

Національна академія наук України
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова

ДЗЮБА Сергій Володимирович



УДК [622.012:532.542:005.2]:519.863(043.5)

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ЛОГІСТИКИ
В ГІДРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова
Національної академії наук України (м. Дніпро).

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
БЛЮСС Борис Олександрович,
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова
Національної академії наук України, завідувач відділу
геодинамічних систем і вібраційних технологій
(м. Дніпро).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
САДОВЕНКО Іван Олександрович,
Національний технічний університет
"Дніпровська політехніка"
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри гідрогеології та інженерної геології
(м. Дніпро);

доктор фізико-математичних наук, професор
ГОМАН Олег Гаврилович,
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара
Міністерства освіти і науки України
професор кафедри аерогідромеханіки та
енергомасопереносу (м. Дніпро);

доктор технічних наук, професор
БІЛЯЄВ Микола Миколайович,
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри гідравліки та водопостачання
(м. Дніпро).

Захист відбудеться « 11 » травня 2021 р. о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.188.01 при Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: вул. Сімферопольська, 2А, м. Дніпро, 49005.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: вул. Сімферопольська, 2А, м. Дніпро, 49005.

Автореферат розісланий « 9 » квітня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, професор



В.Г. Шевченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Більшість промислових регіонів України маючи вікову історію, виникли на місцях біля родовищ корисних копалин та забезпечували сталий розвиток за рахунок кооперації та взаємодії між собою. Унікальне поєднання залізрудних родовищ, які розташовані поряд з родовищами кам'яного вугілля, великих річок й морських портів, створили умови для розвитку гірничої, металургійної, хімічної, будівельної, машинобудівної промисловості та забезпечили зростання обсягів доставки залізничним, автомобільним, трубопровідним та річковим видами транспорту. В подальшому виникли не тільки нові міста та селища, але й геотехнічні системи, техногенні об'єкти та технологічні споруди, що утворили систему, існування якої залежить від злагодженості взаємодії кожного з її елементів. В цих умовах сталий розвиток та подальше існування промислових регіонів все більше визначається параметрами систем і технологій логістики, що їх утворюють. Враховуючи особливості геотехнічних систем промислових регіонів, елементи та технології логістики не обмежуються використанням автомобільного та залізничного видів транспорту. Широке використання отримали гідравлічні види транспорту, такі як напірний і безнапірний, та різноманітні види безперервного транспорту, наприклад конвеєрний. На відміну від автомобільного та залізничного видів транспорту параметри гідравлічних та безперервних видів транспорту суттєво залежать від властивостей середовища, що транспортується, а режими роботи змінюються досить швидко. Для таких технологій логістики недостатньо досліджено залежності показників та режимів безнапірних і фільтраційних потоків гідросуміші від процесів перерозподілу матеріальних потоків та впливу зовнішніх факторів.

Таким чином, *встановлення закономірностей, що визначають параметри безнапірних потоків гідросуміші від властивостей середовища, фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі під впливом зовнішніх факторів, що характеризують процеси перерозподілу матеріальних потоків з урахуванням показників та режимів роботи елементів технологій логістики гідротехнічних систем, є актуальною науковою проблемою, яка має важливе значення для підвищення ефективності гірничих технологій та забезпечення сталого розвитку промислових регіонів.*

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках державних бюджетних тем Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України і Придніпровського наукового центру НАН України і МОН України: III-24-06 «Розробка інформаційної системи управління якістю для технологій видобутку та переробки мінеральної сировини» (№ ДР 0106U003278); III-52-09 «Розробка наукових основ системного аналізу і прогнозу ефективності технологій переробки мінеральної сировини» (№ ДР 0109U001724); III-63-12 «Фізико-хімічна механіка геотехнологічних систем: ідентифікація параметрів і управління» (№ ДР 0112U000493); III-01-17 «Інноваційні технології управління логістичними системами» (№ ДР 0116U005359), за якими автор є керівником і відповідальним виконавцем, а також III-44-10 «Розробка моделей і алгоритмів розрахунків параметрів

гідравлічних процесів при збагаченні мінеральної сировини» (№ ДР 0108U000218), III–32-15 «Науково-технічні основи розрахунків параметрів процесів та машин, які забезпечують надійність, екологічну безпеку та ресурсозбереження технологій видобутку, транспортування та переробки мінеральної сировини» (№ ДР 0107U001266), за якими автор є виконавцем.

Ідея роботи полягає у використанні закономірностей процесів перерозподілу матеріально-сировинних потоків і параметрів безнапірних потоків гідросуміші, фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі для визначення показників, режимів роботи та управління елементами технологій логістики в гідротехнічних системах гірничих підприємств.

Мета дисертаційної роботи полягає у встановленні закономірностей процесів логістики в гідротехнічних системах, що дозволить розробити методи управління системами перерозподілу матеріально-сировинних потоків в технологіях видобутку та переробки мінеральної сировини для забезпечення сталого розвитку промислових регіонів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні **задачі**:

1. Дослідити особливості структури, показників та режимів роботи елементів технологій логістики в гідротехнічних системах і розробити моделі їх функціонування.

2. Визначити найбільш поширені для технологій логістики в гідротехнічних системах способи з'єднання їх елементів то розробити методи розрахунку технологічних показників при різних типах з'єднання.

3. Вдосконалити методи розрахунків параметрів та режимів роботи елементів логістики в гідротехнічних системах гірничих підприємств, які з'єднуються безнапірним потоком гідросуміші, та дослідити методи їх керування.

4. Встановити закономірності гідродинамічних процесів та залежності параметрів розшарування при течії гідросумішей в каналах і трубопроводах зі змінними площинами перерізу та по внутрішній поверхні обертання з урахуванням масообміну, який регулюється.

5. Обґрунтувати методи та алгоритми розрахунків параметрів фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі з урахуванням зовнішніх факторів, що характеризують вплив процесів перерозподілу матеріальних потоків на показники та режими роботи елементів технологій логістики в гідротехнічних системах.

6. Розробити та впровадити методики розрахунків параметрів і режимів роботи гідротехнічних систем, рекомендації щодо оптимізації логістичних технологій на багаторівневих гірничих підприємствах.

Об'єкт досліджень – процеси функціонування та управління елементами технологій логістики в гідротехнічних системах, які використовують гідравлічний та конвеєрний види транспорту.

Предмет досліджень – закономірності, режими та параметри процесів при безнапірній течії гідросуміші й фільтрації рідини в пористому сипкому матеріалі.

Методи досліджень. В дисертаційній роботі використовувалися методи системного аналізу та узагальнення результатів відомих досліджень, а також методи чисельного рішення нелінійних рівнянь, математичного та фізичного

моделювання. При розробці методики розрахунку параметрів перерозподілу гідросумішей використано рішення системи рівнянь для нестационарного руху. При розрахунках параметрів процесу фільтрації в пористому сипкому матеріалі використовували систему рівнянь лінійної теорії фільтрації на основі закону Дарсі, а для визначення діючого перепаду тиску диференціальне рівняння, що враховує закони збереження, та формулу Сен-Венана – Венцеля.

Основні наукові положення і результати, які виносяться на захист.

1. Частка довжини похилого прямокутного каналу на якій потік гідросуміші з частинками відносної густини від 2,4 до 5,1 та діаметром від 100 мкм до 1 мм є двошаровою течією, нижній шар якого складається з висококонцентрованого потоку, а верхній представлено гідросумішшю з концентрацією, яка знижується, обернено пропорційно числу Рейнольда потоку в степені з позитивним дрібним показником, який змінюється від 2 до 4, а коефіцієнт пропорційності є поліномом другого ступеня від характеристики розподілу швидкості по висоті потоку.

2. Режим течії гідросуміші з об'ємною концентрацією меншою ніж 5 % по прямокутному каналу визначається співвідношенням критичної глибини, що віднесена до ширини потоку, та кореня третього ступеня від уклону дна каналу, який віднесено до коефіцієнту тертя рідини, з коефіцієнтом пропорційності рівним 1,2. Питома витрата пропорційна добутку довжини каналу на уклін в ступені 3/2.

3. При безнапірній течії гідросуміші по прямокутному каналу з примусовим масообміном на дні залежність відносини критичної глибини потоку в довільному поперечному перерізі до критичної глибини на вході в канал від відстані до цього перетину описується лінійною функцією, яка спадає зведеної в ступінь 2/3.

4. Тривалість підвищення тиску під стрічкою за рахунок просочування повітря крізь пористий шар матеріалу обернено пропорційна показниковій функції, аргументом якої є відносний безрозмірний тиск під стрічкою, а основа залежить від початкового значення вакууму.

5. Оптимальне управління в двоетапних задачах розподілу матеріально-сировинних потоків в транспортно-логістичних системах досягається при визначеній щільності розподілу продукту, що виробляється в заданій області, якщо існують дійсні константи, при яких функції вартості доставки одиниці продукту з довільної підобласті до фіксованого центру переробки задовольняють системі лінійних нерівностей.

Наукова новизна роботи:

1. Вперше для течії гідросуміші по похилому прямокутному каналу визначається початковий переріз розшарування безнапірного потоку гідросуміші, в якому потік являє собою двошарову течію, де нижній шар складається з висококонцентрованого потоку, а верхній представлений гідросумішшю з концентрацією, яка знижується. Це дозволяє визначити необхідну довжину каналу в залежності від щільності і крупності частинок, в'язкості рідини, товщини потоку і витрати гідросуміші у входному перетині.

2. Вперше критеріальні параметри потоку визначаються з урахуванням мінімуму питомої енергії та співвідношення діючих в перерізі сил, що дозволяють врахувати вплив поверхні дна каналу на гідравлічні характеристики

течії та обґрунтувати методи змінення сили тертя за рахунок введення в потік гідродинамічно активних речовин.

3. Вперше отримано залежність витрати гідросуміші з об'ємною концентрацією меншою ніж 5 % в похилому каналі прямокутного перетину від необхідної відстані транспортування. Це дозволяє врахувати вплив довжини логістичних зв'язків при узгодженні параметрів та режимів роботи гідротехнічних систем.

4. Вперше встановлено вплив масообміну на критичну глибину безнапірного потоку в прямокутному каналі, що дозволяє враховувати параметри щілин у дні каналу при визначенні гідравлічних характеристик течії та обґрунтувати інтенсивність масообміну для забезпечення необхідної витрати потоку.

5. Вперше розрахована тривалість підвищення тиску під стрічкою за рахунок просочування повітря крізь пористий шар матеріалу в залежності від його початкового значення, узагальнених коефіцієнтів фільтрації й пористості шару матеріалу та стрічки, співвідношення площі щілин та стрічки, що дозволяє визначити швидкість руху стрічки, яка забезпечить узгодженість логістичних вузлів та дотримання обмежень на параметри матеріалу, що транспортується.

Наукове значення роботи полягає в установленні для течії гідросуміші по похилому каналу прямокутного перетину залежності розташування початкового перерізу розшарування безнапірного потоку гідросуміші від кута нахилу каналу, щільності та крупності частинок, в'язкості рідини, товщини потоку, витрати гідросуміші у вхідному перетині та залежності критичної глибини безнапірного потоку в прямокутному каналі від параметрів масообміну та перфорації дна потоку.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректністю використання апробованих методів гідродинаміки гетерогенних середовищ і відомих експериментально-аналітичних залежностей при розв'язанні задач обґрунтування параметрів процесів перерозподілу матеріально-сировинних потоків в гідротехнічних системах, методів статистичної обробки даних і моделювання процесів фільтрації рідини в пористих середовищах, відповідністю розроблених моделей результатам експериментальних досліджень з відносною похибкою, яка не перевищує 15%.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична значимість результатів полягає в розробці методів і алгоритмів розрахунків параметрів технологій логістики в гідротехнічних системах з урахуванням закономірностей процесів, що відбуваються при безнапірній течії гідросуміші та фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі. На основі результатів, які отримано при виконанні дисертаційного дослідження, розроблено наступні методики та рекомендації:

- “Методика розрахунку параметрів течії пульпи в приповерхневому шарі”, яка дозволяє проводити оцінку характеристикам течії гідросуміші при її розшаруванні та подальшим поділом на потоки з різною концентрацією твердого;

- “Методика розрахунку параметрів течії пульпи в трубопроводі при раптовій зміні площі перерізу”, яка відрізняється тим що враховує умови зміни режимів течії гідросуміші;

- “Методика розрахунку параметрів і режимів течії пульпи по внутрішній поверхні конусу і циліндру”, що дозволяє отримати умови безвідривної течії та розшарування гідросуміші в задачах гравітаційного збагачення корисних копалин;
- “Рекомендації з оцінки ефективності осадження частинок мінеральної сировини при переливі в гравітаційних апаратах з урахуванням процесу розділення гідросуміші при течії в приповерхневому шарі”, використання яких дозволяє підвищити ефективність процесів переробки мінеральної сировини;
- “Рекомендації щодо оптимізації логістичних технологій на багаторівневих гірничих підприємствах”, які використовуються для обґрунтування вибору управлінських дій в задачах розподілу матеріально-сировинних потоків при функціонуванні гірничих підприємств.

Реалізація результатів роботи.

Результати дисертаційної роботи впроваджено: комплект методик та рекомендацій для розрахунку параметрів режимів течії гідросуміші у ДП «Державний науково-дослідний, проектно-конструкторський і проектний інститут вугільної промисловості» ДП Інститут «УКРНДІПРОЕКТ» (Акт впровадження від 12.09.2017 р.); науково-практичні розробки для підвищення ефективності технологій переробки корисних копалин та збереження екологічно безпечного стану ДП «ДП «Кривбаспроект» (Довідка про використання від 12.11.2020 р.); рекомендації у ТОВ «Донбасшахто-проект» (Акт впровадження від 22.05.2019 р.); практичні рекомендації у ТОВ «Южгіпроруда» для підвищення ефективності використання покладів залізної руди на гірничих підприємствах Кривбасу (Довідка про використання від 02.03.2020 р.); використання підходу, який запропоновано в дисертаційній роботі на ПРАТ «Донецьксталь» – Металургійний завод для вирішення проблем збереження навколишнього середовища і його відновлення (Акт впровадження від 20.11.2019 р.); за рахунок реалізації “Рекомендації з оцінки ефективності осадження частинок мінеральної сировини при переливі в гравітаційних апаратах з урахуванням процесу розділення гідросуміші при течії в приповерхневому шарі” і “Рекомендації щодо оптимізації логістичних технологій на багаторівневих гірничих підприємствах” у ТОВ «Шахтостроймонтаж» дозволило отримати фактичний річний економічний ефект, який складає 324 тис. 700 грн. (Акт впровадження від 25.04.2018 р.)

