістралях, які складаються зі сталевих та полімерних труб, в гідротранспортних комплексах технологічних систем видобутку і переробки корисних копалин є, безумовно, **актуальним і важливим завданням**, і з цим слід погодитись.

Слід також відзначити суттєвий **зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**. Дисертаційна робота виконана в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, що є одним із провідних за визначеним науково-технічним напрямком, у рамках держбюджетних тем: III-55-10 «Розробка наукових основ нових ресурсозберігаючих технологій функціонування та моніторингу нестійких геотехнологічних систем» (№ ДР 0110U002634), III-63-12 «Фізико-хімічна механіка геотехнологічних систем: ідентифікація параметрів і управління» (№ ДР 0112U000493), III-65-15 «Розвиток теорії та методів управління станом геотехнологічних систем для забезпечення інтенсифікації робіт гірничодобувних підприємств» (№ ДР 0115U002534), в яких автор була виконавцем.

Метою досліджень автора було встановлення залежностей гідравлічного ухилу і критичної швидкості для полімерних труб від гранулометричного складу, концентрації і щільності твердих частинок та обґрунтування параметрів процесу гідро транспортування мінеральної сировини магістралями з ділянками із сталевих і полімерних труб для зниження енергоємності та водоспоживання гідротранспортних комплексів гірничих підприємств. З цим погоджуюсь.

Робота започаткована на основі детальних **завдань**:

- проаналізувати особливості транспортування полідисперсної мінеральної сировини у трубопроводах з полімерного матеріалу;
- визначити основні фактори, що впливають на параметри гідротранспорту;
- встановити експериментальним шляхом процес руху твердих частинок мінеральної сировини по внутрішній поверхні сталевих і полімерних трубопроводів і визначити залежність коефіцієнта тертя від величини та концентрації твердих частинок, та матеріалу труби;
- розробити метод розрахунку гідравлічного ухилу і критичної швидкості для полімерних труб, що враховує щільність та гранулометричний склад матеріалу, що транспортується;
- розробити в залежності від витратно-напірних характеристик насосів і подачі гідросуміші методику обґрунтування довжин ділянок магістралі зі сталевих та полімерних труб;
- розробити та впровадити методичні рекомендації з вибору й обґрунтування параметрів поліетиленових труб, що вміщують проектувальні та перевірочні етапи розрахунків гідротранспортних комплексів, магістралі яких складаються з ділянок зі сталевих і полімерних труб.

Наукова ідея роботи полягала у встановленні та врахуванні залежностей характеристик гідротранспортування полідисперсних матеріалів у полімерних трубах від розмірів та концентрації твердих часток, а також геометричних параметрів труб в магістралі при визначенні параметрів енергоємності та водоспоживання у процесі транспорту мінеральної сировини.

Використані автором **методи досліджень** є сучасними і повністю відповідають складності завдань. Виконаний комплекс досліджень, які склались з аналізу і узагальнення результатів відомих експериментальних і теоретичних досліджень процесів гідротранспортування мінеральної сировини у магістралях з трубами із сталевих і полімерних матеріалів при різних умовах і діях. Проведені лабораторні експерименти з дослідження процесів руху тве-

рдих частинок мінеральної сировини по внутрішній поверхні трубопроводів з використанням методики О.Є. Смолдирьова і С.І. Кріля та стандартів ISO TR 10501 і СНиП 2.04.02-85 при розробці методів розрахунку гідравлічного ухилу і продуктивності гідро транспортного комплексу. При розрахунках коефіцієнта тертя твердих частинок апробовані нові лабораторні методики.

Зміст дисертації викладений у 4-х розділах.

В *розділі 1* наведено результати критичного аналізу сучасного стану проблем гідротранспорту мінеральної сировини у трубопроводах, виготовлених з полімерних матеріалів. Надані уявлення щодо технічних засобів, які використовуються при гідротранспорті твердих матеріалів, досвід використання поліетиленових труб в різних умовах.

Показано, що залежності, які покладені в основу методик розрахунку гідротранспорту, містять емпіричні константи отримані для сталевих труб. Не враховуються особливості взаємодії твердих частинок з внутрішньою стінкою трубопроводу і вплив внутрішніх зварних швів. Відсутні дані про залежність коефіцієнта гідравлічного тертя від числа Рейнольдса, критичні швидкості гідротранспортування та додаткові гідравлічні ухили, обумовлені присутністю твердих частинок.

