УДК [622.755+662.778]:622.62
№ держреєстрації 0110U000531
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ"
(Державний ВНЗ "НГУ")

49005, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19; тел./факс (0562) 47-39-09;
телекс 143457"AGAT SU"; e-mail: Shevchsergey@gmail.com

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Проректор
з наукової роботи,
д-р техн. наук, проф.
_____ О. Бешта

"___" грудня 2011 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

(заключний)
тема ГП-438

Начальник НДЧ,
канд. техн. наук, доц. Р.О. Дичковський

Науковий керівник НДР,
д-р техн. наук, проф. П.І. Пілов

2011

Рукопис закінчено 14 грудня 2011 р.
Результати роботи розглянуто науково-технічною радою,
Протокол № 3 від 22 грудня 2011 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Штатні:

Науковий керівник д.-р техн. наук, проф	П.І. Пілов (розділи 1, 4, висновки)
Науковий співробітник	В.Ю. Шутов (розділ 1, 3,4)
Інженер І категорії	І.В. Ахметшина (розділ 1,3,4)
Провідний науковий співробітник, докт. техн. наук	Б.Є. Собко (розділ 2)
Старший науковий співробітник канд. техн. наук	В.В. Дементʼєв (розділ 4)
Старший науковий співробітник докт. техн. наук	Л.Ж. Горобець (розділ 4)
Старший науковий співробітник канд. техн. наук	В.М.Лапицький (розділ 5)
Науковий співробітник	В.В. Задорнова (розділ 2)
Старший науковий співробітник канд. техн. наук	Л.З. Гребенюк (розділ 3)
Старший науковий співробітник канд. техн. наук	Л.Г. Шукайло (розділ 4)
Молодший науковий співробітник	С.В. Савлук (розділ 3)
Молодший науковий співробітник	С.В. Геращенко (розділ 5)
Інженер І категорії	А.Ю. Мостика (розділ 3)
Інженер ІІ категорії	А.І. Калушка (розділ 3)
Інженер ІІ категорії	А.І. Зубарєв . (розділ 3)
Інженер ІІ категорії	А.Ю.Жильцов (розділ 4)

Сумісники:

Старший науковий співробітник, канд. техн. наук	Л.О. Цибулько (розділ 4)
Старший науковий співробітник, канд. техн. наук	Л.Ф. Мостіпан (розділ 4)
Старший науковий співробітник, канд. техн. наук	К.А. Левченко (розділ 4)

Нормоконтроль Л.С. Шломіна

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР: 186 с., 63 рис., 43 табл., 44 джерела, 5 додатків

Об'єкт дослідження: технології отримання нових видів палива на основі сировини техногенного походження.

Мета роботи: наукове обґрунтування і створення нових технологій та обладнання для отримання твердого палива з бурого вугілля, кам'яновугільних шламів, а також з органічної складової твердих побутових відходів (ТПВ) .

Методи досліджень – аналітичні та експериментальні.

Основні результати.

Виконаний аналіз сучасного стану проблеми отримання нових видів палива на основі сировини техногенного походження. Вивчено склад та властивості відходів вуглезбагачення . В лабораторних та напівпромислових умовах виконані дослідження зі збагачуваності відходів вуглезбагачувальних фабрик та запропоновані магнітні, магнітно-гравітаційні та магнітно-флотаційні схеми, що забезпечують отримання якісних вугільних продуктів з видаленням золи та сірки з цих відходів. Показана ефективність розроблених схем для зниження концентрацій шкідливих супутніх елементів. Розроблена класифікація технологічних схем розробки і розглянуті способи розробки й схеми розкриття сухих хвостів і мокрих шламів відходів вугілля. Розроблена методика отримання з відходів металургійного виробництва, а також кварцової сировини дешевих зв'язуючих матеріалів з використанням методів тонкодисперсного подрібнення. Розроблені нові технологічні схеми, отримані режимні та конструктивні параметри обладнання для глибокого збагачення, очищення вугільних відходів та отримання з них твердого палива.

Визначені режимні та конструктивні параметрів обладнання для когенерації твердих побутових відходів із застосуванням когенераційних установок вітчизняного виробництва .

ВУГІЛЬНІ ШЛАМИ, ЗБАГАЧЕННЯ, МАГНІТНА СЕПАРАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ, БРИКЕТУВАННЯ, ОГРУДКУВАННЯ, ТВЕРДЕ ПАЛИВО

ЗМІСТ

ВСТУП. 6

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА 8

1.1 Переробка вугільних відходів 8

1.2 Технологія виробництва вугільних брикетів 23

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ОСВОЄННЯ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ ВІДХОДІВ ВУГІЛЛЯ. 41

3 СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ГЛИБОКОГО ЗБАГАЧЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ КАМ’ЯНОВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ. 77

3.1 Дослідження якісних характеристик відходів вуглезбагачення 77

3.2 Переробка відходів вуглезбагачення 89

3.3 Визначення технологічних параметрів підготовки вихідної сировини до переробки. 105

3.4 Створення ефективних технологічних схем розробки вугільних териконів. 108

3.5 Визначення режимних та конструктивних параметрів обладнання для глибокого збагачення кам’яновугільних шламів. 110

4 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА. 111

4.1 Комплексна технологія отримання твердого палива на основі використання вугільних відходів та продуктів переробки твердих побутових відходів . . . 111