Особистий внесок здобувача полягає в теоретичному узагальненні і розв'язанні важливої наукової проблеми розвитку наукових основ логістики в гідротехнічних систем гірничих підприємств, у вдосконаленні методів розрахунків параметрів та режимів роботи елементів логістики в гідротехнічних системах, які з'єднуються безнапірним потоком гідросуміші, у встановленні закономірності гідродинамічних процесів при течії гідросумішей по каналах змінного перетину та масообміном, який регулюється, в обґрунтуванні методів та алгоритмів розрахунків параметрів фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі з урахуванням зовнішніх факторів, а також в розробці алгоритму рішення безперервних задач оптимального розбиття множин з додатковими зв'язками, що дозволило отримати розбиття площі родовища на зони, за якими закріплюються гірничо-збагачувальні підприємства. Автор брав безпосередню участь у постановці задач досліджень, обґрунтуванні методів, проведенні експериментальних досліджень, випробуванні й упровадженні

технічних засобів і технологій. Мету, ідею роботи та завдання дослідження, основні наукові положення, висновки та рекомендації сформульовано автором самостійно. Зміст дисертації викладено автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідалися на міжнародних науково-практичних конференціях: Третьей Промышленной Международной научно-технической конференции “Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях” (с. Славське, 12-14.02.2003 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих науковців «Актуальні проблеми фінансового менеджменту на підприємствах» (м. Донецьк, 18-19.04.2003 р.); Регіональній науковій конференції, присвяченій пам'яті професора М.М. Беляєва «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу» (м. Дніпропетровськ, 16-17.11.2006 р.); II міжнародній науковій конференції на честь 90-річчя Дніпропетровського університету та до 80-річчя зі дня народження професора М.М. Беляєва «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу» (м. Дніпропетровськ, 13-15.11.2008 р.); Десятою Юбилейной Промышленной международной научно-технической конференции “Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях” (с. Славське, 18-22.02.2010 р.); III, IV, V Міжнародній науковій конференції «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу» (м. Дніпропетровськ, 10-12.11.2010 р., 1-3.11.2012 р., 6-8.11.2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Аналіз сучасних економічних процесів та інформаційні технології» (м. Дніпропетровськ, 24-25.11.2011 р.); XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Вібрація в техніці та технологіях» (м. Дніпропетровськ, 21-25.09.2015 р.); XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки транспорту» (м. Дніпропетровськ, 21-22.04.2016 р.); XV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки транспорту» (м. Дніпропетровськ, 20-21.04.2017 р.); Symposium TP'2017, Poland, Katowice, Faculty of Transport (27.06.2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Потураївські читання» (м. Дніпро, 18-19.01.2018 р., 25.01.2019 р., 24.01.2020 р.); X Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем» (м. Харків, 22-25.04.2018 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні управлінські технології в умовах трансформації соціально-економічних відносин» (м. Івано-Франківськ, 19-20.04.2018 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Наука та освіта в контексті сучасних глобалізаційних процесів» (м. Київ, 01.06.2018 р.); XVI конференції молодих вчених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (м. Дніпро, 25.10.2018 р.); VII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Транспортний комплекс України: Умови ефективного розвитку» (м. Одеса, 2-3.05.2019 р.); International Conference Essays of Mining Science and Practice (E3S Web of Conferences), Dnipro, Ukraine, (June 25-27 2019; May 06, 2020); Matec Web Conferences 294, 04016(2019) EOT 2019, Lviv, Ukraine (September, 2019); XIX Міжнародній науково-технічній конференції АС ПГП "Промислова гідравліка та пневматика" (м. Київ, 21-23.10.2019 р.); XVII Міжнародної науково-практичної конференції "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем

(МПЗІС-2019)" (м. Дніпро, 20-22.11.2019 р.); II International Conference Essays of Mining Science and Practice (E3S Web of Conferences), Dnipro, Ukraine, (May 06, 2020).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 60 наукових робіт, у тому числі 8 публікацій у закордонних періодичних виданнях та у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз, 24 наукових статей у фахових виданнях України, 28 матеріалів конференцій і тез доповідей.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 247 найменувань, містить 406 сторінок машинописного тексту (основна частина на 307 сторінках), в тому числі 70 рисунків, 7 таблиці, 23 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі приведено аналіз структур технологічних потоків, вузлів логістики в гідротехнічних системах гірничих підприємств, основною метою яких є раціональне природокористування. При розгляді специфіки функціонування основних вузлів логістики в гідротехнічних системах, базуючись на результатах досліджень фахівців Інституту геотехнічної механіки ім М.С. Полякова НАН України виділено фактори, які впливають на їх номінальний режим роботи, ефективність та експлуатаційну надійність. Для розробки методів розрахунків параметрів елементів логістичних систем в гідротехнічних системах з урахуванням суттєвих факторів проаналізовані результати досліджень інститутів в галузі гідромеханіки та гірничої механіки: Інститут гідромеханіки НАН України, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України, Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України та інших.

Узагальнення моделей процесів в технологіях розробки родовищ корисних копалин, а також умов сталого розвитку гірничих технологій з урахуванням задач перерозподілу матеріально-сировинних потоків дозволило їх класифікувати за основними видами технологій логістики враховуючи структури технологічних потоків (рис. 1–3). На рис. 3 представлена структура технологічних потоків третього типу, характерною відмінністю якої від інших є наявність процесів згущення гідросумішей перед відведенням до ставків накопичувачів, що дозволяє повертати зворотну воду до технологій транспортування з використанням управління процесами перерозподілу потоків.

Модернізація гірничого виробництва, в тому числі логістичних технологій, можлива тільки з урахуванням соціально-економічних ефектів і у своїй основі містить інноваційну компоненту. Проведений аналіз загальних показників, що характеризують інноваційну діяльність в Україні, дозволив визначити сучасні тенденції щодо зростання кількості інноваційних підприємств і обсягів витрат на інноваційну діяльність. На сьогоднішній день сформовані стандарти і організаційно-економічні механізми проектного та програмно-цільового підходу до вирішення завдань розвитку промислового і гірничо-металургійного комплексу за рахунок впровадження інноваційних рішень, реконструкції та технічного переозброєння існуючих підприємств, які потребують подальшого вдосконалення.



Рисунок 1 – Структура технологічних потоків для вузлів логістики першого типу



Рисунок 2 – Структура технологічних потоків для вузлів логістики другого типу

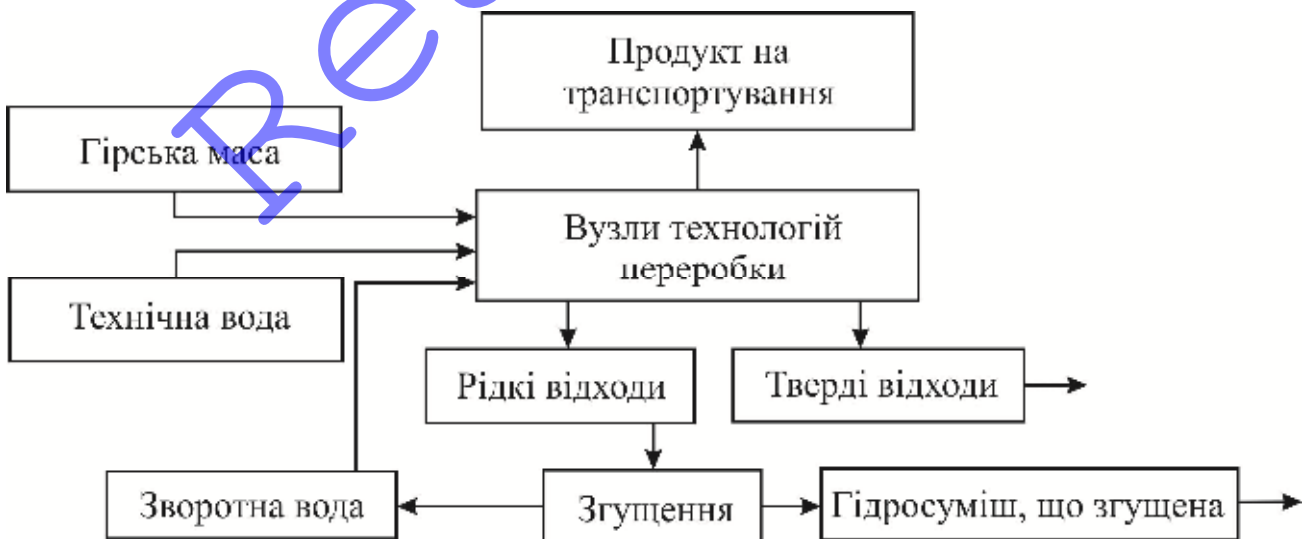


Рисунок 3 – Структура технологічних потоків для вузлів логістики третього типу

Сталий розвиток основних елементів інфраструктури гео- та гідротехнічних систем стимулює інтерес і інвестиційну привабливість для бізнесу в масштабних проектах. Розробляти і доводити ці проекти для промислових регіонів необхідно з урахуванням раціонального використання підземного простору, геомеханічних і гідрологічних властивостей масиву гірських порід. Дослідження сучасного стану інноваційної системи дозволили визначити, що алгоритми поетапного формування з метою створення стійкого проектування промислових регіонів шляхом реалізації схем змішаного використання з високою щільністю дозволить їх подальше впровадження та забезпечення стійкого функціонування.

Узагальнення аналізу технологічних процесів та сталого інноваційного розвитку гірничих технологій з урахуванням задач управління логістичними технологіями в гідротехнічних системах гірничих підприємств дозволило сформулювати мету та задачі досліджень.

В другому розділі розроблено методи розрахунків параметрів та режимів течії безнапірних потоків гідросуміші в каналах незмінного перерізу, як з'єднувальних елементів технологій логістики, а також досліджено особливості керування логістичними ланками такого типу. Досліджено методи управління гідравлічними процесами при течії уздовж похилої поверхні при відсутності та наявності масообміну (рис. 4). Отримані співвідношення враховують вплив на параметри і режими течії процесів на границі між потоком і твердою неперфорованою поверхнею, шляхом введення розчинів гідродинамічно активних речовин.

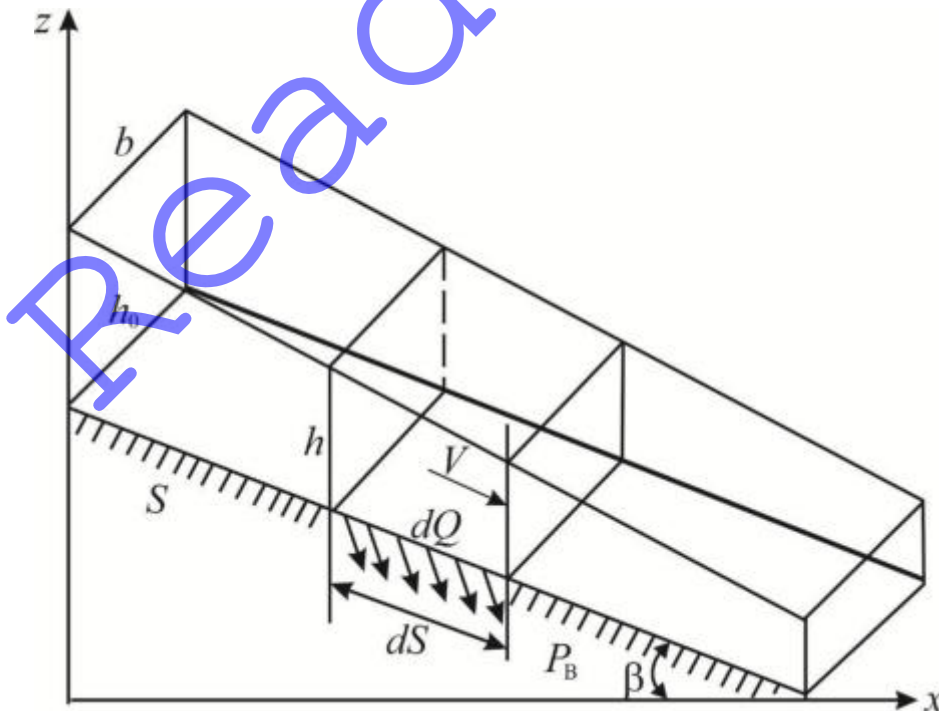


Рисунок 4 – Течія гідросуміші в прямокутному каналі з примусовим масообміном на його дні

Отримана залежність для розрахунку витрати гідросуміші з об'ємною концентрацією меншою ніж 5 % між логістичними вузлами, що знаходяться на певній відстані та з'єднанні між собою прямокутним каналом без примусового масообміну на його дні:

$$\frac{Q}{b} = \sqrt{\frac{2k_L g}{\alpha_k \Lambda}} (L \sin \beta)^{1,5}, \quad \Lambda(\phi, \bar{\beta}, y_0, y_L) = BF - A \ln|Y_1|, \quad (1)$$

$$k_L = 1 + \frac{y_L - y_0}{L \sin \beta} h_k, \quad y_0 = \frac{h_0}{h_{kp}}, \quad y_L = \frac{h_L}{h_{kp}}, \quad \bar{\beta} = \frac{b}{h_{kp}}, \quad \phi = \frac{C_f}{\alpha_k \sin \beta}, \quad h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha_k Q_0^2}{gb^2}},$$

де Q – об'ємна витрата гідросуміші, м³/с; b – ширина каналу, м; α_k – коефіцієнт Коріолісу; g – прискорення вільного падіння, м²/с; L – довжина каналу, м; β – кут нахилу дна каналу до горизонту; Λ – коефіцієнт, що враховує режим течії (табл. 1); h_0 – глибина потоку в початковому перетині каналу, м; h_L – глибина потоку в кінцевому перетині каналу, м; h_{kp} – критична глибина потоку, м; C_f – коефіцієнт сили гідравлічного тертя на дні каналу; k_L – коефіцієнт, що враховує відхилення вільної поверхні потоку від його площі.

Дослідження можливих режимів течії гідросуміші по прямокутному каналу показали, що характер течії визначається співвідношенням

$$\frac{h_{kp}}{b} < 1,2 \sqrt[3]{\frac{\sin \beta}{C_f}} \quad (2)$$

Для течій по перфорованим поверхням в даній роботі обґрунтовані методи управління параметрами і режимами течії шляхом зміни: витрати рідини, що додається або відбирається; перепаду тиску на щілинах в дні; ступеня перфорування дна; коефіцієнту витрати через щілини. Встановлено вплив цих факторів на величину критичної глибини потоку, що дозволило визначити обмеження на величини параметрів потоку і твердої поверхні, які запобігають виникненню бурхливого режиму течії:

$$\frac{\bar{h}_k}{\bar{h}_k^0} = \left[1 - \frac{s}{s_{kp}} \right]^{\frac{2}{3}}, \quad (3)$$

$$\bar{h}_k^0 = \sqrt[3]{\frac{\alpha_k Q_0^2}{gb^2 h_0^3}}, \quad s_{kp} = \frac{Q_0}{\mu \bar{s} b} \sqrt{\frac{0,5\rho}{p_B - p_A}}, \quad \bar{h}_k = \frac{h_k}{h_0},$$

де \bar{h}_k^0 – відносна критична глибина потоку в каналі із суцільним дном, м; s – поточна довжина каналу, м; \bar{s} – відносна площа щілин в днищі каналу, м²; μ – коефіцієнт витрат через щілини в дні; p_B – тиск над вільною поверхнею потоку, Па; p_A – тиск під дном каналу, Па; ρ – густина рідини, м³/кг; h_0 – глибина потоку в початковому перерізі каналу, м; Q_0 – об'ємна витрата рідини, яка надходить до каналу, м³/с.

Таблиця 1 – Формули для розрахунку коефіцієнту Λ , що враховує режим течії

| Параметр | Умови безнапірної течії | |
|----------|---|---|
| | $\frac{h_{kp}}{b} \leq 1,2 \sqrt[3]{\frac{\sin \beta}{C_f}}$ | $\frac{h_{kp}}{b} > 1,2 \sqrt[3]{\frac{\sin \beta}{C_f}}$ |
| B | $\frac{3 \frac{\phi}{\beta} e^2 + \left(2 \frac{\phi}{\beta} - \frac{\phi}{2} + 1\right) e - 2 \left(\frac{\phi}{\beta}\right)^2}{\left(2e^2 + e - \frac{\phi}{\beta}\right) \sqrt{3e^2 - 4 \frac{\phi}{\beta}}}$ | $\frac{1 - \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{\beta} \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right)\right) \phi}{\frac{\phi}{\beta} [1 + \cos(2\alpha) - \sqrt{3} \sin(2\alpha)]}$ |
| A | $\frac{1 - \frac{\phi}{\beta} e - \frac{\phi}{2}}{2e^2 + e - \frac{\phi}{\beta}}$ | $\frac{8\beta^2 - \left(1 + \sqrt{\frac{16\phi}{3\beta^3}} \cos \alpha\right) \phi}{\phi (1 + 2 \cos 2\alpha)}$ |
| Y_1 | $\frac{(y_L - e) \left(y_0^2 + e y_0 + e^2 - \frac{\phi}{\beta}\right)}{(y_0 - e) \left(y_L^2 + e y_L + e^2 - \frac{\phi}{\beta}\right)}$ | $\frac{\left(\frac{y_L}{2} - \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos \alpha\right) \left(\frac{y_0}{2} + \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{3}\right)\right)}{\left(\frac{y_0}{2} - \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos \alpha\right) \left(\frac{y_L}{2} + \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{3}\right)\right)}$ |
| Y_2 | $\frac{2(y_L - y_0) \sqrt{3e^2 - 4 \frac{\phi}{\beta}}}{\left(3e^2 - 4 \frac{\phi}{\beta}\right)^2 + (2y_L + e)(2y_0 + e)}$ | $\frac{\left(\frac{y_L}{2} + \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right)\right) \left(\frac{y_0}{2} + \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{3}\right)\right)}{\left(\frac{y_0}{2} + \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right)\right) \left(\frac{y_L}{2} + \sqrt{\frac{\phi}{3\beta}} \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{3}\right)\right)}$ |
| F | $\arctg(Y_2)$ | $\ln Y_2 $ |

Параметри e та α , що наведені в табл.1, визначаються по наступним залежностям

$$e = \sqrt[3]{\frac{\phi}{4} \left(\sqrt[3]{1 + \sqrt{1 - \frac{16\phi}{27\beta^3}}} + \sqrt[3]{1 - \sqrt{1 - \frac{16\phi}{27\beta^3}}} \right)}, \quad \alpha = \frac{1}{3} \arccos\left(\frac{3}{4} \sqrt{\frac{3\beta^3}{\phi}}\right).$$