У *розділі 2* представлені результати теоретичних досліджень процесу гідротранспортування мінеральної сировини як основи методики розрахунку гідравлічного ухилу та критичної швидкості з урахуванням щільності та гранулометричного складу матеріалу, що транспортується, у полімерних трубах. Обрані методики для адаптації розрахунків гідротранспортування багатокомпонентного матеріалу у полімерних трубах та визначення додаткового гідравлічного ухилу. Наведений опис експериментально встановленого суттєвого впливу внутрішніх зварювальних швів полімерної труби на характер взаємодії твердих частинок зі стінкою трубопроводу і на значення гідравлічного ухилу й критичної швидкості, що дозволило суттєво підвищити точність розрахунків.

Розділ 3 присвячений результатам експериментальних досліджень в лабораторних умовах процесу руху твердих частинок різних матеріалів по внутрішній поверхні сталевих і полімерних трубопроводів для встановлення залежності коефіцієнта тертя від крупності та концентрації твердих частинок, а також матеріалу труби.

Наведені результати апробації розроблених методик розрахунку параметру гідротранспорту у полімерних трубах у умовах Вільногірського гірничо-металургійного комбінату. Розроблено концепцію застосування поліетиленових труб в магістралях гідротранспортних комплексів. Показано, що рентабельність застосування поліетиленових труб у загальному випадку визначається двома факторами – співвідношенням вартості сталевих і поліетиленових труб, а також співвідношенням товщини стінок сталевих та поліетиленових труб, які витримують однаковий тиск.

Розділ 4 містить розроблені автором методики проектувального та перевірного розрахунків трубопроводних систем гірничих підприємств, які подають воду та гідросуміші магістралями з поліетиленових труб, а також магістралями, які містять ділянки сталевих і поліетиленових труб. Наведена методика розрахунку економічно вигідного діаметра трубопроводу гідротранспортної установки з поліетиленовими трубами. На основі цих методик визначені діаметри поліетиленових трубопроводів, обґрунтовані товщини їх стінок, номінальні робочі тиски гідросуміші, оцінені показники відцентрових насосів для гідротранспортних установок і системи оборотного водопостачання, а також розраховані розподіли тиску по довжині магістралей.

Наукові положення, що виносяться автором на захист повною мірою відображують отримані **наукові результати**.

Висунуті удосконалені модельні уявлення щодо процесу гідротранспорту мінеральної сировини у полімерних трубах, що вперше враховують гідравлічну крупність частинок при розподілі їх на фракції й дозволяють суттєво підвищити точність визначення гідравлічного ухилу та критичної швидкості гідротранспортування полідисперсних матеріалів.

На основі математичної моделі розрахунку параметрів гідротранспорту, який дозволяє визначити константи залежності коефіцієнта тертя від критерію Рейнольдса, вперше розроблена методика оцінки гідравлічних характеристик поліетиленових труб.

Методики розрахунків режимів роботи гідротранспортних комплексів ГЗК з обґрунтуванням розміщення насосів, які поширені на ділянках магістралей, що складаються з ділянок сталевих і полімерних труб, отримали подальший розвиток за рахунок використання встановленої залежності додаткового гідравлічного ухилу від коефіцієнта гідравлічного тертя.

Рівень обґрунтованості наукових положень та висновків забезпечується використанням фундаментальних положень і методів гідромеханіки гетерогенних середовищ, комплексу сучасних методів досліджень гідротранспортування мінеральної сировини, стандартної вимірювальної апаратури у поєднанні з методами математичного моделювання та комп'ютерної обробки результатів вимірів, узгодженням результатів, одержаних теоретично, з результатами, одержаними експериментально та позитивним порівнянням даних автора з даними літературних джерел.

Значущість результатів дисертації для науки та практики.

Наукове значення роботи визначається встановленими залежностями гідравлічного ухилу та критичної швидкості гідротранспортування від характеристик полідисперсного матеріалу та полімерних труб у магістралях з ділянками зі сталевих і полімерних труб.