4.2 Раціональні технологічні варіанти переробки доменних шлаків для отримання зв’язуючих матеріалів. 113

4.3 Випробування струминного здрібнювання кварцової сировини для одержання високодисперсних порошків і отримання зв'язуючих матеріалів 125

4.4 Визначення режимних та конструктивних параметрів обладнання для отримання твердого синтетичного палива. 134

5 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦІЇ І СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ КОГЕНЕРАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ. 138

ВИСНОВКИ. 157

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 159

ДОДАТКИ

Патентний звіт. 164

Додаток Б Витяг з протоколу № 4 засідання кафедри ЗКК НГУ. 180

Додаток В Витяг з протоколу № 5 засідання ради секції по науковому напрямку "Прогресивні технології видобутку і переробки корисних копалин". 182

Додаток Г Акт впровадження. 184

Додаток В Рецензія. 185

ВСТУП

Робота виконується згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 22.07.09р. №686 і угоди між Міністерством освіти і науки України та Національним гірничим університетом від 18.12. 09 р. № 388.

Початок виконання – січень 2010 р.

Закінчення – грудень 2011 р.

Постійно зростаючі ціни на вугілля, рідке паливо та природний газ спричиняють постійний ріст витрат на виробництво теплової й електричної енергії. Крім того, безпосереднє пряме спалювання традиційних твердого, рідкого та газоподібного видів палива пов'язане з високим рівнем шкідливих викидів в атмосферу. Сполучення цих факторів робить актуальним завдання пошуку і розробки технологій отримання та спалювання менш дорогих і більш екологічно безпечних альтернативних видів палива. Одним з таких видів енергоносіїв є огрудковане паливо, отримання якого може здійснюватися з кам'яного та бурого вугілля різних марок, торфу, з відходів збагачення й переробки вугілля, які користуються досить обмеженим попитом на ринку у зв'язку з їхньою підвищеною вологістю та дисперсністю. Крім того, додатковим джерелом палива є тверді побутові відходи, у складі яких містяться компоненти, що можуть бути використані як енергетична сировина. Слід підкреслити, що їх використання дуже важливе на фоні зростання потреби людства в енергії та зменшенні запасів традиційних видів палива.

На сьогодні Україною споживається велика частина світових природних ресурсів, до того ж технічний рівень країни не дозволяє використовувати їх у повній мірі. Через це не змінюються значні обсяги накопичення відходів. Як і раніше, низьким залишається рівень використання відходів у якості вторинних ресурсів, а також їх знешкодження перед складуванням. Значні площі господарських земель зайняті твердими відходами.

В рамках даного проекту вирішується задача розширення сировинної бази отримання твердого синтетичного палива за рахунок залучення до переробки бурого вугілля, кам’яновугільних шламів та органічної складової твердих побутових відхо-

дів, при цьому передбачається використання новітнього технологічного обладнання, а саме: магнітних сепараторів високої напруженості магнітного поля у робочих зонах, брикетувального обладнання та шнекових установок холодного огрудкування .

Реалізація даного проекту дозволить забезпечити потреби підприємств та населення України екологічно чистим твердим паливом, яке виробляється з вітчизняної сировини. Крім того, створення когенераційної технології та обладнання для отримання біогазу з органічної складової твердих побутових відходів дозволяє вирішити одразу декілька дуже актуальних проблем, як економічних, так і соціальних. Дана технологія дозволяє зменшити обсяги відходів, що складаються та спалюються без дотримання екологічних та санітарних норм, що у свою чергу позитивно відобразиться на стані довкілля та здоров'ї населення.

По результатам досліджень складений проміжний звіт за темою у 2010 р.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

1.1 Переробка вугільних відходів

Проблеми розробки техногенних родовищ, переробки відходів та створення нових видів палива є дуже актуальними для нашої країни і всього світу. Тому цим питанням вітчизняні та закордонні дослідники приділяють багато уваги.

Так у Луганському науково-дослідному інституті «УкрНДІвуглезбагачення» були розроблені теоретичні основи утилізації шламів шламонакопичувачів. Автори роботи підкреслюють, що незважаючи на те, що на багатьох вуглезбагачувальних фабриках проводиться періодична очистка шламонакопичувачів з подальшим відвантаженням шламів, накопичення відходів вуглезбагачення все ж таки відбувається. Станом на 2005 рік у 14 діючих шламонакопичувачах знаходилось 48, 6 тис. т коксового шламу та мулів зольність 52%, а енергетичного шламу та мулу у 25 шламонакопичувачах і 47 відстійниках – 117 тис. т. Існуюча ситуація погіршує екологічні умови регіону. Тому давно вже назріла необхідність утилізації мулів із мулонакопичувачів з метою захисту навколишнього середовища та отримання додаткових енергоресурсів.

Автори проекту [1] пропонують технологію аерозольного каталізу для переробки відходів з метою доведення їх до стану нетоксичних термодінамічно стійких продуктів. Процес переробки відходів здійснюється у реакторі проточного типу. При цьому використовується проста дешева та доступна каталітична система на основі оксидів металів, наприклад заліза. В результаті переробки утворюються тверді відходи, які є екологічно безпечними і можуть бути використані у дорожньому будівництві. При переробці калорійних відходів надлишок ізотермічного тепла може бути відведений безпосередньо з зони каталізатора.