Дослідження безнапірного потоку гідросуміші по внутрішній поверхні циліндру (рис. 5) дозволили встановити залежність критичної глибини течії від кута закрутки (рис. 6) та визначити особливості керування його параметрами:

$$\frac{d\eta}{dx} = \text{ctg}^2 \varphi_S \frac{\eta(2-\eta) W_h}{2(1-\eta) W}, \quad \frac{1}{V_z} \frac{dV_z}{dx} = -\text{ctg}^2 \varphi_S \frac{W_V}{W}, \quad \frac{d\varphi_S}{dx} = \frac{(2-\eta) \cos^2 \varphi_S W_\varphi}{2(1-\eta) \text{tg} \varphi_S W}, \quad (4)$$

$$\eta(0) = \eta_0, \quad \varphi_S(0) = \varphi_S^0, \quad (5)$$

$$W_h = Fr + \frac{C_f(1-\bar{S})}{\eta(2-\eta)\cos^2\varphi_S} b_h + \wp \mu \bar{s} \frac{\sqrt{1+2\eta}}{\eta(2-\eta)} \operatorname{tg}^3\varphi_S a_h, \quad b_h = \frac{1}{\cos\varphi_S} \frac{(2-\eta)}{(1-\eta)^3} - 1,$$

$$W_V = Fr + \frac{C_f(1-\bar{S})}{\cos^2\varphi_S \eta(2-\eta)} b_h + \wp \mu \bar{s} \frac{\sqrt{1+2\eta}}{\eta(2-\eta)} \operatorname{tg}^3\varphi_S a_V, \quad a_V \approx \frac{Eu+1}{\operatorname{tg}^2\varphi_S} - \frac{3-\eta}{(1-\eta)^4},$$

$$W_\varphi = Fr - \frac{C_f(1-\bar{S})}{\eta(2-\eta)\cos^2\varphi_S} b_\varphi + \wp \mu \bar{s} \frac{\sqrt{1+2\eta}}{\eta(2-\eta)} \operatorname{tg}^3\varphi_S a_\varphi, \quad a_\varphi \approx \frac{Eu-1}{\operatorname{tg}^2\varphi_S} - \frac{1}{(1-\eta)^4},$$

$$W = \frac{1-3\eta+\eta^2}{(1-\eta)^4} - \frac{1}{\operatorname{tg}^2\varphi_S}, \quad a_h \approx \frac{Eu+3}{\operatorname{tg}^2\varphi_S} - \frac{5-12\eta+4\eta^2}{(1-\eta)^4}, \quad Fr = \frac{2gR}{\pi V_z^2},$$

$$b_\varphi = \left[1 - (1-Eu)2\cos\varphi_S - \frac{2\operatorname{tg}\varphi_S \sin\varphi_S}{(1-\eta)^4} \right] \frac{1}{4}, \quad Eu = \frac{2P_A}{\rho V_z^2}, \quad \eta = \frac{h}{R}, \quad x = \frac{z}{R},$$

де η – відносна товщини потоку; φ_S – поточне значення кута закручування потоку; V_z – швидкість потоку в напрямку осі циліндру, м/с; R – внутрішній радіус циліндру, м; P_A – атмосферний тиск, Па; ρ – щільність потоку, кг/м³; h – глибина потоку, м; z – поточна координата потоку вздовж вертикальної осі, м; Fr – число Фруда; Eu – число Ейлера; φ_S^0 – початкове значення кута закручування потоку; \wp – коефіцієнт, який враховує напрямок масообміну на дні каналу, при надходженні рідини в потік $\wp = -1$, а при витіканні її назовні – $\wp = 1$.

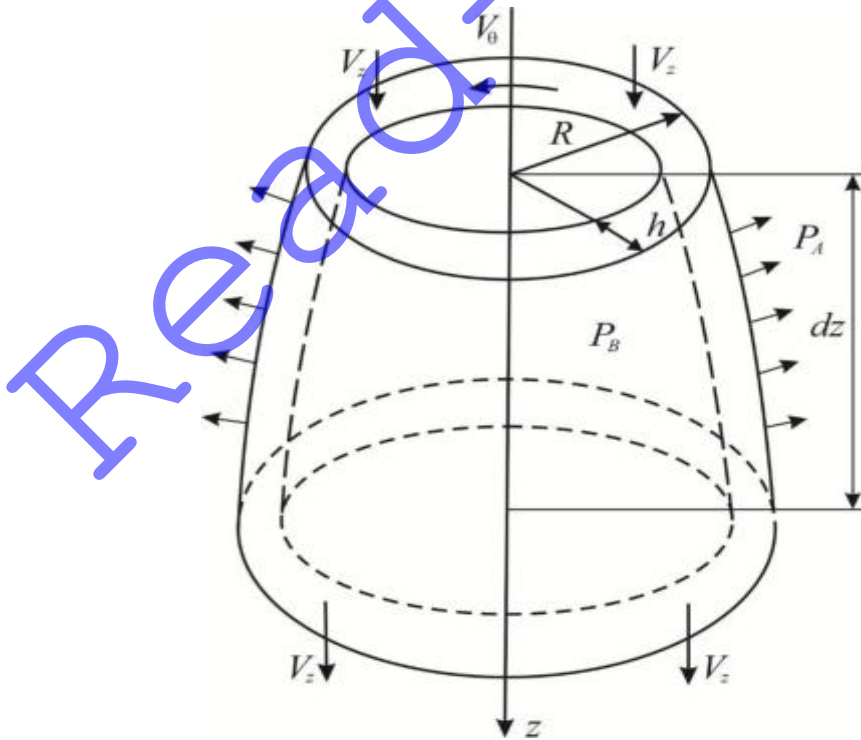


Рисунок 5 – Схема безнапірного потоку гідросуміші по внутрішній поверхні циліндру з примусовим масообміном

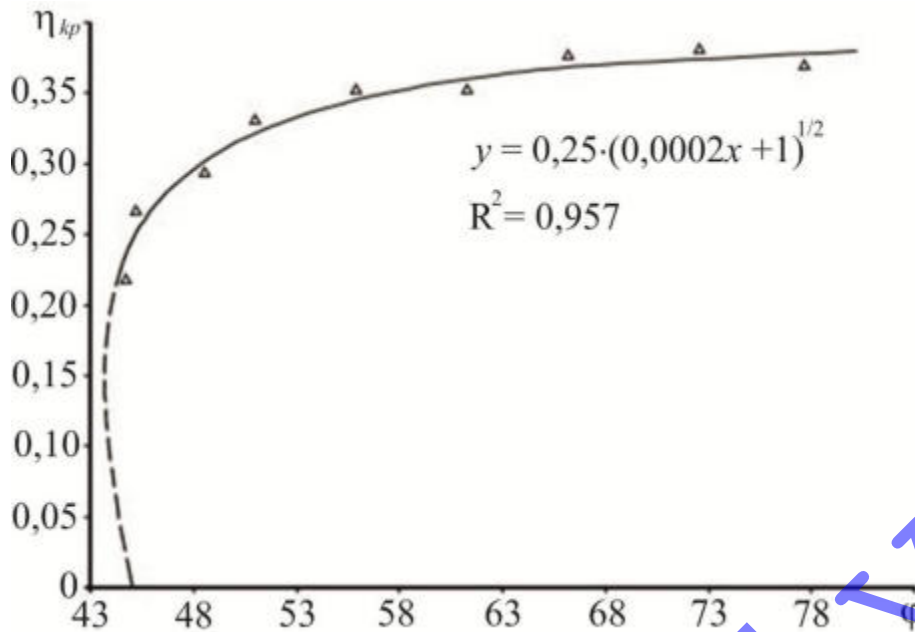


Рисунок 6 – Залежність відносної критичної глибини потоку $\eta_{кр}$ від кута закрутки потоку ϕ_s при течії гідросуміші по внутрішній поверхні циліндру

Встановлено, що при керуванні безнапірним потоком рідини по внутрішній поверхні циліндра за рахунок масообміну через тверду поверхню, існують такі співвідношення гідравлічних параметрів потоку та інтенсивності масообміну, при яких має місце зміна режимів течії, тобто для товщини потоку та його швидкості в області можливих значень параметрів, існує певна межа на якій наявність масообміну через тверду поверхню не змінює рівняння для розрахунку цих параметрів уздовж течії (рис. 7 – 9)

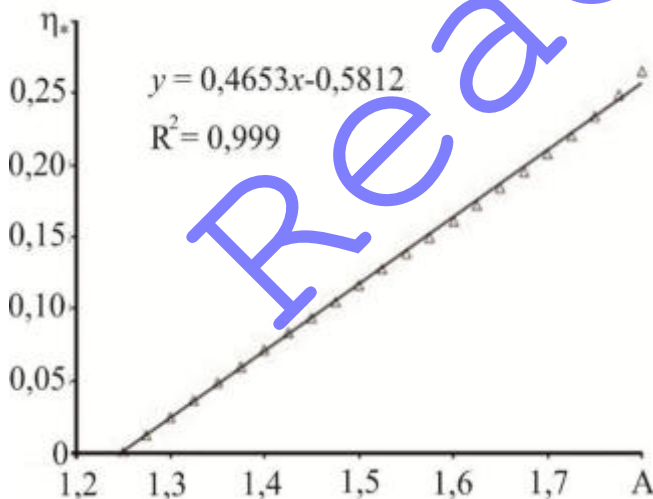


Рисунок 7 – Залежність границі зміни знаку для товщини потоку від параметру Ейлера

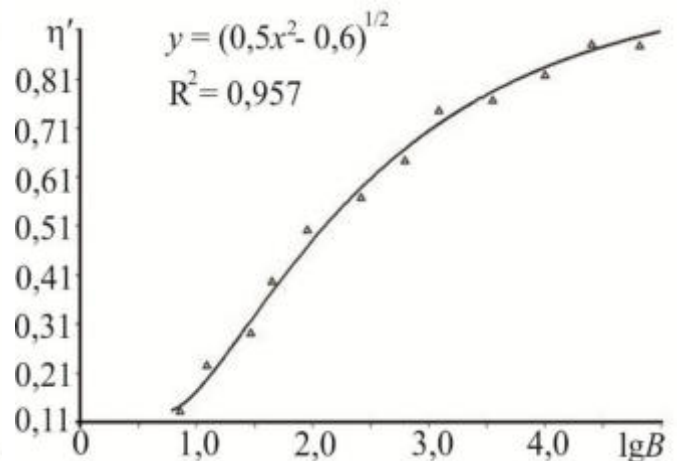


Рисунок 8 – Залежність границі зміни знаку для швидкості потоку від модернізованого параметру Ейлера

$$\eta_* = 0,4653A - 0,5812, \quad \eta' = 1 + \frac{1}{B} - \frac{\sqrt{2}}{B} \sqrt{\sqrt{1 + 2B^3} - \frac{3}{2}}, \quad \eta'' = 1 - 4\sqrt{\frac{\text{tg}^2 \varphi_s}{Eu - 1}}, \quad (6)$$

$$B = \frac{Eu + 1}{0,25 \text{tg}^2 \varphi_s}, \quad Eu = \frac{2P_A}{\rho V_z^2}, \quad A = \frac{3 + Eu}{4 \text{tg}^2 \varphi_s}, \quad (7)$$

де η_* – границя зміни знаку для товщини потоку; η' – границя зміни знаку для швидкості потоку; η'' – границя зміни знаку для кута закручування потоку.

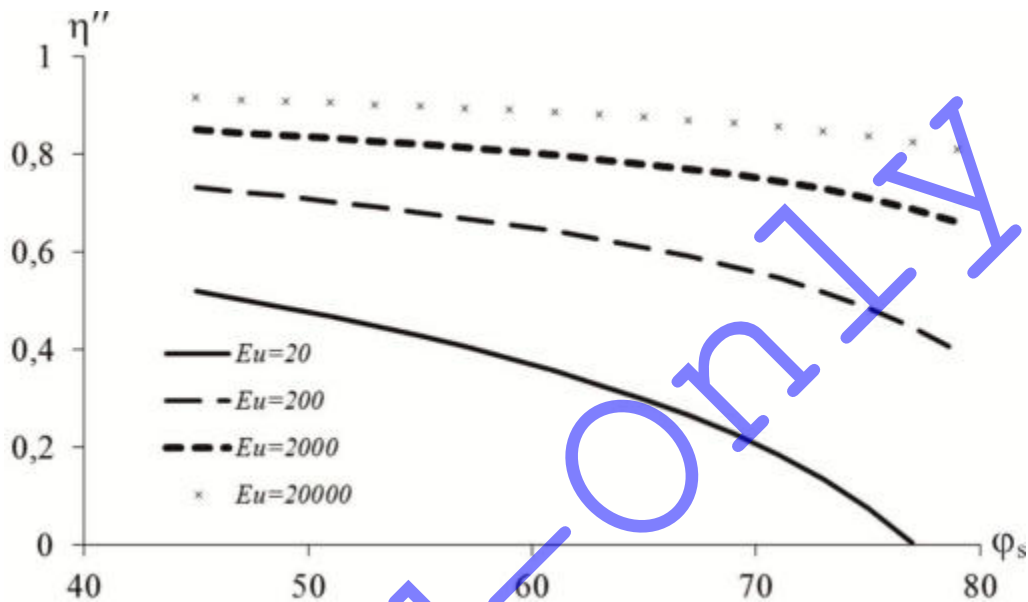


Рисунок 9 – Залежність границі зміни знаку для кута закрутки потоку для різних значень параметру Ейлера

Встановлення залежностей (1) – (7) дозволило вдосконалити розрахунки параметрів процесів технологій логістики гідротехнічних систем з урахуванням закономірностей процесів, що відбуваються при безнапірній течії рідини та розробити рекомендації по обґрунтуванню методів керування їх режимами.

Третій розділ роботи присвячено вдосконаленню методів розрахунків параметрів та режимів течії безнапірних потоків рідини по каналах зі змінною площею поперечного перерізу, як з'єднувальних елементів технологій логістики, а також досліджено особливості керування логістичними ланками такого типу. Розроблено моделі безнапірних потоків гідросуміші по каналу зі змінною площею поперечного перерізу при наявності або відсутності масообміну на дні каналу, на основі яких досліджено здатність безнапірного потоку зважувати тверді частинки. Встановлено залежність відстані початкового перерізу розшарування безнапірного потоку гідросуміші від параметрів течії, крупності та густини частинок твердої фази. Отримано рівняння для розрахунку параметрів процесу масообміну, що забезпечують керування елементами технологій логістики при використанні безнапірних потоків гідросуміші.

Дослідження параметрів шару рідини при безнапірній течії по каналах та

трубопроводам експериментально вивчалися на лабораторному стенді (рис. 10), конструкція якого дозволяє змінювати кут нахилу каналу до горизонту від 0 до 90°, а вузол змішування забезпечує змінення об'ємної концентрації гідросуміші від 0 до 10%. Ці дослідження дозволили встановити залежності змінення відносної товщини шару гідросуміші вздовж каналу зі змінною площею поперечного перерізу.



Рисунок 10 – Стенд для досліджень безнапірних течій гідросуміші

Використовуючи результати експериментальних досліджень, фундаментальні закони збереження та степеневий закон змінення швидкості по висоті потоку, емпіричні рекомендації М.М. Павловського, Р. Маннінга, та Ф. Форхгеймера, для розрахунку параметрів безнапірних потоків гідросуміші по каналу зі змінною площею поперечного перерізу при наявності масообміну на дні каналу отримано наступні залежності (рис. 11, 12):

$$q = \frac{q_0}{1-l}, \quad h = \frac{h_0}{(1-l)^{\frac{2}{3+2m}}}, \quad V_x = \frac{V_x^0}{(1-l)^{\frac{1+2m}{3+2m}}}, \quad (8)$$

$$h_0 = \left(\frac{n'q_0}{\sqrt{\cos \beta L}} \right)^{\frac{2}{3+2m}}, \quad V_x^0 = \left(\frac{\sqrt{\cos \beta}}{n'} \right)^{\frac{2}{3+2m}} \left(\frac{q_0}{L} \right)^{\frac{1+2m}{3+2m}}, \quad l = 1 - \frac{x}{L}, \quad (9)$$

$$u_f = \frac{q}{h_0} \bar{u}_f, \quad \bar{u}_f = \frac{1+n}{n} \frac{\bar{y}^{\frac{1}{n}}}{\bar{y}_0^n}, \quad \bar{y} = \frac{y}{h_0}, \quad \bar{y}_0 = \frac{h}{h_0}, \quad (10)$$

де q , q_0 – відповідно витрата гідросуміші в довільному та початковому перерізі потоку $\text{м}^2/\text{с}$; h_0 – товщина потоку в початковому перерізі, м; V_x^0 – швидкість потоку в початковому перерізі, м/с; l – відносна координата в довільному перерізі; x – координата в довільному перерізі; n' – коефіцієнт поверхні в формулі М.М. Павловського; m – показник степені в формулі М.М. Павловського; u_f – місцева швидкість рідини в довільному перерізі, м/с; n – показник степені в законі розподілення швидкості по висоті перерізу потоку.