Практичне значення розробок автора висвітлюється у методиці з вибору й обґрунтування параметрів поліетиленових труб для гідротранспортних комплексів. Обґрунтована також методика розрахунку параметрів напірної та безнапірної течії пульпи з певною концентрацією пасти.

Повнота викладу отриманих результатів в працях здобувача.

Результати дисертації повною мірою викладені в 25 наукових працях автора, з яких 8 статей опубліковані у спеціалізованих виданнях. Результати

роботи пройшли достатню апробацію на наукових форумах, школах, конференціях, доповідалися на засіданнях вчених рад провідних наукових установ.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 126 найменувань, 5 додатків, містить 264 сторінки машинописного тексту.

Автореферат дисертації повною мірою відображує основний зміст, структуру роботи, її кваліфікаційні ознаки, а його оформлення відповідає існуючим вимогам МОН України.

Реалізація результатів роботи підтверджена у відповідних документах, що мають нормативне або проектне впровадження. Очікуваний річний економічний ефект складає 350 тис. грн.

Зауваження до змісту роботи та її оформлення.

1. Огляд досвіду застосування полімерних труб, який наведено в першому розділі роботи, не враховує можливість прокладання полімерних труб у середині сталевих, що вже відпрацювали свій ресурс. Такий шлях модернізації магістралей гідротранспортних комплексів є дуже перспективним, оскільки композитна труба, яка утворюється таким шляхом, має властивості як полімерної, так і сталеві.

2. При вдосконаленні методики А.Є. Смедирьова шляхом узагальнення формул на випадок гідротранспорту у полімерних трубах, без достатнього обґрунтування для всього інтервалу змінення концентрації гідросуміші приймається гіпотеза незалежності константи А.К. Великанова від числа Рейнольдса та коефіцієнту гідравлічного тертя.

3. Оцінюючи вплив внутрішніх зварних швів на гідравлічний ухил та критичну швидкість гідротранспортування, автор роботи використовує залежності, що знайдені для сталевих труб не враховуючи різницю в шорсткості та формі виступів для полімерних та сталевих труб. Це припущення потребує більш детального дослідження та обґрунтування.

4. Перше наукове положення є відображенням формули (2.53), де без достатнього обґрунтування та наведення обмежень з боку концентрації гідросуміші для розрахунку числа Рейнольдса, використовується швидкість вільного падіння частинок твердого матеріалу в необмеженому середовищі, тоді як у трубопроводі формуються стиснуті умови падіння, що відображаються в формулах для розрахунку критичної швидкості та гідравлічного ухилу.

5. В третьому розділі роботи автор наводить три різних методики визначення коефіцієнту тертя твердих частинок об дно трубопроводу, але відсутні рекомендації щодо їхнього використання.

6. Автор надто вільно вживає терміни «метод» і «методика». Відомо, що ці категорії у наукових дослідженнях суттєво відрізняються.

Загальний висновок щодо дисертаційної роботи. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана на актуальну тему, містить нові науково обґрунтовані результати та наукові положення одержані автором особисто, має наукову і практичну значимість. Зміст і реалізація результатів роботи відповідають паспорту та напрямку досліджень спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка».

Вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам п. 11 «Порядку присудження ...» МОН України.

За вирішення актуальної науково-технічної задачі зі встановлення залежностей додаткового гідравлічного ухилу від коефіцієнта гідравлічного тертя і критичної швидкості гідротранспортування у полімерних трубах від шорсткості внутрішньої поверхні труби з урахуванням гранулометричного складу, концентрації та щільності матеріалу, що транспортується, і обґрунтування параметрів процесу гідротранспортування мінеральної сировини у магістралях з ділянками зі сталевих і полімерних труб, що дозволило підвищити ефективність функціонування вітчизняних ГЗК шляхом зниження енергоємності та об'ємів водоспоживання гідротранспортних комплексів, автор ро

боти Татарко Лариса Гаврилівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка».

Професор кафедри гідрогеології та інженерної геології
Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»
Міністерства освіти і науки України,
доктор технічних наук, професор



І.О. Садовенко

Підпис професора Садовенка І.О. завіряю
Вчений секретар Державного ВНЗ "НГУ"



О.А. Данилова

Р О С Т О В - О П Т І К У