Роботи дослідників з Донецького національного технічного університету (В.С. Білецького, О.А Крутя та ін.) [2] розглядають питання утилізації вугільних шламів шляхом виготовлення водовугільного палива (ВВП).

Виготовлення водовугільного палива на основі високозольних вугільних шламів для спалювання в топках котлоагрегатів енергетичного промислового та побутового призначення вважається одним з більш доцільних шляхів застосування цих шламів.

Вугільні шлами для утилізації як котельне або пічне паливо можуть бути відібрані безпосередньо з технологічної лінії збагачувальної фабрики, а також з шламонакопичувачів у стадії заповнення, відстою або навіть законсервованих. У всіх випадках їх можна використовувати або у природному вигляді, або після відповідної переробки – часткового зневоднення, сушіння, повторного збагачення для виготовлення водовугільного палива.

Використання високозольних вугільних шламів як вихідного продукту для виготовлення водовугільного палива дає можливість відмовитися від дорогої та екологічно небезпечної операції сушіння, усуває технологічні проблеми з вологим вугільним дрібняком, знижує або навіть виключає витрати на експлуатацію діючих шламонакопичувачів та капіталовкладення на спорудження нових.

Як котельне або пічне паливо водовугільні суспензії можна застосовувати для заміни штатного палива, а також як допалювальне паливо при сумісному спалюванні з основним паливом з метою зниження собівартості електричної та теплової енергії, підвищення повноти спалювання вуглецю та зниження вмісту в атмосферних викидах твердих и шкідливих газоподібних речовин. У останньому випадку стабільність факелу підтримує основне паливо більш високого енергетичного потенціалу, і тому відпадає необхідність у високій концентрації ВВП, що сприяє зниженню його собівартості.

Основна теплотехнічна характеристика будь-якого палива – теплота спалювання, яку за рівних інших умов визначають вологість та зольність. На практиці оптимальна масова концентрація водовугільного палива ставить 62-65 %, тобто його вологість у більшості видатків перевищує вологість шламів у шламонакопичувачах. Отже, головним чинником при встановленні енергопотенціалу у цьому випадку залишається зольність. Саме вміст та вид мінеральних домішок у вихідному продукті і зумовлюють основні характеристики ВВП.

Виникнувши у 60-х роках минулого сторіччя як засіб підвищення ефективності гідравлічного транспортування вугілля на великі відстані, технологія водовугільного палива набуває в подальшому самостійного значення як альтернатива нафтопродуктам та природному газу у період паливної кризи 70-х років. Лідерами в розробці наукових основ і технічних рішень щодо технології ВВП стають провідні фірми США, Італії, Франції, Німеччини, Швеції. З метою створення власної бази енергоносіїв, яка буде незалежною від закордонних енергопостачальників, в цьому напрямку активно працюють дослідники та промисловці Японії та Китаю.

В Україні даними питаннями серйозно займаються зокрема Донецьке відділення науково-виробничого об'єднання «Гідротрубопровід» (зараз АТЗТ НВО «Хаймек»), інститути НАН України ІКХіХВ та ІНФОУ.

Розвиток дослідних робіт з технології водовугільного палива визначив два основних напрямки його використання та відповідно до цього вимоги до якісних характеристик.

Найбільш жорсткі вимоги пред'являють до ВВП у разі його використання як основного штатного палива замість природного газу та мазуту. Вихідним продуктом такого палива має бути вугільний концентрат або вугілля з низькою зольністю, що забезпечуватиме його задовільні теплотехнічні характеристики. Високі реологічні та седиментаційні характеристики дають можливість транспортування водовугільного палива по трубах з найменшими втратами енергії та зберігання його у закритих ємкостях на протязі тривалого часу.

Водовугільне паливо, яке призначене для часткової заміни штатного палива або як допалювальне паливо, може бути виготовлене з вугілля більш високого вмісту мінеральних домішок, у тому числі з високозольних вугільних шламів. У разі, коли термінал виготовлення ВВП розміщено у безпосередній близькості від споживача і за відсутністю необхідності тривалого зберігання, вимоги до реологічних та седиментаційних характеристик можуть бути суттєво знижені.

Вирішення проблеми утилізації високозольних вугільних шламів у вигляді водовугільного палива, призначеного для використання як у великій, так и малій теплоенергетиці, вимагає не тільки наукового обґрунтування економічної доцільності, а

й розробки технічних рішень щодо технічної можливості реалізації цієї технології у всіх аспектах від виготовлення до спалювання.

Технологія виготовлення ВВС загалом включає такі операції:

- подрібнення вихідного вугілля до крупності 3-6 мм;
- мокрий помел у присутності необхідної кількості води з розчиненими у ній хімічними домішками – пластифікаторами;
- гомогенізацію з метою створення квазігомогенної дисперсії дрібнорозмеленого вугілля у воді;
- транспортування по внутрішньоцехових гідротранспортних системах до топок котлоагрегатів, місць зберігання або транспортування на великі відстані по магістральним трубопроводам.

Досвід світової практики та результати вітчизняних досліджень свідчать про те, що на сьогодні найбільш раціональним шляхом утилізації відходів збагачення вугілля, виходячи з необхідності пошуку додаткових енергоносіїв та екологічних міркувань, є спалювання їх як допалювального палива у вигляді водовугільних суспензій разом з штатним паливом більш високої реактивності та енергетичного потенціалу.