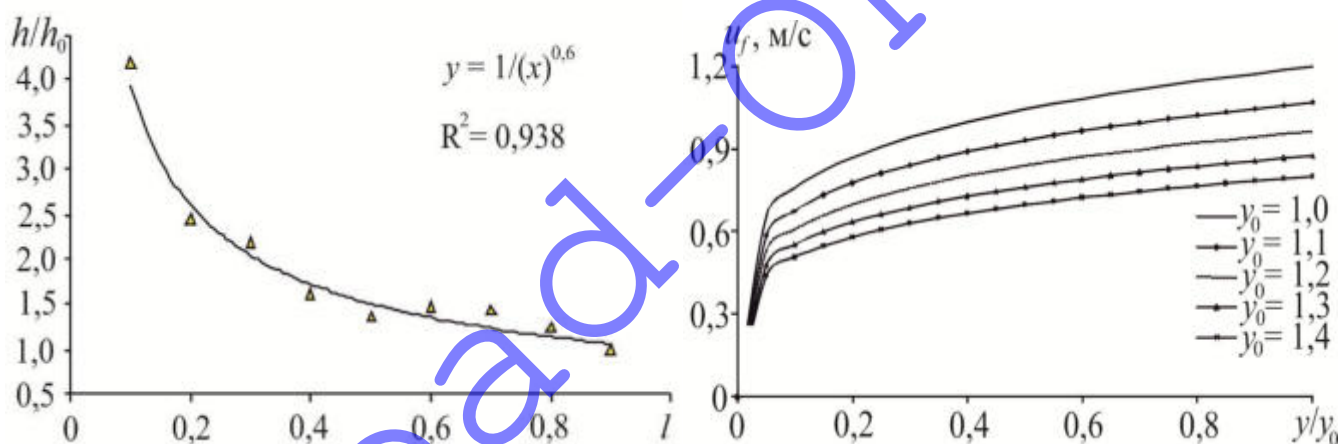


Рисунок 11 – Розподіл відносної глибини потоку по довжині каналу змінного перетину без відбору маси ($m = 0,182$)

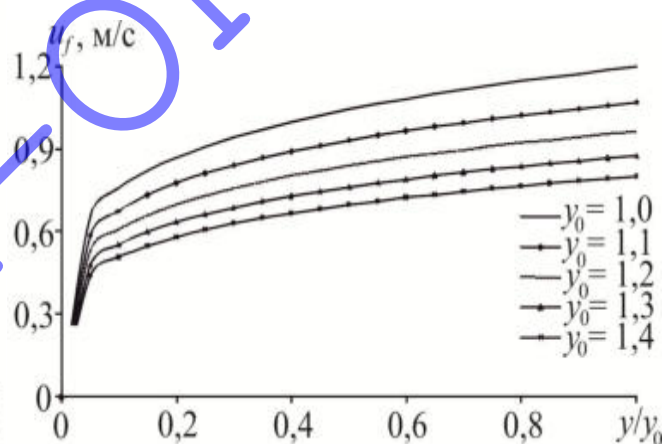


Рисунок 12 – Залежність швидкості гідросуміші в довільному перерізі по глибині при різних значеннях відносної товщі течії ($n = 5$)

Керування логістичними процесами, що використовують безнапірний потік гідросуміші, визначається режимом течії по каналу, який може бути надкритичним або двошаровим. В надкритичному режимі частинки твердої фази перемішуються пульсаціями рідини та рівномірно розподіляються по площі поперечного перерізу течії. При двошаровому режимі течії пульсації рідини не зважають частинки твердої фази й вони концентруються в нижній частині потоку. Верхня частина потоку – гідросуміш низької концентрації. Утворення двох шарів в безнапірному потоці визначається впливом декількох факторів: змінністю площі поперечного перетину каналу, наявністю масообміну на твердих границях потоку та гідродинамічно активних речовин.

Для визначення умов розшарування безнапірного потоку гідросуміші розглянуто здатність течії зважувати частинки твердої фази:

$$\Phi = \left(\frac{M \sqrt[3]{Bl^4}}{\bar{y}^{3n}} + \frac{NBl}{\bar{y}^{2n}} \right) \left(\frac{\frac{\rho_p}{\rho_f} - 1}{\frac{\rho_p}{\rho_f} \sin \beta - 1} \right) - 1, \quad (11)$$

$$M = 0,498 \frac{(1+n)^{\frac{2}{3}}}{\sqrt[3]{n} \bar{y}_0^{3n}}, \quad N = 0,171 \frac{\sqrt{1+n}}{\bar{y}_0^{2n}}, \quad Bl = \frac{d}{h_0} \sqrt{\frac{q_0}{\nu}},$$

де Φ – фактор зависання частинок твердої фази у безнапірному потоці гідросуміші; n – показник степені в законі розподілення швидкості по перетину потоку; d – діаметр частинки, м; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини, м²/с; ρ_p, ρ_f – густина твердих частинок та рідини, відповідно, м³/кг.

Величина фактору зависання менше нуля в області течії, де існує розшарування потоку (рис. 13). Даний підхід заснований на визначенні межі зважування частинок, тобто відстані від дна потоку, вище якої частки даної густини і крупності не зважуються течією. Розшарування потоку з частинками відповідного класу починається в перетині потоку, в якому межа зважування цих частинок, стане меншою ніж висота шару їх щільної упаковки. Цей переріз початку розшарування безнапірного потоку гідросуміші поділяє течію гідросуміші на дві частини. Вище цього перерізу течія гідросуміші розглядається як однорідна рідина з підвищеною густиною. Нижче – потік гідросуміші є двошаровим. Нижній шар складається з висококонцентрованого потоку, а верхній представлений гідросумішшю з концентрацією, яка знижується. В рамках такого підходу отримано наступні залежності для розрахунку відстані перерізу початку розшарування безнапірного потоку гідросуміші

$$l_* = 1 - (an^2 + bn + c) A^{\frac{nK}{n-1}}, \quad (12)$$

$$K = \begin{cases} \frac{0,694}{m^{0,194}}, & \sigma = 0, \\ \frac{0,910}{5E + q_x - 0,5}, & \sigma \neq 0, \end{cases} \quad A = \left(\frac{\frac{\rho_p}{\rho_f} \sin \beta - 1}{\frac{\rho_p}{\rho_f} - 1} \right)^2 \frac{\nu}{q_0 h_0} \left(\frac{h_0}{d} \right)^4, \quad q_x = \frac{\varphi' \sqrt{2gh_0} \sigma L^2}{q_0 \sin \beta}, \quad (13)$$

де l_* – відносна координата перерізу початку розшарування безнапірного потоку гідросуміші; E – показник степені в залежності від поточної товщини потоку для перфорованого дна; σ – відношення площі отворів до загальної площі поверхні каналу; m – емпіричний коефіцієнт у формулі М.М. Павловського; L – повна довжина каналу, м; φ' – коефіцієнт швидкості при витіканні через перфороване дно; a, b, c – коефіцієнти апроксимації, які наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Коефіцієнти апроксимації в рівнянні (12)

| Коефіцієнт | $\sigma = 0$ | $\sigma \neq 0$ |
|------------|--------------|-----------------|
| a | -0,0149 | -0,00003 |
| b | 2,452 | 0,00090 |
| c | -0,8021 | -0,00030 |

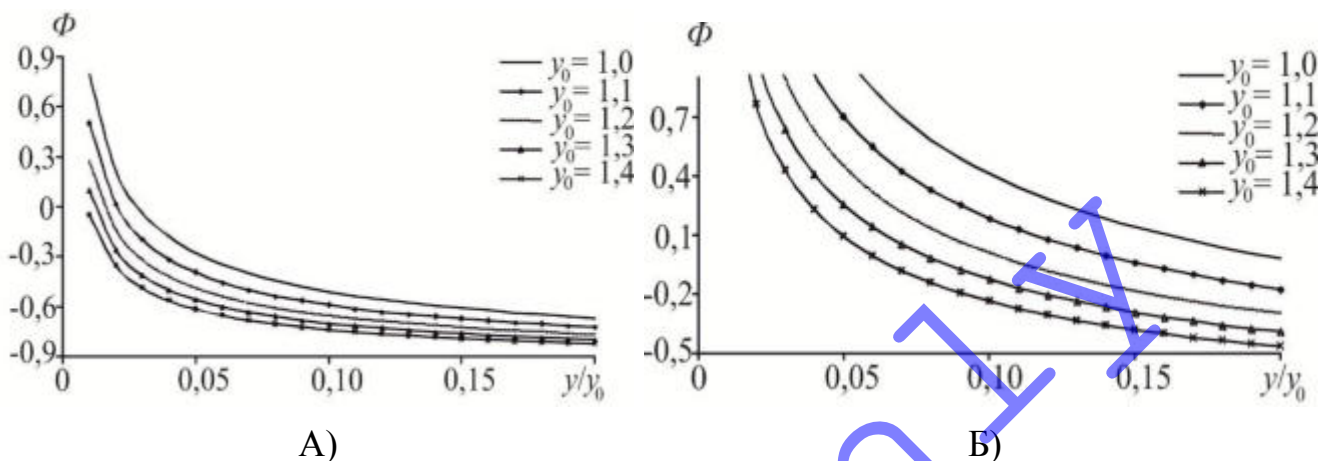
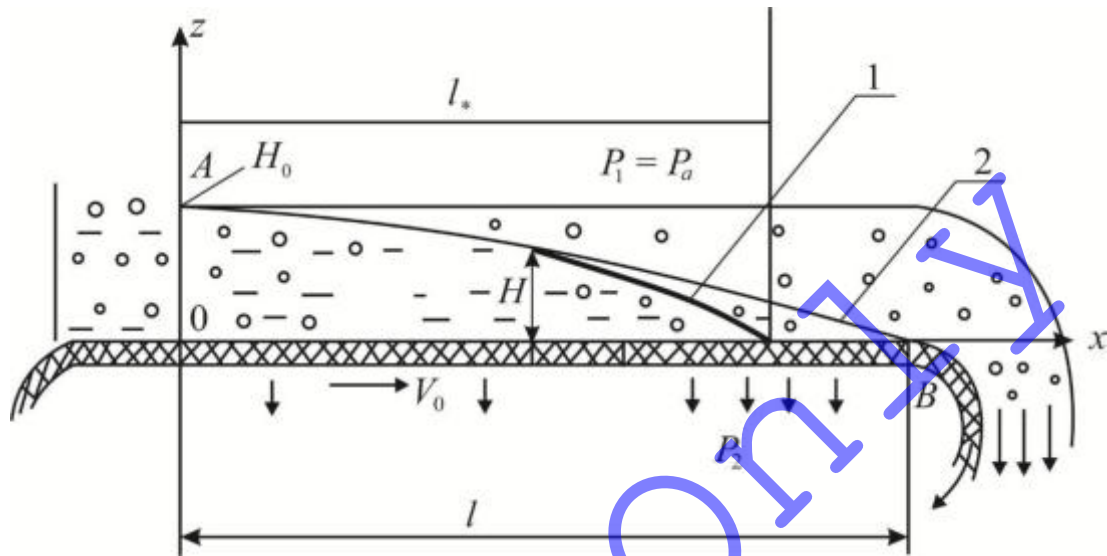


Рисунок 13 – Залежність величини фактору зависання частинок твердої фази у безнапірному потоці гідросуміші від величини y при різних значеннях відносної товщини шару гідросуміші y_0 при: h_0 – от 6 до 18 мм, V_x^0 – от 0,5 до 1,5 м/с, $\rho_p = 2620$ кг/м³, $d = 0,15$ мм; А) $Bl = 0,2$, $n = 7$; Б) $Bl = 0,5$, $n = 5$

Четвертий розділ присвячено розробці моделей вузлів техногенного впливу, які формують основний напрямок матеріальних потоків в логістиці гідротехнічних систем, на основі яких обґрунтовуються методи та алгоритми розрахунків параметрів фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі під впливом зовнішніх факторів, що характеризують процеси перерозподілу матеріальних потоків, показників та режимів роботи елементів технологій логістики геотехнічних систем, які з'єднанні за допомогою конвеєрного транспорту. Досліджено динаміку зміни тиску повітря під перфорованою стрічкою, по якій транспортується сипкий матеріал, при просочуванні повітря крізь шар матеріалу і стрічки та отримано рівняння для розрахунку параметрів процесу фільтрації (рис. 14).

Результати досліджень особливостей логістики гідротехнічних систем дозволяють визначити, що деякі з вузлів виконують провідну та системоутворюючу функцію. Навколо вузлів формується система матеріальних потоків, а інші логістичні та виробничі підсистеми відіграють додаткову функцію та забезпечують безперебійність їх роботи. Вузли виникають разом з гірничим підприємством, розвиваються разом з ним, але після закриття підприємства залишаються та потребують подальшого обслуговування, так як є техногенним навантаженням на природне середовище. Таким чином, вони є вузлами техногенного впливу. Прикладами таких вузлів є місця накопичення шахтних вод,

відвалів кар'єрів, складування відходів переробки мінеральної сировини, водосховища зворотної рідини. Вузли техногенного впливу створюють напрямки матеріальних потоків завдяки послідовним зв'язкам між собою. За кількістю вузлів техногенного впливу напрямки можуть утворюватися з двох чи з трьох вузлів. Перший випадок характерний для гірничих виробництв, що розробляють родовища підземним способом, а другий – при відкритій розробці корисних копалин.



1 – фактична лінія депресії; 2 – розрахункова лінія депресії

Рисунок 14 – Схема розрахунку області просочування повітря через шар пористого сипкого матеріалу під стрічку

У випадку, коли відбувається з'єднання двох вузлів техногенного впливу, їх параметри визначаються наступними інтегральними рівняннями:

$$\int_0^{H_w} F_w(z) dz = A_w \int_0^T Q_w(t) dt + A_0 \int_0^T Q_0^W(t) dt - A_T \int_0^T Q_T(t) dt, \quad (14)$$

$$\int_0^{H_s} F_s(z) dz = \frac{1-\alpha^T}{m} \int_0^T Q_T(t) dt, \quad (15)$$

$$A_T = \frac{1-m}{m} \left(1 - \alpha \frac{1 - (1 + A_\sigma \varphi)m}{1-m} \right), \quad A_w = A_\sigma (1+b)(1+w), \quad w = \frac{Q_0}{Q_w},$$

$$A_0 = \begin{cases} 0, & \text{зворотне водопостачання не існує} \\ 1, & \text{зворотне водопостачання існує} \end{cases},$$

$$A_\sigma = \begin{cases} 1, & \text{згущення гідросуміші не існує} \\ \frac{\sigma}{1 - (1+b)(1-\sigma)}, & \text{згущення гідросуміші існує} \end{cases},$$

де Q_T – обсяг постачання первинної мінеральної сировини; Q_W – обсяг рідини, що надходить разом з первинною мінеральною сировиною; α – об'ємна доля корисного компоненту, що вилучається з первинної мінеральної сировини; Q_0^W – обсяг зворотного водопостачання; φ – вологість корисного компоненту після вилучення з первинної мінеральної сировини; b – коефіцієнт, що враховує обсяг рідини з інших джерел, які не належать до джерел первинної мінеральної сировини або вузлу накопичення рідини ($b < 1$); σ – ступінь згущення гідросуміші до її відправки у вузол накопичення; Q_0 – обсяг рідини, що постачається для вилучення корисного компоненту з вузла накопичення рідини; m – пористість техногенних покладів у вузлі їх накопичення; H_S – висота поточного рівня наповненості вузла накопичення техногенних покладів, границя між твердою та рідкою фазами; $F_S(z)$ – функція, яка відображає залежність поточної площі перетину вузла накопичення техногенних покладів, що зайнята твердою фазою, від висоти дзеркала рідини; H_W – поточна висота дзеркала рідини у вузлі накопичення техногенних покладів; $F_W(z)$ – функція, яка відображає залежність поточної площі перетину вузла накопичення техногенних покладів, що зайнята рідкою фазою, від висоти дзеркала рідини; z – відстань від дна вузла накопичення техногенних покладів; T – поточний період експлуатації; t – час.