Як світовий досвід, так і дослідження вітчизняних фахівців свідчать про високу ефективність як для великих електростанцій, та і стосовно умов невеликих ТЕЦ, використання водовугільного палива, яке виготовлене на основі високозольних відходів збагачення як допалювального палива з метою підвищення теплоти спалення органічної маси та зниження утворення оксидів азоту.

У роботі Ю.Л. Папушина та Є.В. Рябушечка (Донецький національний технічний університет) на прикладі досліджені мулонакопичувача Ясинівського КХЗ було вивчено можливості використання відходів вуглезбагачення для енергетичних цілей після додаткової їх переробки [3].

Автори підкреслюють, що існуюча практика вилучення і переробки відходів флотації зводиться у більшості випадків до найпростішої операції – мокрої класифікації вихідного шламу до крупності 0,125-0,2 мм та використанні надситного продукту після природної сушки. При цьому мулисту фракцію як правило скидають у

розробляємий мулонакопичувач. Подібний підхід призводить до втрат горючої фракції з тонкими частинками, та ще й знижує ефективність подальшої розробки даного мулонакопичувача.

Автори пропонують технологію переробки шламів Ясинівського КХЗ, яка розроблена на основі системного вивчення гранулометричного складу та властивостей шламів по всій площі мулонакопичувача та з використанням методів фізичного та математичного моделювання процесу переробки.

Запропонована технологія основана на методах гравітаційного збагачення і реалізується таким ланцюгом збагачувальних апаратів:

- землесосний снаряд;
- скрубер-бутара;
- батарея гідроциклонів;
- блок гвинтових сепараторів;
- осадкова центрифуга.

З метою створення сприятливих умов для подальшої рекультивації мулонакопичувача, що відпрацьовується, в технологічній схемі необхідна також операція глибокого обезводнення дрібних класів вугілля та відходів процесу переробки, наприклад, на прес-фільтрах. Це дозволить реалізувати складування обезводнених високозольних відходів у порідних відвалах.

Співробітниками ДП «Укрніівуглезбагачення» проведена робота по систематизації даних по поляганню і перспективам розвитку вуглезбагачення в Україні за станом на 2007 рік [4]. У процесі роботи було досліджено 53 вуглезбагачувальних фабрики загальною продуктивністю 135 млн.т по переробці рядового вугілля. З них:

- 18 фабрик державного підпорядкування;
- 35 фабрик орендних;
- 2 фабрики хіміко-металургійного об'єднання «Урккокс».

Фабрики спеціалізовані по марках і призначенню сировини, що переробляється, і відповідно розрізняються за технологією збагачення. Ці фабрики здійснюють:

- збагачення вугілля, як коксівноо так і енергетичного, усіх класів крупності;

- збагачення енергетичного вугілля і антрациту крупністю більше 0,5 мм (високозольний клас 0-0,5 мм скидають без збагачення);

- збагачення енергетичного вугілля і антрациту крупністю більше 6 мм або 23 мм.

Основні методи збагачення:

- відсадка 65,4 %;

- сепарація у важких середовищах 22,0 %;

- флотація 10,8 %;

- гідроциклони 0,8 %;

- гвинтові сепаратори застосовуються для повторного збагачення грубозернистого шламу і відходів флотації .

У 2008 році інститутом ГП «Укрндівуглезбагачення» за завданням Міністерства вугільної промисловості України були проведені роботи з розробки технології для додаткового вилучення палива з рідких відходів вуглезбагачення, що містяться в шламових відстійниках і мулонакопичувачах. На підставі синтезу технологічних операцій збагачувальних фабрик, що діють, інститутом розроблена технологічна схема збагачувальної установки з переробки відходів мулонакопичувачів – технологічний комплекс КПШ-100 продуктивністю 100 т/год (350 тис. т на рік). Ця схема включає 13 технологічних операцій.

При зольності сировини 44-69% установка забезпечує вихід товарної продукції 29 %, отримання концентрату із зольністю 25 % та вологістю 15 %. При цьому зольність відходів складає 71 %. Відходи придатні для складування у відвал разом з крупною породою.

Комплексна робота, присвячена отриманню водовугільного палива на основі твердих відходів та стічних вод коксохімічного виробництва виконана співробітниками Дніпропетровського ЗАО «АНА-ТЕМС», Черновицького національного університету, та інституту колоїдної хімії і води НАН України (м. Київ) [5].

Автори вказують, що дефіцит як енергетичного так і коксівного вугілля, заставляє звернути увагу на вугільну сировину, яка складується у мулонакопичувачах у вигляді шламів і хвостів флотації.

Згідно приведеним статті даним на 2008 рік в Україні функціонує 64 вуглезбагачувальних фабрики з мокрим процесом збагачення. Їх робота супроводжується виводом з технологічного циклу і розміщенням на місцевості шламових вод, що містять від 80 до150 г/л твердих вугільних і порідних часток.

На фабриках з неповним циклом шлами мають зольність нижче 35-45 % і входять в баланс товарних продуктів. Їх обробка, як правило, передбачає осадження в зовнішніх відстійниках, виїмку, повітряне просушування на дренажних майданчиках і відвантаження теплоелектростанціям сезонно окрім зимового періоду.

Відходи флотації і високозольні фугати, що містять 50-199 г/л твердого, прямують гідротранспортом або самоскидами в мулонакопичувачі. Запаси вугільних шламів в Україні складають більше 100 млн. т, під шламові відстійники зайнято більше 500 га земель, під мулонакопичувачі більше 2500 га.

Проблема надмірного накопичення всіляких відходів промисловості і необхідність їх утилізації останніми роками стає усе більш актуальною для України. Відходи вуглевидобування в основному придатні для земляних будівельних робіт (зворотна засипка, планування території, зведення насипів). Відходи 35 вуглезбагачувальних фабрик було рекомендовано як основна сировина для виробництва стінних матеріалів, аглопоритового щебеню і піску, цеглини, дренажних труб. Але і досі слабо вивчена можливість їх використання в паливній і коксохімічній промисловості для здобуття вторинних енергоносіїв.

Перспективним є використання стічних вод для здобуття високонцентрованих шламовугільних суспензій на основі шламів вуглезбагачувальних фабрик і твердих відходів коксохімічного виробництва.

Можливість вживання промислових стічних вод для здобуття водовугільних суспензій були вивчені на базі відходів Ясиновського коксохімічного заводу. Як дисперсійне середовище була вибрана стічна вода Ясиновського коксохімічного виробництва,яка пройшла попереднє очищення. Як пластифікатор застосовувався лі-

гносульфанат натрію (сіль лигносульфонової кислоти) спільно з лугом NaOH. Помел проводили в кульовому млині до крупності менше 250 мкм.

Висококонцентровані шламовугільні суспензії створюються як паливо для енергогенеруючих підприємств, тому головною вимогою до отримуваних систем є їх згорання з достатнім тепловим ефектом і повнотою вигорання паливної складової. Калориметричним методом визначені теплові ефекти спалювання зразків вихідного шламу, шламовугільних суспензій на водопровідній і стічній воді Ясиновського коксохімічного виробництва з концентрацією твердої фази 63 і 65 %.

Отримані дані показали, що при спалювання шламів коксохімічного виробництва у вигляді шламовугільних суспензій тепловий ефект при перерахунку на сухе паливо збільшується. Мабуть цей ефект досягається за рахунок повнішого вигорання паливної складової. Крім того, вода може активізувати процес горіння. При спалюванні суспензій на основі стічних вод тепловий ефект дещо більше, що обумовлене згоранням органічних домішок.

Проведені дослідження показали доцільність здобуття і вживання як палива висококонцентрованих шламовугільних суспензій на основі шламів стічних вод Ясиновського коксохімічного підприємства. Багато робіт у теперішній час проводиться з отримання нових видів палива на основі вугільних продуктів, їх відходів та зв' язуючих компонентів.

Донбас є одним з основних вугільних регіонів, де добувається до 80% кам'яного вугілля України. Вугілля використовується як енергетичне паливо або є вихідною сировиною для одержання коксу. Однак, донецьке вугілля - це високозольне (до 40 % у рядовому вугіллі) паливо, а у органічних сполуках великий вміст піритної сірки (4-10 %). Тому, перед використанням у технологічних процесах рядове вугілля повинно пройти попередню стадію збагачення на збагачувальних фабриках. Після збагачення вугілля залишаються відходи - вугільні шлами, які накопичуються у відстійниках, не знаходять широкого практичного застосування і є постійним джерелом забруднення навколишнього середовища.

На сьогодні в 56 відстійниках збагачувальних фабрик України перебуває 160 млн. т. забалансових вугільних шламів або відходів флотації. Вони можуть бути

додатковим джерелом енергоносіїв. Зольність такої гірничої маси у відвалах коливається в межах 30-70 %, а вміст органічного залишку становить 30-50 %. Однак використовувані технології по вилученню із забалансових продуктів вуглевмісної паливної складової не дозволяють це зробити повною мірою. Тому, в умовах дефіциту енергоресурсів актуальним є проведення в масштабах вугільної галузі цільових науково-дослідних робіт зі створення нових технологій, що скорочують до мінімуму втрати вугільної речовини з відходами, а також залученню в теплоенергетичне використання забалансових продуктів – відходів флотації й вуглезбагачення, що дозволить істотно знизити матеріальні витрати на виробництво однієї одиниці продукції.

На сучасному етапі розвитку економіки України все більша увага привертається до питань раціонального використання природних ресурсів й охорони навколишнього середовища від забруднення. Це диктується прагненням промислових підприємств підвищити ефективність виробництва продукції й знизити або повністю усунути негативний вплив на природне середовище.

Державна важливість вивчення відходів визначена законами України «Про відходи» й «Про охорону навколишнього середовища», Указом президента України «Про геологічне вивчення й порядок використання техногенних родовищ корисних копалин України», що відповідають постановам Кабінету Міністрів. У Северодонецькому хіміко-металургійному комбінаті встановлено, що підшихтовка збагачених германієм зол донецького вугілля до германієносних аргиллітів технічно можлива й доцільна (вилучення елемента становить 50-60% від ресурсів у вугіллі). Рентабельність може бути підвищена за рахунок розширення переліку елементів, що можливо вилучати і технологічно пов'язаних з германієм. Такі результати по комплексному вилученню із золи вугілля германія, галію, молібдену, свинцю, цинку отримані на стендових установках в Інституті горючих копалин і Державному інституті рідких металів (Москва). Однак, якщо в середині 80-х років загальний обсяг використання відходів становив 170 -190 млн. т. і це були переважно гірничопромислові відходи (розкривні породи, шлами вуглезбагачення й інших корисних копалин), то протягом 90-х років по сьогоднішній день спостерігається стійка тенденція до зниження обся-

гів використання відходів щорічно в середньому на 20% у порівнянні з попереднім роком. А тим часом породи териконів вугільних шахт, шлами, які накопичуються в шламосховищах мають безліч цікавих і корисних властивостей, які повинні бути використані в промисловості.