Якщо відбувається з'єднання трьох вузлів техногенного впливу, то до системи рівнянь (14) і (15) додається ще одне, яке описує стан водосховища:

$$\int_0^{H_W} F_W(z) dz = \left(A_W - \frac{A}{1+q_Z} A_T \right) \int_0^T Q_W(t) dt + A_0 \int_0^T Q_0^W(t) dt, \quad (16)$$

$$\int_0^{H_S} F_S(z) dz = \frac{1-\alpha}{m} \frac{A}{1+q_Z} \int_0^T Q_W(t) dt, \quad (17)$$

$$\int_0^{H_V} F_V(z) dz = V_0 + A_D \int_0^T Q_D(t) dt - \int_0^T Q_W(t) dt, \quad (18)$$

$$A_D = \begin{cases} 1, & \text{грунтові води використовують} \\ 0, & \text{грунтові води не використовують} \end{cases}$$

де q_z – параметр пульпоутворення; A – питома витрата рідини при розробці первинних покладів; H_V – поточна висота дзеркала рідини у вузлі накопичення рідини; $F_V(z)$ – функція, яка відображає залежність поточної площі перетину вузла накопичення рідини, що зайнята рідкою фазою, від висоти дзеркала рідини; V_0 – початковий обсяг рідини у вузлі накопичення рідини; Q_D – об'ємна витрата ґрунтових вод, яка відводиться до вузла накопичення рідини.

Враховуючи невелику відстань між вузлами техногенного впливу, що створена магістральними напрямками логістичної системи, одним із способів реалізації матеріальних потоків є конвеєрний стрічковий транспорт. За допомогою такого виду транспорту переміщують сипкі матеріали різної

вологості, в деяких випадках поєднуючи процес транспортування з процесом зневоднення з урахуванням впливу зовнішніх факторів. В даному випадку розглянуто динаміку зміни тиску повітря під перфорованою стрічкою, по якій транспортується вологий пористий сипкий матеріал, при просочуванні повітря крізь шар матеріалу і стрічки.

Просочування повітря відбувається за умови, що лінія депресії в матеріалі, що транспортується, не перевищує довжину транспортування:

$$L > L_*, \quad L_* = \frac{\rho_0 g U_0 H_0^2}{\kappa k_1 P_a (1 - \pi)}, \quad \kappa = \frac{1 - \varphi_H}{\varphi_H - \varphi_{\text{пр}}}, \quad \pi = \frac{P}{P_a}, \quad (19)$$

де L – довжина стрічки, м; L_* – відстань від початку транспортування до перерізу, де лінія депресії в матеріалі перетинається з лінією стрічки, м; ρ_0 – густина рідини, м³/с; g – прискорення вільного падіння, м²/с; k_1 – коефіцієнт фільтрації рідини крізь шар та стрічку; U_0 – швидкість руху стрічки, м/с; H_0 – початкова товщина шару матеріалу на стрічці, м; P_a – атмосферний тиск, Па; P – тиск під стрічкою, Па; φ_H – вологість матеріалу в початковому перерізі стрічки; $\varphi_{\text{пр}}$ – мінімально можлива вологість матеріалу.

Встановлено, що завдяки просочуванню повітря, тиск під стрічкою підвищується згідно залежностей:

$$\tau = \frac{(\Psi_0 - \Delta) \ln \left| \frac{\sqrt{1 - \pi_0} - \Psi_0 + \Delta}{\sqrt{1 - \pi} - \Psi_0 + \Delta} \right| + (\Psi_0 + \Delta) \ln \left| \frac{\sqrt{1 - \pi_0} + \Psi_0 + \Delta}{\sqrt{1 - \pi} + \Psi_0 + \Delta} \right|}{\frac{m_* \delta_* \rho g}{F k_* C_a} \Psi_0 t}, \quad \Psi_0 = \sqrt{\Delta} \sqrt{\Delta_0 + \Delta}, \quad \Delta = \frac{\varphi_0 F_0 m_* \delta_* \rho g}{F k_* \sqrt{2(\xi_0 - 1)}}, \quad C_a = \frac{W}{\rho c^2}, \quad (20)$$

$$\Delta_0 = \sqrt{2(\xi_0 - 1)} \frac{(1 + \gamma) Q_H}{\varphi_0 F_0 P_a}, \quad \gamma = \frac{\varphi_\sigma F k_*}{m_* \delta_* \rho g Q_H}, \quad \varphi_\sigma = \frac{\rho_0 g U_0 H_0^2}{\kappa k_1 L P_a},$$

де C_a – акустична пружність ємності під стрічкою; t – час, с; Q_H – витрата повітря, що видаляється з під стрічки, м³/с; W – об'єм ємності під стрічкою; ρ – густина повітря; c – швидкість звуку в повітрі; π_0 – початковий відносний тиск під стрічкою; F – площа стрічки; k_* – узагальнений коефіцієнт фільтрації шару матеріалу та стрічки; m_* – узагальнена пористість шару матеріалу та стрічки; δ_* – товщина шару матеріалу разом зі стрічкою; φ_0 – коефіцієнт витрат крізь шпарини; F_0 – загальна площа шпарин; ξ_0 – коефіцієнт аеродинамічного опору шпарин.

Тривалість підвищення тиску під стрічкою з урахуванням просочування повітря крізь пористий шар матеріалу обернено пропорційна показниковій функції, аргументом якої є відносний безрозмірний тиск під стрічкою, а основа

залежить від початкового значення вакууму.

Процес просочування повітря під стрічку припиняється за умови коли $1 - \pi = \varphi_\sigma$, що відбувається через час, який розраховується за формулою

$$\tau = (\Psi_0 - \Delta) \ln \left| \frac{\sqrt{1 - \pi_0} - \Psi_0 + \Delta}{\sqrt{\varphi_\sigma} - \Psi_0 + \Delta} \right| + (\Psi_0 + \Delta) \ln \left| \frac{\sqrt{1 - \pi_0} + \Psi_0 + \Delta}{\sqrt{\varphi_\sigma} + \Psi_0 + \Delta} \right|. \quad (21)$$

При умові $L_* = L$ тиск під стрічкою знижується за залежністю:

$$\tau' = \sqrt{\varphi_\sigma} - \sqrt{1 - \pi} + \Psi_\sigma \ln \left| \frac{\Psi_\sigma - \sqrt{\varphi_\sigma}}{\Psi_\sigma - \sqrt{1 - \pi}} \right|, \quad (22)$$

$$\Psi_\sigma = \frac{Q_H \sqrt{\xi_0 - 1}}{\varphi_0 F_0 \sqrt{2P_a}}, \quad \tau' = \frac{\varphi_0 F_0}{\sqrt{2(\xi_0 - 1)C_a}} t.$$

Зниження тиску відбувається до моменту, коли відносна відстань між краєм стрічки та перерізом перетинання лінії депресії не почне впливати на тиск повітря під стрічкою:

$$\sigma < [\sigma], \quad \sigma = 1 - \frac{\varphi_\sigma}{1 - \pi}, \quad (23)$$

де σ – частина площі стрічки, через яку відбувається фільтрація повітря; $[\sigma]$ – частина площі стрічки, через яку фільтрація повітря впливово змінює тиск під стрічкою.

Тривалість процесу визначається формулами (22) та (23)

$$[\tau'] = \Psi' \frac{\sqrt{1 - [\sigma]} - 1}{\sqrt{1 - [\sigma]}} + \ln \left| \frac{(1 - \Psi')\sqrt{1 - [\sigma]}}{\sqrt{1 - [\sigma]} - \Psi'} \right|, \quad (24)$$

$$[\tau'] = \frac{\varphi_0^2 F_0^2 P_a}{(\xi_0 - 1) C_a Q_H} t', \quad \Psi' = \frac{\varphi_0 F_0}{Q_H} \sqrt{\frac{2\rho_0 g P_a U_0 H_0^2}{(\xi_0 - 1) \kappa \kappa_1 L}}.$$

Враховуючи залежності (22), після їх апроксимації та відповідних перетворень, отримаємо оцінку тривалості підвищення тиску під стрічкою з урахуванням просочування повітря крізь пористий шар матеріалу:

$$\tau \approx 7,72 \frac{x_0(x_0 - 1,77)}{(17,46x_0^{0,16})^{\sqrt{x}}}, \quad x_0 = \frac{\sqrt{1 - \pi_0}}{2\Delta}, \quad x = \frac{1 - \pi}{1 - \pi_0}. \quad (25)$$

Використання залежностей (20) – (25) дозволяє визначити амплітуду та тривалість коливань тиску та обґрунтувати методи компенсування їх впливу на узгодженість процесів в гідротехнічних системах.

У п'ятому розділі наведено результати використання методів оптимізації процесів в логістиці, які забезпечують сталий розвиток і функціонування гідротехнічних систем. На основі отриманих в науковій школі чл.-кор. НАН України О.М. Кісельової рішень неперервних задач оптимального розбиття множин розроблено моделі оптимізації обсягів поставок і запасів, які є неперервною двоетапною задачею з додатковими зв'язками. Неперервність моделей обумовлена тим, що ресурс займає суцільно територію, яку потрібно дискретизувати під області з раціональними параметрами процесів функціонування та можливістю розміщення центрів першого етапу на заданій континуальній множині.

Аналіз процесів транспортування в гідротехнічних системах проведено з урахуванням результатів досліджень співробітників кафедри системного аналізу і управління НТУ «Дніпровська політехніка» Ус С.А. і Коряшкіної Л.С., що дозволило визначити параметри перерозподілу матеріальних потоків між елементами логістичної системи. При цьому від кожної технологічної ланки устаткувань, які закріплені за окремими операціями, транспортування здійснюється безпосередньо до місця накопичення матеріального ресурсу для подальшого використання, а потім розсортований ресурс направляєється в певних кількостях до кінцевого споживача: укріплення дамб штучних водонасичених масивів у водосховищах або до виробок підземних інфраструктурних геотехнічних систем (рис. 15).

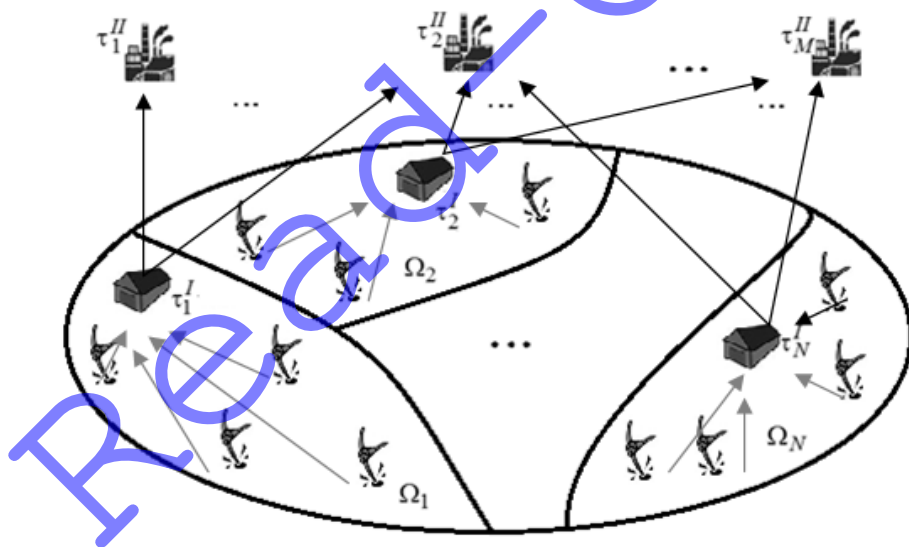


Рисунок 15 – Схема процесів транспортування щодо забезпечення сталого розвитку гідротехнічних систем

Для визначення параметрів перерозподілу матеріальних потоків між елементами логістичної системи в розробленій математичній моделі використовуються наступні позначення: Ω – область, на якій розподілений ресурс, і де можуть бути розміщені центри першого етапу m^2 ; $\rho(x)$ – щільність ресурсу у точці x множини Ω , t/m^2 ; N – кількість центрів першого етапу; M – кількість центрів другого етапу; S – загальна кількість ресурсу в заданій області,

т; τ_i^r – координати i -го центра r -го етапу; b_i^r – виробнича потужність i -го центру r -го етапу, $r = I, II$, т; $c_i^I(x, \tau_i^I)$ – вартість доставки одиниці ресурсу від точки $x \in \Omega$ до центра τ_i^I , грн/т; $c_{ij}^{II}(\tau_i^I, \tau_j^{II})$ – вартість доставки одиниці ресурсу від центру τ_i^I до центру τ_j^{II} , грн/т; a_i – вартість сортування, відвантаження ресурсу на підприємстві τ_i^I , яка розрахована на одиницю ресурсу, грн/т; v_{ij} – кількість ресурсу, що доставляється із центру τ_i^I на підприємство τ_j^{II} , т.

Оптимізація двоетапних процесів розподілу матеріально-сировинних потоків проведена відповідно до загальних принципів системного аналізу, що дозволило визначити таке розбиття множини Ω на N непересічних підмножин $\bar{\omega} = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N\}$, серед яких можуть бути і пусті, координати $\tau_1^I, \dots, \tau_N^I$ цих підмножин і такі обсяги транспортування v_{11}, \dots, v_{NM} , при яких функціонал

$$F(\bar{\omega}, \tau^I, \nu) = \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} c_i^I(x, \tau_i^I) \rho(x) dx + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (c_{ij}^{II}(\tau_i^I, \tau_j^{II}) + a_i) v_{ij} \quad (26)$$

має мінімальне значення і виконуються наступні умови:

$$\int_{\Omega_i} \rho(x) dx = \sum_{j=1}^M v_{ij}, \quad i = 1, \bar{N}, \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^N v_{ij} = b_j^{II}, \quad j = 1, \bar{M}, \quad (28)$$

$$\bar{\omega} \in \Sigma_{\Omega}^N, \quad \nu \in R_{NM}^+, \quad \tau^I \in \Omega^N, \quad (29)$$

$$\Sigma_{\Omega}^N = \left\{ \bar{\omega} = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N\} : \bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, \text{mes}(\Omega_i \cap \Omega_j) = 0, i \neq j, i, j = 1, \bar{N} \right\}, \quad (30)$$

де Σ_{Ω}^N – клас усіх можливих варіантів розбиття множини Ω на N непересічних підмножин; $\bar{\omega} = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N\}$ – елемент класу Σ_{Ω}^N ; R_{NM}^+ – NM -мірний простір невід'ємних дійсних чисел.

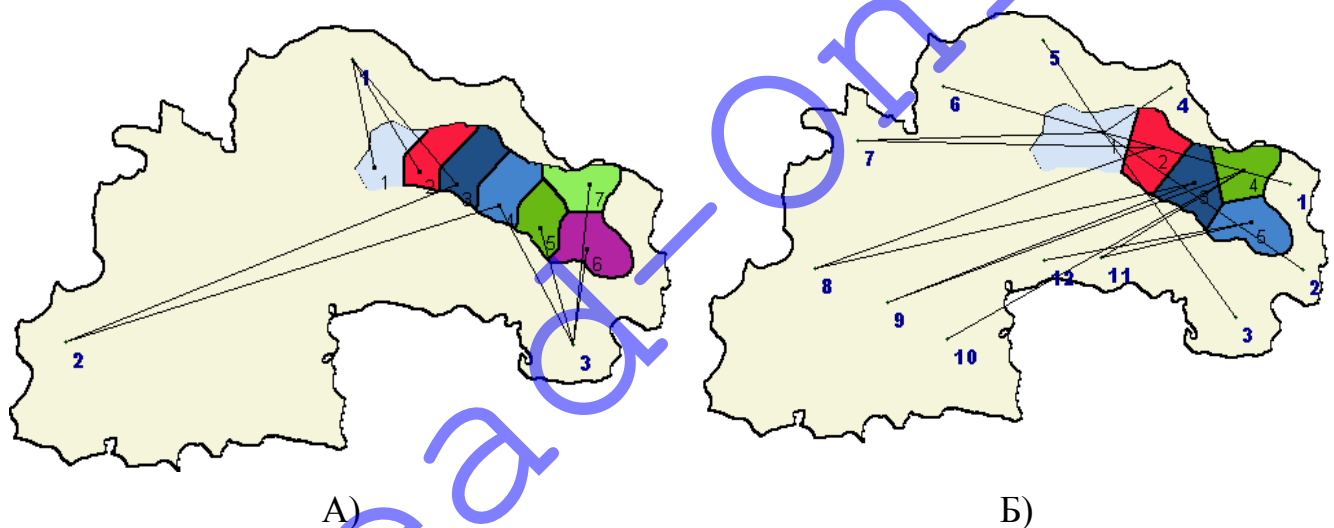
Задача (26) – (30) є неперервною задачею оптимального розбиття множини з додатковими зв'язками. У даній дисертаційній роботі проведено серію обчислювальних експериментів, результати деяких наведені нижче.