Звісно, що багато хімічних елементів мають властивості накопичуватися у вугільній речовині. У результаті збагачення вугілля в шламосховищах збагачувальних фабрик накопичуються коштовні компоненти у таких концентраціях, що можливо їх подальше промислове використання. З метою оцінки вмістів рудних елементів у шламах, установлення закономірностей їхнього геохімічного розподілу в шламонакопичувачі, можливості попутного вилучення коштовних компонентів й утилізації шламів були відібрані проби вугільного шламу ЦЗФ «Чумаківська». Фабрика збагачує коксівне вугілля шахти «Червоноармійська Західна», зольність вхідної сировини у середньому 39%, а на виході збагачений концентрат має зольність 8,5-9,5%. Габаритні розміри відстійника 110х27х3,3м. У нього по залізобетонному жолобі надходять шлами, що включають різні проміжні й кінцеві продукти збагачення. Зольність шламів складає 70-78%.

На початку роботи була складена масштабна карта-схема відбору проб. Подальша оцінка можливості промислового використання шламів ЦЗФ «Чумаківська» проводилася відповідно до нормативів 1996 р. Нормативи являють собою “мінімальний вміст елементу, що визначає можливу промислову значимість товарного енергетичного вугілля” [6] (далі мінімальний промисловий вміст). Отримані дані говорять про те, що вугільні шлами ЦЗФ «Чумаківська» містять практично всі рудні хімічні елементи. З них можна виділити: коштовні й потенційно коштовні (свинець, цинк, молібден, ванадій, германій, галій, хром, нікель); токсичні й потенційно токсичні (миш'як, свинець, берилій, ванадій, хром, нікель, марганець); технологічно шкідливі (миш'як); технологічно корисні (молібден, нікель, кобальт, цинк), в основному при конверсії шламів у рідке паливо.

Значні перевищення середніх значень вмісту елементів в осадових породах і вугіллях зафіксовані для елементів I-III класу небезпеки: Sb, Pb, V, Cd, Zn, Mo, Li (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Середній вміст мікроелементів

Елемент, г/т	В осадових породах	У вугіллях (по Юдовичу)	Мінімальний промисловий вміст	У шламах ЦЗФ «Чумаківська»
1	2	3	4	5
Сурма	1,5	1±0,11	30	26-34
Свинець	17,5	9±0,9	240	20-100
Кадмій	0,25	0,2±0,05	1	10
Ванадій	110	29±1	100	300
Цинк	79	29±2	400	10-100
Молібден	2,1	2,2±0,15	1000	3
Літій	55	14±1	35	10-110

Наочно видно, що вміст елементів-домішок у шламах ЦЗФ «Чумаківська» на багато вище вмісту цих елементів у вугіллях (Sb - в 30 разів, Pb - 10 у раз, Cd - в 40 разів, V- в 10 разів, Zn- в 3 рази, Mo- в 1,5 рази, Li- в 7 разів) і в осадових породах (Sb - в 20 разів, Pb - 5 у раз, Cd - в 40 разів, V- в 3 рази, Zn- в 1,25 рази, Mo- в 1,5 рази, Li- в 2 рази,). Це пояснюється тим, що вугільна органічна речовина здійснює бар'єрну функцію, захоплюючи елементи-домішки. Вони також можуть концентруватися в аутогенних мінералах вугілля: сульфідах, карбонатах, силікатах, фосфатах. У підсумку будь-яка добавка аутогенних генетичних фракцій елементів-домішок до кластогенної неорганічної речовини вугілля збагачує його золу в порівнянні з породами. Ті елементи, які показують таке збагачення, іменують вуглефільними. Характеристика вуглефільних елементів:

1) чим вище вуглефільність даного елемента, тим сильніше він концентрується у золі вугілля;

2) вуглефільні елементи збагачують золи менш зольних вугіль й їхніх малозольних фракцій.

Наявні в підвищеному вмісті у шламах ЦЗФ «Чумаківська» елементи можна вибудувати в наступний ряд за вуглефільністю: молібден (коефіцієнт вуглефільності - 7), сурма й кадмій (5), свинець (2,7), цинк (1,8), ванадій (1,4) і літій (1,3).

Питання зв'язку вмісту елементів-домішок із зольністю вугілля завжди було у центрі уваги. Такий зв'язок має свої закономірності, хоча вони й складні: вміст домішок із зростанням зольності зростає у вугіллі, але чітко убуває в золі вугілля.

Зв'язок зміст елементів-домішок з петрографічним складом вугіль:

1) більшість вуглефільних елементів присвячено до групи вітриніту;

2) фюзен звичайно має самі малі вмісти елементів-домішок;

3) ліпоідні бітумінозні компоненти вугілля, як правило дуже бідні елементами-домішками, але іноді можуть містити Li й V;

4) більшість елементів-сульфофилів (Zn, Cd, Pb, Sb) часто присутні в складі аутигених сульфідних мінералів і мікроелементів;

5) інші елементи-домішки у вугіллі у основному входять до складу теригенних мінеральних домішок, найчастіше глинистих мінералів.

Вугільні шари мають зони збагачення рідкими елементами поблизу ґрунту, покрівлі й внутріпластових породних прослоїв. У цих зонах вміст елементів може на 1-2 порядку перевищувати ті, що спостерігаються у центральних пачках шару. Малопотужні шари завжди богатіші, ніж потужні.

Порівняльну оцінку шламів ЦЗФ «Чумаківська» й їхня типовість для донецького регіону проводили за допомогою порівняння значень вмісту елементів у шламонакопичувачі із середніми показниками по області (табл. 1.2).

Аналізуючи дану таблицю, можна сказати, що хоча вугілля ВО «Червоноармійськвугілля» є типовим для донецького вугілля (відхилення середніх значень вмісту елементів не великий, крім Zn), кількісний склад шламів ЦЗФ «Чумаківська». різко відрізняється від шламів інших донецьких збагачувальних фабрик. І якщо на ЦЗФ «Чумаківська». тільки Cd (в 10 разів), V (в 3 рази), Li (до 3 разів, в окремих пробах) і Sb (1,3 рази, в окремих пробах) перевищують мінімальний промисловий вміст, то не виключено, що на інших збагачувальних фабриках промислово важливими можуть виявитися й інші елементи-домішки. Такі елементи можуть розглядатися як коштовні й вилучатися попутно з вугіллями. Так як вміст кадмію, ванадію, літію й сурми досягають промислових концентрацій, необхідно більш детально вивчати розподіл цих елементів у вугіллях

Таблиця 1.2 - Вміст елементів у шламах ЦЗФ «Чумаківська» для донецького вугілля

Еле мент	Мінімальний промисловий вміст, г/т	Вміст елементів у донець-ких вугіл-лях	Вміст елементів у вугіллях ПО «Червоноармійськвугілля»	Вміст елементів у шламах донецьких ЗФ	Вміст еле-ментів у ш мах ЦЗФ «Чумаківс
1	2	3	4	5	6
Сурма	30	-	-	-	26-34
Свинець	240	14	13,2	28	20-100
Кадмій	1	-	-	-	10
Ванадій	100	35	41	80	300
Цинк	400	32	55	210	10-100
Молібден	1000	1,54	1,6	1,9	3
Літій	35	35	34,4	76	10-100

Вугільний кларк літію становить 14±1 г/т, а відповідно до нормативів, вміст Li усього утроє вище кларкових вже може становити промисловий інтерес. У нашому випадку досягається 8-кратне перевищення. Літій – помірковано вуглефільний елемент, який зв'язаний в основному із кластогенною золою, що й часто спостерігається тісна позитивна кореляція його з величиною зольності вугілля. Кадмій є геохімічним аналогом цинку, однак він більш вуглефільний. Форми знаходження кадмію вивчені слабко, але можна думати, що домінує сульфідна форма. Ванадій у вугіллях тяжіє до вітренів і взагалі до гелефікованих компонентів. Разом з тим по окремим родовищам і вугільним басейнам виявляється сильна дисперсія вмісту V, що пов'язане з нерівномірним розподілом петрофонду – порід основного складу.

Найважливішим екологічним завданням для Донецької області є зменшення кількості накопичених відходів, що можливо за рахунок скорочення їхнього утворення й збільшення ступеня використання. Рівень використання відходів вуглезбагачення вкрай низький (наприклад, підсипання дамб шламонакопичувачів). В остан-

ні роки помітний підйом утилізації шламів пов'язаний з пожвавленням будівельного й дорожньо-будівельного виробництва. Сформована на даний час ситуація в сфері обігу з відходами у Донецькій області несприятлива в екологічному плані. Таким чином, основним завданням у цій сфері є створення необхідних потужностей по утилізації й знешкодженню небезпечних відходів, а також систем екологічно безпечного їхнього видалення. Створення технологій попутного вилучення з вугілля коштовних компонентів і підвищення ефективності використання твердих відходів видобутку й переробки вугілля можливо вирішить проблему відходів вугільної промисловості і вуглезбагачення зокрема. Більша частина проектів за поновлюваними і нетрадиційними джерелами енергії в Україні, на жаль, розрахована на далеку перспективу. У практичному ж плані, якщо орієнтуватися на найближче майбутнє, потрібно визначити роль і місце вугільного палива. Для України це може бути колосальним додатковим енергоресурсом. Однак екологічні обмеження (особливо після ратифікації Кіотського протоколу) вимагають розробки й впровадження нових екологічно чистих вугільних технологій, що забезпечують повноту використання палива при максимально низькому шкідливому навантаженні на навколишнє середовище. Для вугільної енергетики принципово важливий перехід від прямого спалювання вугілля в топкових пристроях до готування з вугіль різних якостей, у тому числі й з відходів вуглезбагачення, водовугільного палива. Перспективним напрямком є використання як добрива відходів збагачення, окисленого вугілля, а також некондиційного дріб'язку енергетичного вугілля, яке активізоване мікроорганізмами. Економічний ефект від застосування добрив такого типу досить великий. Використання вуглевідходів у будівництві земляного полотну автомобільних доріг, дамб, шламонакопичувачів також є досить ефективним, оскільки не потрібно попередньої підготовки відходів, а обсяги матеріалу, що укладаються, значні. Інший напрямок застосування промислових відходів - виробництво будматеріалів (цегли, шлакоблоку й ін.).