На рис. 16А представлено результати оптимального розбиття множини Ω та визначено зв'язки в двох варіантах:

а) параметр метрики Минковського $p = 1$ для функцій $\tilde{n}_i^I(x, \tau_i)$, $\tilde{n}_{ij}^{II}(\tau_i, \tau_j)$ –

$a_i = 0, i = \overline{1,4}$; б) $p = 10$ для функцій, $\tilde{h}_i^I(x, \tau_i)$, $p = 1$ для функцій $c_{ij}^{II}(\tau_i, \tau_j)$, $a = (0,5; 0,62; 0,36; 0,45)$. Кількість зібраного ресурсу відповідними елементами гідротехнічної системи на першому етапі склало: а) $b^I = (0,307; 0,219; 0,178; 0,295)$; б) $b^I = (0,29; 0,194; 0,201; 0,313)$. Відповідно до результатів, які представлені на рис. 16, наявність зв'язку між основними елементами гідротехнічних систем першого і другого етапів ідентичні, тому що різниця в об'єму перевезеного ресурсу не суттєва. Всі елементи двоетапної логістичної системи розглянуті як взаємопов'язані та взаємодіючі для досягнення оптимальних умов транспортної логістичної системи.

При вирішенні задачі оптимізації враховано сукупність витрат, які пов'язані з управлінням матеріальними потоками: формування, транспортування та перерозподіл, що дозволяє мінімізувати транспортні та сукупні витрати транспортної логістичної системи. В зв'язку з цим, в результаті аналізу гідротехнічних систем виділені основні типи логістичних систем і види з'єднань ланок і вузлів логістики, на основі яких здійснюється транспортування технологічних потоків.



1, 2, 3...12 – результати оптимального розбиття центрів I етапу та схема оптимального перерозподілу матеріально-сировинних потоків з відображенням закріплених за ними зон та додатковими зв'язками зі споживачами ресурсів

Рисунок 16 – Оптимальне розбиття множини та схема транспортування ресурсу в рамках функціонування інфраструктурної геотехнічної системи

Процеси перерозподілу матеріальних потоків на гірничих підприємствах, реалізуються схемами вузлів і ланок логістичних систем, які об'єднуються наступними основними видами з'єднання: послідовними, паралельними, змішаними, а також діагональними способами. При цьому, логістику транспортних систем на гірничих підприємствах розглянуто не тільки на типових видах - автомобільному та залізничному, а і транспортними потоками, що здійснюються за допомогою безперервних процесів по трубопроводним магістралям, у відкритих каналах, а також на конвеєрах.

Одним із завдань технологій логістики в гідротехнічних системах, яке вирішується в даній роботі, є задача управління перерозподілом матеріальних потоків, з урахуванням необхідної кількості гідросуміші для чого й використовується технологічне транспортне обладнання. З'єднання вузлів технології логістики в гідротехнічних системах забезпечується з урахуванням послідовного чи паралельного сполучення їх вихідних потоків:

$$Q_{\alpha}^{(i)} = Q_{\beta}^{(i-1)}, \quad Q_{\beta}^{(i)} = \prod_{k=1}^i \beta_Q^{(k)} Q_{\alpha}^{(1)}, \quad Q_{\gamma}^{(i)} = (1 - \beta_Q^{(i)}) \prod_{k=1}^{i-1} \beta_Q^{(k)} Q_{\alpha}^{(1)}, \quad (31)$$

$$Q_{\alpha}^{(i)} = \bar{Q}_{\beta}^{(i-1)}, \quad \bar{Q}_{\beta}^{(i)} = Q_{\alpha}^{(1)} \prod_{j=1}^n \beta_Q^{(j)}, \quad \bar{Q}_{\gamma}^{(i)} = Q_{\alpha}^{(1)} \sum_{k=1}^i (1 - \beta_Q^{(k)}) \prod_{j=1}^{k-1} \beta_Q^{(j)}, \quad (32)$$

де $Q_{\beta}^{(i)}$ – обсяг матеріально-сировинних потоків, що спрямовується до вузлів логістики № i , при послідовно-спільному з'єднанні, $\text{м}^3/\text{с}$; $\beta_Q^{(k)}$ – параметр керування вузлу логістики № k ; i – номер поточного вузла логістики; $Q_{\alpha}^{(1)}$ – обсяг матеріального потоку, що надходить в перший вузол логістики, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\gamma}^{(i)}$ – обсяг матеріального потоку, що спрямовуються до вузлів логістики № i , при послідовно-роздільному з'єднанні, $\text{м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{\beta}^{(i)}$ – загальний обсяг матеріально-сировинних потоків, що надходять з перших i вузлів логістики, $\text{м}^3/\text{с}$; n – загальна кількість вузлів логістики; $\bar{Q}_{\gamma}^{(i)}$ – загальний обсяг матеріально-сировинних потоків, що надходять у відходи з перших i вузлів логістики, $\text{м}^3/\text{с}$.

Паралельно-спільне та діагональне з'єднання (рис.17, 18) реалізуються за допомогою безперервних видів транспорту: напірному та безнапірному гідравлічному транспорту, а також конвеєрному, де прийнято наступні позначення: Q_{α}^i – об'ємна витрата гідросуміші, яка подається у вузол логістики (ВЛ); G_{α}^i – масова витрата твердого, або вантажопотік, що надходить з продукту на транспортування до ВЛ; G_{β}^i – масова витрата твердого, або вантажопотік, що надходить у продукт на транспортування з ВЛ; G_{γ}^i – масова витрата твердого, або вантажопотік, що надходить в відходи з ВЛ; ρ_s^{α} – щільність твердої фази в живленні технологічного обладнання. Для паралельно-спільного з'єднання (рис.17), сумарні витрати гідросуміші в продукт на транспортування (концентрат) і відходи визначаються за формулами

$$\bar{Q}_{\beta}^{(i)} = \sum_{k=1}^i Q_{\beta}^{(k)} = \frac{Q_{\alpha}}{n} \sum_{k=1}^i \beta_Q^{(k)}, \quad \bar{Q}_{\gamma}^{(i)} = \sum_{k=1}^i Q_{\gamma}^{(k)} = \frac{Q_{\alpha}}{n} \left(1 - \sum_{k=1}^i \beta_Q^{(k)} \right). \quad (33)$$

При діагональному з'єднанні (рис. 18) розподіл потоків гідросуміші на кожному з ВЛ характеризується наступними співвідношеннями:

$$Q_{\beta}^{(i,j)} = \beta_Q^{(i,j)} Q_{\alpha}^{(i,j)}, \quad Q_{\gamma}^{(i,j)} = (1 - \beta_Q^{(i,j)}) Q_{\alpha}^{(i,j)}, \quad (34)$$

де $Q_{\beta}^{(i,j)}$ – об'ємна витрата гідросуміші, що надходить в концентрат із ВЛ з i -м номером «по концентрату» і j -м номером «по відходам»; $\beta_Q^{(i,j)}$ – сепараційна характеристика по витраті гідросуміші ВЛ з i -м номером «по концентрату» і j -м номером «по відходам»; $Q_{\alpha}^{(i,j)}$ – об'ємна витрата пульпи, що надходить в ВЛ з i -м номером «по концентрату» і j -м номером «по відходам»; $Q_{\gamma}^{(i,j)}$ – об'ємна витрата пульпи, що надходить у відходи з ВЛ з i -м номером «по концентрату» і j -м номером «по відходам».

Режими роботи цих видів транспорту забезпечують ефективність, узгодженість та надійність функціонування гірничого підприємства, а тому необхідне наукове забезпечення розрахунків їх параметрів з урахуванням особливостей та факторів впливу, що притаманні технологіям логістики в гідротехнічних системах.

Аналіз функціонування гірничих виробництв з урахуванням технологій логістики в гідротехнічних системах визначив процеси при веденні підземних гірничих роботах в частині забезпечення водовідведення з горизонтів ведення робіт, а також перетікання гідросумішей з їх розгалуженою системою гідротехнічних комплексів. Відмітимо, що при веденні гірничих робіт на шахтах Криворізького залізорудного басейну кількість кислих шахтних вод, які відкачуються з гірничих виробок на одну тону добутої руди при відкритих і при підземних гірничих роботах наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Кількість вод з гірничих виробок, що відкачуються, на 1т добутої руди в Кривбасі

| Види гірничих робіт | Обсяги шахтних вод, м ³ /т |
|---------------------|---------------------------------------|
| Відкриті | 0,106 |
| Підземні | 1,260 |

Запропоновані вище структурні схеми логістики технологічних потоків для гідротехнічних систем гірничих підприємств дозволяють в залежності від розв'язуваних завдань мінімізувати транспортні та супутні витрати пов'язані з формуванням матеріально-сировинних потоків гідросумішей, їх транспортуванням і перерозподілом. У свою чергу, це формує обґрунтовані передумови для забезпечення сталого розвитку як гідротехнічних систем, так і прилеглих до гірничих підприємств територій. Істотним при цьому є гарантування такого гідравлічного режиму геотехнічних систем, при якому мінімізуються техногенні ризики: підтоплення, зсуви земної поверхні і зменшення площ, що відведені для сільськогосподарських робіт.

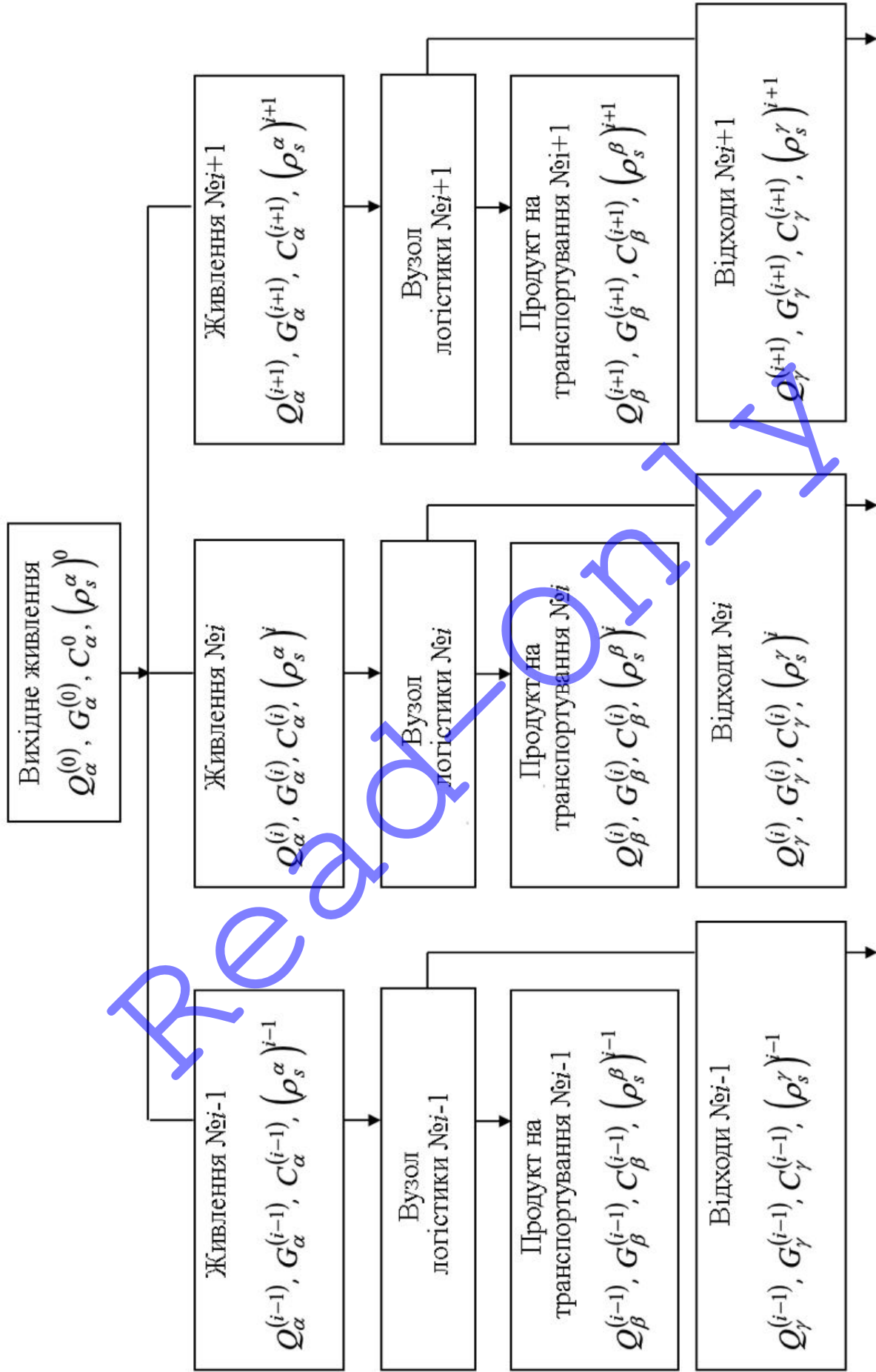


Рисунок 17 – Паралельно-спільне з'єднання вузлів логістики, як елементів гідравлічної мережі

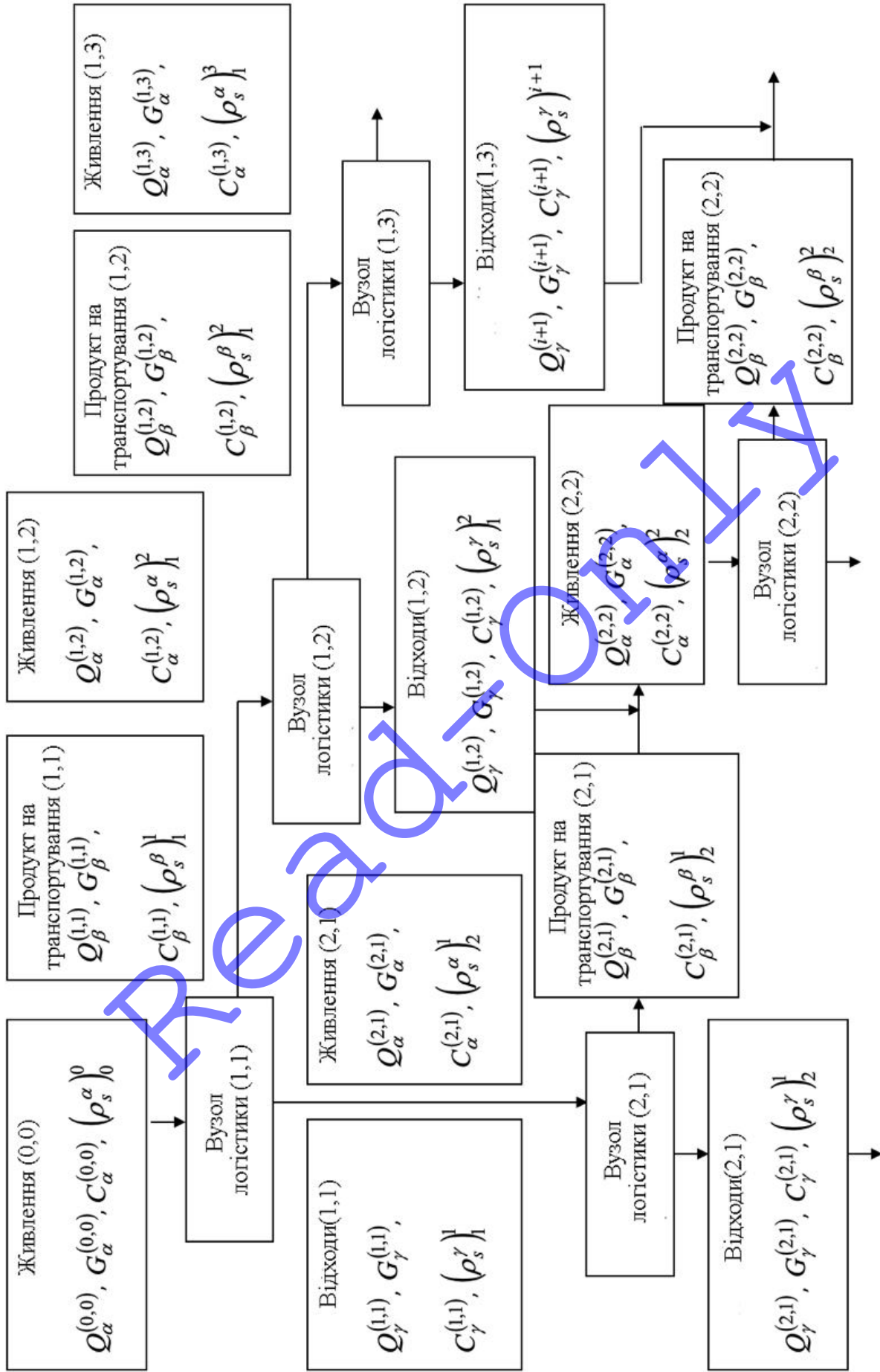


Рисунок 18 – Діагональне з'єднання ВЛ, як елементів гідравлічної мережі

Результати досліджень враховані при розробці методик і рекомендацій для розрахунку параметрів та режимів течії гідросуміші, а також технологічного устаткування з метою підвищення ефективності процесів переробки мінеральної сировини та зменшення навантаження на навколишнє середовище прилеглих територій, в науково-практичних розробках на гірничих підприємствах Криворізького залізорудного басейну, методик і рекомендацій на етапах реконструкції і технологічного переобладнання процесів видобутку і збагачення вугілля для досягнення оптимальних транспортних і супутніх витрат, механізму управління системою просування матеріально-сировинних потоків в гірничих технологіях на кар'єрах, підземних родовищах, збагачувальних фабриках, складах готової продукції, “Рекомендацій з оцінки ефективності осадження частинок мінеральної сировини при переливі в гравітаційних апаратах з урахуванням процесу розділення гідросуміші при течії в приповерхневому шарі” і “Рекомендацій щодо оптимізації логістичних технологій на багаторівневих гірничих підприємствах” які впроваджені в ДП «Державний науково-дослідний, проектно-конструкторський і проектний інститут вугільної промисловості» ДП Інститут «УКРНДПРОЕКТ», ДП «ДП «Кривбаспроект», ТОВ «Донбасшахтопроект», ТОВ «Южгіпроруда», ПРАТ «Донецьксталь» – Металургійний завод, ТОВ «Шахтостроймонтаж». Реальний річний економічний ефект складає 324 тис. 700 грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язано актуальну наукову проблему розвитку наукових основ технологій логістики в гідротехнічних системах гірничих підприємств шляхом встановлення закономірностей, що визначають параметри безнапірних потоків гідросуміші від властивостей середовища, фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі під впливом зовнішніх факторів, що характеризують процеси перерозподілу матеріальних потоків з урахуванням показників та режимів роботи елементів технологій логістики геотехнічних систем, на базі яких розроблені методи, методичні рекомендації, структурні схеми логістики технологічних потоків, що дозволило мінімізувати транспортні та супутні витрати пов'язані з формуванням матеріально-сировинних потоків гідросумішей, їх транспортуванням і перерозподілом, впровадження яких дозволило отримати економічний ефект у сумі 324 тис. 700 грн., що має суттєве значення для підвищення ефективності гірничих технологій та забезпечення сталого розвитку промислових регіонів.

В процесі виконання роботи отримано наступні наукові та практичні результати:

1. Аналіз сучасного стану проблеми забезпечення сталого розвитку гірничих технологій з урахуванням перерозподілу матеріально-сировинних потоків дозволив їх класифікувати за основними технологіями логістики в гідротехнічних системах і визначити основні задачі управління процесами транспортування, фільтрації і розподілу гідросуміші в технологіях видобутку та переробки мінеральної сировини. На підставі проведених досліджень розроблено

моделі елементів технологій логістики в гідротехнічних системах, які вперше враховують умови поділу потоків гідросуміші і твердого матеріалу з урахуванням технологічних характеристик апаратів, гранулометричного і щільнісного складів гірської маси.

2. Обґрунтовані типи з'єднань елементів технологій логістики, для яких розроблено методи розрахунків, що вперше включають розгалужену і діагональну схеми з'єднань. Для кожного виду розглянутих з'єднань елементів технологій логістики апробовані методи визначення об'ємних витрат гідросуміші, масових концентрацій і щільності твердої фази для потоків, що перерозподіляються.

3. Вперше визначено розташування перерізу прямокутного каналу після якого, в процесі розшарування, нижній шар складається з висококонцентрованого потоку, а верхній представлено гідросумішшю з концентрацією, яка знижується. Встановлено, що визначальним фактором в процесі розшарування гідросуміші є здатність потоку зважувати частинки різного складу.

4. Встановлено, що для течії гідросуміші по похилій поверхні, що не деформується, або прямокутного каналу, аналітична залежність різниці висот потоку в початковому і кінцевому перетинах визначається критичним значенням відносної подачі, яка прямо пропорційна кореню квадратному з співвідношення ухилу дна каналу до коефіцієнта тертя з коефіцієнтом пропорційності рівним 1,3, та враховує довжину та кут нахилу каналу.

5. Вперше встановлено, що при безнапірній течії гідросуміші по прямокутному каналу з примусовим масообміном залежність співвідношення критичної глибини потоку в довільному поперечному перерізі до критичної глибини на вході в канал від відстані до цього перетину визначається лінійною функцією, що спадає, в степені $2/3$.

6. Удосконалено методи визначення поточної глибини потоку течії гідросуміші вздовж похилої поверхні при відсутності масообміну, яка прямо пропорційна його критичній глибині з коефіцієнтом, що є функцією співвідношення сил гідравлічного тертя і тяжіння.

7. Встановлено, що для течії гідросуміші вздовж похилої поверхні при наявності масообміну, поточна відносна глибина потоку прямо пропорційна його поточній відносній глибині для випадку відсутності масообміну, причому коефіцієнт пропорційності є степеневою функцією з негативним показником $2/3$ від відносної площі отворів в днищі і коефіцієнту витрати цих отворів.

8. Вперше розрахована тривалість підвищення тиску під стрічкою за рахунок просочування повітря крізь пористий шар матеріалу, яка обернено пропорційна показниковій функції, аргументом якої є відносний безрозмірний тиск під стрічкою, а основа залежить від початкового значення вакууму.

9. Коректно поставлена і вирішена задача безперервного оптимального розбиття, що дозволяє управляти матеріально-сировинними потоками гірничих підприємств. Розглянуті елементи двоетапної логістичної системи, що взаємопов'язані, з урахуванням яких досягається збільшення показників ефективності функціонування гідротехнічних систем. Розроблено алгоритм

рішення безперервних задач оптимального розбиття множин з додатковими зв'язками, що дозволило отримати розбиття площі родовища на зони, за якими закріплюються підприємства першого етапу.

10. Розроблено методики розрахунку параметрів течії гідросуміші при зміні площі перерізу каналу, параметрів течії в приповерхневому шарі, параметрів і режимів течії по внутрішній поверхні обертання та рекомендації з оцінки ефективності розшарування потоку, а також щодо оптимізації логістики в гідротехнічних системах підприємств, які впроваджено в практику проектно-конструкторських робіт ДП Інститут «УКРНДІПРОЕКТ» та ДП «ДП «Кривбаспроект», в проекти технологій функціонування при вдосконаленні процесів переробки гірської маси на гірничих підприємствах ТОВ «Донбасшахтопроект»; ТОВ «Южгіпроруда»; ПРАТ «Донецьксталь» – Металургійний завод. Реальний річний економічний ефект від впровадження науково-практичних розробок на гірничих підприємствах ТОВ «Шахтостроймонтаж» складає 324 тис. 700 грн.

Статті у закордонних періодичних виданнях та у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз

1 Bulat A.F., Dzyuba S.V., Sokil A.M. Methodology of determining the boundaries of area of stable of aspiration systems at the mining and metallurgical enterprises. *Metallurgicheskaya I Gornorudnaya Promyshlenn.* 2003. № 1. P. 89 – 92.

2 Bulat A., Blyuss B., Dreus A., Liu Baochang, Dziuba S. Modeling of deep wells thermal modes. *Mining of Mineral Deposits.* 2019. № 1, P. 27 – 35. <https://doi.org/10.33271/mining13.01.058>

3 Bulat A., Dziuba S., Miniyev S., Koriashkina L., Us S. Solution of the problem to optimize two-stage allocation of the material flows // *Mining of Mineral Deposits.* 2020. № 1. P. 58 – 65. <https://doi.org/10.33271/mining14.01.027>

4 Dziuba S., Dyakun I., Kyrychko S., Tatarko L. Ground waters disposal modeling during the infrastructural geotechnical systems development. *Modern Scientific Researches.* 2020. № 3. P. 50 – 57. DOI: 10.30888/2410-6615.2020-03-02-013

5 Dziuba S., Kyrychko S., Blyuss K., M.A. Yau Analytical and numerical analysis of Turing structures. *Modern Scientific Researches.* 2020. № 11/Part 2, P. 134-139. <https://DOI: 10.30890/2567-5273.2020-11-01-033>.

6 Дзюба С.В., Дякун И.Л., Киричко С.М. Визначення фільтраційних властивостей ґрунтів техногенних родовищ. *Modern Scientific Researches.* 2020. № 11/Part 4, P. 12 – 20. <https://DOI: 10.30889/2523-4692.2020-11-04-014>.

7 Sudakov A., Dreus A., Ratov B., Sudakova O., Khomenko O., Dziuba S., Sudakova D., Muratova S., Ayazbay M. Substantiation of thermomechanical technology parameters of absorbing levels isolation of the boreholes. *News of the National academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences.* 2020. ISSN 2224-5278, V. 2, № 440. P. 63 – 71. <https://doi.org/ 10.32014/2020.2518-170X.32>

8 Siasiev A., Dreus A., Horbonos S., Balanenko I., Dziuba S. The stressed-strained state of a rod at crystallization considering the mutual influence of temperature and mechanical fields. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2020. № 3/5 (105). P. 38 – 48. <https://doi.org/ 10.15587/1729-4061.2020.203330>

Статті у наукових фахових виданнях

9 Дзюба С.В. Визначення раціональних параметрів процесів розвитку підприємств гірничої галузі. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2007. № 68. С. 278 – 285.

10 Дзюба С.В. Специфика анализа и прогноза эффективности технологий переработки минерального сырья. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2010. № 85. С. 94 – 99.

11 Дзюба С.В., Киричко С.М. Визначення життєвого циклу гірничопереробних підприємств з урахуванням нечітких вихідних даних. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2010. № 85. С. 226 – 233.

12 Дзюба С.В., Шмелев Н.А., Коваль Н.В. Анализ технологий подземной разработки месторождений полезных ископаемых при ведении горных работ в сложных горно-геологических условиях. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2012. № 101. С. 284 – 291.

13 Витушко О.В., Дзюба С.В. Значение гидротехнических сооружений для эффективной работы угольных предприятий. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2012. № 104. С. 263 – 267.

14 Дзюба С.В. Согласование систем управления горных предприятий на основе закономерностей технического анализа. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2012. - № 107. - С. 92 – 98.

15 Витушко О.В., Дзюба С.В., Коваль Н.В. Разработка методов расчета параметров процессов гидротранспортирования в подземных гидротехнических системах. *Геотехнічна механіка*. Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2014. № 119. С. 186 – 197.

16 Дзюба С.В., Медведева О.А., Киричко С.Н. Особенности использования напорного гидротранспорта при разработке техногенных месторождений. *Вибрация в технике и технологиях*. Винница, 2015. № 4(80). С. 136 – 142.

17 Фісуненко П.А., Лажє М.В., Дзюба С.В. Аналіз системи показників економічної безпеки будівельних підприємств. *Будівельне будівництво*. 2016. № 61 / 2. С. 59 – 63.

18 Дреус А.Ю., Сясев В.О., Дзюба С.В., Киричко С.М. Дослідження впливу концентрації метану на режим течії повітряно-метанової суміші у мікроканалі. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2017. № 136. С. 51 – 59.

19 Лапшин Е.С., Блюсс Б.А., Дзюба С.В. Определение рациональных параметров динамического гасителя низкочастотных колебаний. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2018. № 139. С. 23 – 30

20 Дзюба С.В., Дреус А.Ю., Лисенко К.В. Моделювання процесів у гравійних фільтрах, які використовуються в технологіях розробки родовищ. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2018. № 140. С. 188 – 197.

21 Блюсс Б.О., Лук'янов П.В., Дзюба С.В. Динаміка вихрових структур в напірних течіях гідросумішей при переробці мінеральної сировини. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2018. № 141. С. 86 – 98.

22 Дзюба С.В. Аналіз сучасних систем прийняття рішень для технологій переробки мінеральної сировини. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2018. № 142.

С. 51 – 59.

23 Блюсс Б.О., Дзюба С.В., Семененко Є.В. Обґрунтування параметрів ефективності гідротехнічних систем у технологіях переробки мінеральної сировини. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2018. № 4 (313). С. 58 – 64.

24 Блюсс Б.О., Дзюба С.В., Семененко Є.В., Лях М.М. Оцінка методів підвищення ефективності функціонування гідротехнічних систем гірничо-металургійних комбінатів. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2018. № 5 (314). С. 38 – 45.

25 Семененко Є.В., Лапшин Є.С., Дзюба С.В., Лях М.М. Особливості технологічного розрахунку трубопроводів при транспортуванні неньютонівських рідин з високою в'язкістю. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2018. № 6 (315). С. 38 – 45.

26 Блюсс Б.О., Лук'янов П.В., Дзюба С.В. Моделювання квазіточкового турбулентного вихору в закручених течіях рідини в збагачувальному устаткуванні. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2018. № 143. С. 49 – 59.

27 Дреус А.Ю., Хамініч О.В., Коваль Н.В., Дзюба С.В. Моделирование многофазного потока при гидроподъеме твердых частиц. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2019. № 1 – 2 (316). С. 38 – 45.

28 Дырда В.И., Лисица Н.И., Козуб Г.О., Толстенко О.В., Ахалтсов Г.М., Новикова А.В., Филипенко О.Н., Дзюба С.В. Охрана труда при работе машин, работающих при длительных циклических нагрузках. *Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2019. № 144. С. 83 – 90.

29 Кісельова О.М., Придуманова О.М., Дзюба С.В., Падалко В.Г. Розв'язання двоетапної неперервно-дискретної задачі оптимального розбиття-розподілу з нечіткими параметрами. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. Дніпро, 2019. №. 19. С. 106 – 116.

30 Судаков А.К., Дреус А.Ю., Лысенко К.Е., Дзюба С.В. Моделирование процесса замораживания гравийных фильтров используемых в горных технологиях. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2019. № 3 – 4 (316). С. 42 – 47.

31 Кісельова О.М., Придуманова О.М., Дзюба С.В., Падалко В.Г. Побудова мультиплікативно зваженої діаграми Вороного з нечіткими параметрами. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. Дніпро, 2019. №. 19. С. 117 – 126.

32 Кирия Р.В., Дзюба С.В., Мостовой В.Ф. Оптимальный объем аккумулирующих бункеров, работающих в системе конвейерного транспорта угольных шахт. *Системні технології*. 2020. № 1(126). С. 161 – 170.

Статті та тези докладів в виданнях конференцій:

33 Дзюба С.В., Мищенко Т.Ф., Семененко Е.В. Обеспечение надежности технологий обогащения по показателям качества. *Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: материалы Третьей Промышленной международной научно-техн. конф.*, 12-14.2003 г., п. Славское, 2003. С. 19 – 20. (заочна участь)

34 Дзюба І.М., Дзюба С.В., Семененко Е.В. Економічне обґрунтування надійності й ефективності збагачувального виробництва. *Актуальні проблеми фінансового менеджменту на підприємствах*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. молодих наук, 18-19.04.2003 р., м. Донецьк, 2003 р. С. 182 – 189. (очна участь)

35 Дзюба С.В. Основные методы управления режимом течения аэросмеси в системах трубопроводного транспорта. *Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу*: матеріали регіон. наук. конф., присвяченої пам'яті проф. М.М. Беляєва, 16-17.11.2006 р. м. Дніпропетровськ: ДНУ імені Олеса Гончара, 2006. С. 90 – 91. (очна участь)

36 Дзюба С.В. Моделирование потоков аэросмеси в системах трубопроводного транспорта для нестационарных режимов течения. *Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу*: матеріали II міжнарод. наук. конф. на честь 90-річчя Дніпропетровського університету та до 80-річчя зі дня народження професора М.М. Беляєва, 13-15.11.2008р. м. Дніпропетровськ: ДНУ імені Олеса Гончара, 2008. С. 101 – 103. (очна участь)

37 Дзюба С.В., Киричко С.М. Обґрунтування нечіткої експертної системи з урахуванням неповних вихідних даних для визначення стадії життєвого циклу підприємств гірничої галузі. *Ефективність реалізації наукового, ресурсного и промислового потенціала в сучасних умовах*: матеріали Десятої Юбилейной Промышленной международной научно-техн. конф., 18-22.02.2010 п. Славское, 2010 г. С. 131 – 142. (заочна участь)

38 Дзюба С.В. Определение основных соотношений движения аэросмеси в системах трубопроводного транспорта с учетом изменения технологических параметров. *Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу*: матеріали III міжнарод. наук. конф., 4-6.11.2010 р. м. Дніпропетровськ: ДНУ імені Олеса Гончара, 2010. С. 153 – 155. (очна участь)

39 Дзюба І.М., Дзюба С.В. Управление повышением конкурентоспособности продукции горных предприятий с учетом оценки состояния фондового рынка Украины. *Аналіз сучасних економічних процесів та інформаційні технології*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., 24-25.11.2011 р. м. Дніпропетровськ: ДНУ імені Олеса Гончара, 2011. С. 30 – 32. (очна участь)

40 Дзюба С.В. Совершенствование основных методов управления функционирования систем трубопроводного транспорта, перемещающих аэросмеси. *Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу*: матеріали IV міжнарод. наук. конф., 1-3.11.2012 р. м. Дніпропетровськ: ДНУ імені Олеса Гончара, 2012. С. 196 – 199. (очна участь)

41 Витушко О.В., Дзюба С.В., Никифорова Н.А. Определение электровязкостного эффекта при фильтрации подземных вод в пористом горном массиве. *Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу*: матеріали V міжнарод. наук. конф., 6-8.11.2014 р. м. Дніпропетровськ: ДНУ імені Олеса Гончара, 2014. С. 124 – 127. (очна участь)

42 Дзюба С.В., Медведева О.А., Киричко С.Н. Основные особенности режимов работы напорного гидротранспорта при разработке месторождений

минерального сир'я. *Вібрація в техніці та технологіях*: матеріали XIV міжнарод. наук.-техн. конф., 21-25.09.2015 р. м. Дніпропетровськ: НТУ Дніпровська політехніка, 2015. С. 63 – 64. (очна участь)

43 Дзюба С.В. Адаптація методів промислової інженерії до управління інноваційними проектами в транспортних системах. *Проблеми економіки транспорту*: матеріали XIV міжнарод. наук.-практ. конф., 21-22.04.2016 р. м. Дніпропетровськ: ДДУЗТ. С. 146 – 147. (очна участь)

44 Дзюба С.В. Фактори впливу на інвестиційну привабливість підприємств залізничного транспорту. *Проблеми економіки транспорту*: матеріали XV міжнарод. наук.-практ. конф., 20-21.04.2017р. м. Дніпропетровськ: ДДУЗТ. 2017. С. 20 – 23. (очна участь)

45 Maksym Mishchenko, Serhii Dziuba Modelling of logistics system management processes based on neuro-fuzzy technologies. Symposium TP'2017, Poland, Katowice, Faculty of Transport, 27.06.2017. (заочна участь)

46 Дзюба С.В., Медведєва О.О., Киричко С.М., Коваль Н.В. Аналіз сучасних методів моделювання логістичних систем гірничих підприємств в умовах невизначеності вихідних параметрів. *Потураївські читання*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., 18-19.01.2018 р. м. Дніпро: НТУ Дніпровська політехніка. 2018. С. 189 – 196. (очна участь)

47 Дзюба С.В., Фісуненко П.А. Обґрунтування інструментів планування соціально-економічного розвитку промислових регіонів України з урахуванням закордонного досвіду. *Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем*: матеріали X міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф. 22-25.04.2018 р. м. Харків. 2018. С. 46 – 48. (заочна участь)

48 Дзюба С.В., Фісуненко П.А. Аналіз маркетингових стратегій ведення переговорів при плануванні розвитку нафтогазової системи України. *Сучасні управлінські технології в умовах трансформації соціально-економічних відносин*: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., 19-20.04.2018 р. м. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 2018. С. 294 – 296. (заочна участь)

49 Булат Є.А., Дзюба С.В. Деякі аспекти удосконалення правової охорони інтелектуальної власності в Україні. *Наука та освіта в контексті сучасних глобалізаційних процесів*: матеріали Всеукраїн. наук.-практ. конф., 01.06.2018р. м. Київ: Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського. 2018. С. 97 – 99. (заочна участь)

50 Дзюба С.В. Аналіз сучасних систем прийняття рішень для технологій переробки мінерального сировини. *Геотехнічні проблеми розробки родовищ*: матеріали XVI конф. молодих вчених, 25.10.2018р. м. Дніпро: ІГТМ НАН України. 2018. С. 2. (очна участь)

51 Дзюба С.В. Аналіз параметрів ефективності функціонування аспираційних систем для технологій переробки мінерального сир'я. *Потураївські читання*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., 25.01.2019 р. м. Дніпро: НТУ Дніпровська політехніка. 2019. С. 17 – 18. (очна участь)

52 Міщенко М.І., Коряшкіна Л.С., Ус С.А., Дзюба С.В. Оптимізація логістичних зв'язків в системі двоетапного транспортування ресурсу,

неперервно розподіленого на заданій території. *Транспортний комплекс України: Умови ефективного розвитку*: матеріали VII Всеукраїнської наук.-практ. конф., 2-3.05.2019 р. м. Одеса. 2019. С. 31 – 33. (заочна участь)

53 Borys Blyuss An optimal two-stage distribution of material flow at the fuel and energy complex enterprises/ Borys Blyuss, Larysa Koriashkina, Svitlana Us, Serhii Minieiev, Serhii Dziuba // E3S Web of Conferences, Volume 109 (2019), International Conference Essays of Mining Science and Practice, Dnipro, Ukraine, June 25-27, 2019 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900008>. (заочна участь)

54 Yevgenii Semenenko Determination of the critical rate of hydrotransport based on measurements in supercritical flow conditions / Yevgenii Semenenko, Serhii Dziuba, Larysa Tatarko, Zinaida Yakubovska // E3S Web of Conferences, Volume 109 (2019), International Conference Essays of Mining Science and Practice, Dnipro, Ukraine, June 25-27, 2019 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900082>. (заочна участь)

55 The Economic Guarantee of Logistic Connections Optimization at Railway Transport / Vasyl Kopytko, Sergei Dziuba, Maxym Mishchenko and Tetyana Shargun // Matec Web Conferences 294, 04016(2019) *EOT 2019*, Lviv, Ukraine, September, 2019, <https://doi.org/10.1051/mateccomf/201929404016>. (заочна участь)

56 Дзюба С.В., Лук'янов П.В., Осадчук В.Б., Хільченко А.А. Витратна характеристика трубопроводу з дифузорним насадком. *Промислова гідравліка та пневматика*: матеріали XIX міжнарод. наук.-техніч. конф., 21-23.10.2019 р. м. Київ: АС ПГП. 2019. С. 24–25. (очна участь)

57 Дзюба С.В., Лук'янов П.В., Осадчук В.Б., Хільченко А.А. Вплив просторової геометрії трубопроводу на його витратну характеристику *Промислова гідравліка та пневматика*: матеріали XIX міжнарод. наук.-техніч. конф., 21-23.10.2019 р. м. Київ: АС ПГП. 2019. С. 26 – 28. (очна участь)

58 Осадча Н.В., Дзюба С.В. Оптимізація ризиків при обранні ринків збуту в рамках здійснення торгівельних відносин. *Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (МПЗІС-2019)*: матеріали XVII міжнарод. наук.-практ. конф., 20-22.11.2019 р. м. Дніпро: ДНУ імені Олеся Гончара. 2019. С. 196 – 197. (очна участь)

59 Дзюба С.В., Коряшкіна Л.С. Обґрунтування механізму управління логістичними потоками промислових підприємств. *Потураївські читання*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., 24.01.2020 р. м. Дніпро: НТУ Дніпровська політехніка. 2020. С. 18. (очна участь)

60 Yevhen Lapshin The choice of mining development strategy based on the improved Bayes criterion / Yevhen Lapshin, Borys Blyuss, Serhii Dziuba, Larysa Tatarko // E3S Web of Conferences, Volume 168 (2020), II International Conference Essays of Mining Science and Practice, Dnipro, Ukraine, May 06, 2020, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016800053>. (заочна участь)

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК АВТОРА В РОБОТИ, ЯКІ ОПУБЛІКОВАНО У СПІВАВТОРСТВІ

У роботі [1] – розроблена методика визначення параметрів процесів в аспіраційно-знепилюючих системах збагачувальних фабрик; у роботах [2, 3, 4,

33, 34, 54] – проведено аналіз існуючих гідротехнічних систем гірничих підприємств та визначені показники надійності і ефективності технологій переробки мінеральної сировини; у [5, 7, 12, 13, 23, 25] – дослідження та моделювання процесів в багатозафазних потоках і гравійних фільтрах при веденні гірничих робіт; у [8, 30, 31, 45, 52, 53] – визначення вихідних даних для розрахунків у модельних двоетапних задачах оптимізації логістичних зв'язків; у [9 – 11, 16] – аналіз та моделювання фільтраційних процесів в пористих сипких матеріалах; у [17, 18, 20, 21] – аналіз гідротехнічних систем приведенні підземних гірничих робіт; у [22, 24, 29, 60] – аналіз і визначення раціональних показників технологій переробки мінеральної сировини з метою обґрунтованого вибору стратегій розвитку гірничих підприємств; у [26, 28, 56, 57] – визначено вплив сил тертя і просторової геометрії трубопроводів на характеристики процесів течії рідини і гідросумішей в технологіях переробки мінеральної сировини; у [32] – визначення обсягів акумулюючої здібності бункерів в технологіях конвеєрного транспорту; [37, 39, 41, 42, 46-49] – приймав участь у конференціях з доповідями.

АНОТАЦІЯ

Дзюба С.В. Розвиток наукових основ логістики в гідротехнічних системах гірничих підприємств. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка» - Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова, Дніпро, 2021.

Дисертацію присвячено розв'язанню актуальної наукової проблеми, встановлення закономірностей, які визначають параметри безнапірних режимів течії рідини та гідросуміші від властивостей середовища, що транспортується, а також фільтраційних потоків рідини в пористому сипкому матеріалі з урахуванням впливу зовнішніх факторів, які враховують процеси перерозподілу матеріально-сировинних потоків, що в свою чергу зумовлюють ефективність та узгодженість режимів роботи елементів технологій логістики в гідротехнічних системах.

Вдосконалено методи розрахунку параметрів і режимів роботи елементів технологій логістики, які враховують властивості матеріалів та середовищ, що переміщуються, характеристики технологічного устаткування, узгодженість процесів переробки та перерозподілу матеріальних потоків з метою забезпечення умов сталого розвитку промислових регіонів. Розроблені моделі елементів технологій логістики в гідротехнічних системах, які вперше враховують розподіл потоків гідросуміші і твердого матеріалу в розглянутих елементах, гранулометричний і щільнісний склад гірської маси.

Обґрунтовано методичний підхід до організації двоступеневих процесів розподілу матеріально-сировинних потоків на гірничодобувних підприємствах. Для територіально-розподілених багаторівневих компаній розроблені коректні моделі, на основі яких вирішені задачі оптимізації функціонування як окремих елементів логістики, так і системи в цілому. При цьому врахована сукупність витрат, які пов'язані з управлінням матеріальними потоками по всьому

логістичному ланцюжку, здійснюючи повний цикл виробництва від видобутку сировини з її комплексним використанням до переробки і транспортування кінцевим споживачам.

Розроблені методики розрахунку параметрів течії гідросуміші в каналі постійного і змінного перерізу, рекомендації з оцінки параметрів течії з примусовим масообміном з урахуванням процесу розділення гідросуміші. Апробовані методи оптимізації логістичних технологій на багаторівневих гірничих підприємствах, які впроваджено в практику проектно-конструкторських робіт ДП Інститут «УКРНДПРОЕКТ» та ДП «ДП «Кривбаспроект», в проектах при вдосконаленні процесів переробки гірської маси на гірничих підприємствах ТОВ «Донбасшахтопроект»; ТОВ «Южгіпроруда»; ПРАТ «Донецьксталь» – Металургійний завод. Реальний річний економічний ефект від впровадження науково-практичних розробок на гірничих підприємствах ТОВ «Шахтостроймонтаж» складає 324 тис. 700 грн.

Ключові слова: гідротехнічні системи, логістика, перерозподіл матеріальних потоків, безнапірний і напірний потік гідросуміші, фільтраційні потоки, сипкий матеріал, критична швидкість, оптимальне розбиття, двоетапна неперервна задача

АННОТАЦИЯ

Дзюба С.В. Развитие научных основ логистики в гидротехнических системах горных предприятий. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». – Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, Днепр, 2021.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной проблемы, заключающейся в установлении закономерностей, характеризующих безнапорные режимы течения гидросмеси с учетом свойств транспортируемой среды, а также фильтрационных потоков жидкости в пористом сыпучем материале с учетом влияния внешних факторов, учитывающих процессы перераспределения материально-сырьевых потоков, что обеспечивает эффективность и согласованность режимов работы элементов технологий логистики в гидротехнических системах.

Усовершенствованы методы расчета параметров и режимов работы элементов технологий логистики, которые учитывают свойства перемещаемых материалов и сред, характеристики технологического оборудования, согласованность процессов переработки и перераспределения материальных потоков с целью обеспечения условий устойчивого развития промышленных регионов. Разработанные модели элементов технологий логистики в гидротехнических системах, впервые учитывают распределения потоков гидросмеси и твердого материала в рассматриваемых элементах, гранулометрический и плотностный состав горной массы.

Обоснован методический подход к организации двухэтапных процессов распределения материально-сырьевых потоков на горнодобывающих

предприятиях. Для территориально-распределенных многоуровневых компаний разработаны корректные модели, на основе которых решены задачи оптимизации функционирования как отдельных элементов логистики, так и системы в целом. При этом учтена совокупность затрат, связанных с управлением материальными потоками по всей логистической цепочке, осуществляя полный цикл производства от добычи сырья с его комплексным использованием до переработки и транспортирования конечным потребителям.

Разработаны методики расчета параметров течения гидросмеси в канале постоянного и переменного сечения, рекомендации по оценке параметров течения с принудительным массообменом и учетом процесса разделения гидросмеси. Апробированы методы оптимизации логистических технологий на многоуровневых горных предприятиях, которые внедрены в практику проектно-конструкторских работ ГП Институт «УКРНИИПРОЕКТ» и ГП «ГПИ «Кривбасспроект», в проекты при совершенствовании процессов переработки горной массы на предприятиях ООО «Донбассшахтопроект»; ООО «Южгипроруда»; ЧАО «Донецксталь» - металлургический завод. Реальный годовой экономический эффект от внедрения научно-практических разработок на горных предприятиях ООО «Шахтостроймонтаж» составляет 324 тыс. 700 грн.

Ключевые слова: гидротехнические системы, логистика, перераспределение материальных потоков, безнапорный и напорный поток гидросмеси, фильтрационные потоки, сыпучий материал, критическая скорость, оптимальное разбиение, двухэтапная непрерывная задача

ABSTRACT

Dziuba S.V. Logistics scientific foundations development in the hydraulic systems of mining enterprises. – Manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. Specialty 05.15.09 - "Geotechnical and Mining Mechanics"- Institute of Geotechnical Mechanics named by N.S. Polyakov under the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, 2021.

The dissertation is devoted to solving an urgent scientific problem, which consists in establishing regularities characterizing non-pressure flows of liquid and slurry, taking into account the properties of the transported medium, as well as filtration flows of liquid in a porous bulk material, taking into account the influence of external factors characterizing the material flows redistribution processes, which ensures the consistency of modes work of elements of logistics technologies in hydraulic systems.

Methods for calculating the parameters and operating modes of elements of logistics technologies have been improved, which take into account the materials properties and media being transported, the characteristics of technological equipment, the consistency of the processes of processing and redistribution of material flows in order to ensure conditions for the sustainable development of industrial regions. The developed models of the elements of logistics technologies in hydraulic systems, for the first time, take into account the slurry flows distribution and solid material in the

elements under consideration, the granulometric and density composition of mineral raw materials.

The methodological approach to the organization of two-stage material flows distribution processes at mining enterprises has been substantiated. For geographically distributed multi-level companies, correct models have been developed, on the basis of which the tasks of optimizing the functioning of not individual elements of logistics, but the system as a whole, have been solved. At the same time, the totality of costs associated with the management of material flows along the entire supply chain was taken into account, carrying out a full production cycle from the extraction of raw materials with its integrated use, processing and transportation to end consumers.

Methods have been developed for calculating the slurry flow parameters in a channel of constant and variable cross-section, recommendations for assessing the parameters of a flow with forced mass transfer, taking into account the process of separating the slurry. Methods for optimization of logistics technologies at multilevel mining enterprises have been tested, which have been introduced into the practice of design and engineering work by SE Institute "UKRNIIPROEKT" and SE "GPI" Kryvbassproekt ", in the functioning technology while improving the mineral processing processes at mining enterprises" Donbasshakhtoproekt "LLC; "Yuzhgiproruda" LTD; metallurgical plant PJSC "Donetskstal". The real annual economic effect from the implementation of scientific and practical developments at the mining enterprises of LLC "Shakhtostroyontazh" is 324.700 UAH.

Keywords: hydroengineering systems, logistics, material flows redistribution, gravity and pressure flow of slurry, filtration fluid flows, porous bulk material, critical speed, optimal partition, two-stage continuous problem

Дзюба Сергій Володимирович

**Розвиток наукових основ логістики
в гідротехнічних системах гірничих підприємств**

(Автореферат)

Гарнітура Times. Друк різнографічний
Підписано до друку 06.04.2021 р.
Формат 210x148. Папір офсетний..

Тираж 100 прим. Замовлення № 153
Друк ТОВ «БАРВІКС»

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
№ 24 від 25.07.2000 р.
49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 21