На прикладі ВАТ «Північсталь» можна повертати у виробництво низкозольні вугільні шлами не тільки поточного виходу, але й які складуються у шламонакопичувачах. Технологія утилізації відходів припускає їхнє збагачення до параметрів

енергетичного товарного вугілля, що використовується металургійним комбінатом для вироблення власної електроенергії. Собівартість одержуваного в такий спосіб палива, вихід якого складе більше 50%, в 2,5 рази нижче витрат на придбання товарного вугілля з урахуванням його транспортування. При відпрацьовуванні деяких ділянок шламонакопичувачів можливе одержання концентратів для коксування. Зольна частина, яка залишилася після переробки відходів може бути використана у виробництві керамічної цегли. Крім цього, використання власних вилучених вугільних концентратів як палива для ТЕЦ дозволяє на 10-15% зменшити викид в атмосферу оксидів азоту (1100 т на рік). Технологія по переробці вугільних шламів дасть можливість переробляти до 0,6 млн т раніше покладених шламів щорічно, дозволить зменшити приріст складування відходів на 8 тис. т у рік, у результаті чого буде знижене навантаження на навколишнє середовище.

Переробка відходів у чорній металургії - одне із самих актуальних завдань. Економічна й екологічна доцільність підвищення рівня утилізації відходів загальновідома. Залучення в господарський оберт відходів дозволить скоротити обсяги видобутку сировини, і, отже, капітальні вкладення на це. Витрати на організацію виробництва по переробці вторинної сировини в 2-3 рази нижче, ніж на будівництво підприємств по видобутку первинної сировини.

Металургійні шлаки, відходи вуглезбагачення й теплових електростанцій підвищують якість цегли й цементу. Істотно зростають їхня міцність, морозостійкість й, отже, довговічність споруджень , що будуються.

У господарський оберт залучаєтьсяться тільки 1/10 частина золошлакових відходів, менш 4% відходів вуглезбагачення й фосфогипсу, 1/5 частина шлаків кольорової металургії. Разом з тим промисловість будматеріалів і будівельна індустрія видобувають і споживають щорічно близько 3,5 млрд. т нерудної сировини, більша частина якої може бути замінена відходами. Замість економії матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів народне господарство зазнає величезних втрат і прямих збитків, які пов'язані зі складуванням відходів. На металургійних виробництвах, теплових електростанціях, агломераційних і вуглезбагачувальних фабриках у ході більш ніж піввікової давнини застосовуються застарілі технології. Вони орієн-

товані не на утилізацію, а на скидання відходів у відвали. Під відвалами зайняті сотні тисяч гектарів сільськогосподарських угідь, пилоподібні й токсичні компоненти відходів забруднюють навколишнє середовище.

Вихід зі сформованої ситуації один: при будівництві нових, реконструкції й технічному переозброєнні гірничорудних і переробних підприємств переходити на маловідходні й безвідхідні технологічні процеси. Досвід організації таких виробництв є.

З 1973 р. домений цех Маріупільського металургійного заводу ім. Ілліча працює без шлакових відвалів. Свіжі шлаки проходять грануляцію, а старі поклади переробляються на щебені. Будівельна індустрія одержує від підприємства щорічно майже 2 млн. т гранульованих шлаків, більше 2 млн. т щебеню.

1.2 Технологія виробництва вугільних брикетів

Слід зазначити, що вугільні брикети з кам'яного вугілля виготовляються на сучасному устаткуванні, за спеціальною технологією, що дозволяє домогтися високої якості й екологічної чистоти продукту. Основними перевагами вугільно-паливного брикету є збільшена у три рази тривалість горіння, у порівнянні зі звичайним вугіллям; відсутність домішок, мінімальний вміст золи та зручний розмір (діаметр-30мм).

Вугільно-паливні брикети це більше високотехнологічне паливо стосовно звичайного вугілля, вони не містять у собі ніяких шкідливих речовин, у т.ч. клеїв і забезпечують виняткову екологічну безпеку при використанні. Вугільний паливний брикет – екологічно чистий продукт і горить практично бездимно, він є ідеальним паливом для використання в житлових приміщеннях. Основні переваги вугільних брикетів – це їхнє тривале горіння та сталість температури при згорянні. Калорійність (теплотворність) вугільних брикетів складає 5500-8000 Ккал/кг

Дане паливо рекомендується до застосування в металургійній, хімічній, харчовій промисловості, а також у побуті.

Технологічна лінія з виробництва таких брикетів складається з трьох основних агрегатів - дробарки сировини, сушарки, брикетувальника. При виробництві вугільних брикетів потрібно використовувати пічь карбонізації.

Технологія виробництва передбачає наступне

1. Сировина повинна дробитися до необхідного розміру на дробарці.

2. Роздрібнена сировина сушиться в сушарці, залежно від вологості.

3. Суха здрібнена сировина екструзується брикетувальниками і приймає кінцеву форму.

4. Брикети карбонізуються у пічі .

Сушарка самостійно розвантажує сировину, її продуктивність дорівнює чотирьом брикетувальникам. Брикетувальники автоматично регулюють температуру і можуть змінювати щільність брикетів.

Рисунок 1.1 – Автоматична лінія продуктивністю 1500 тонн на рік

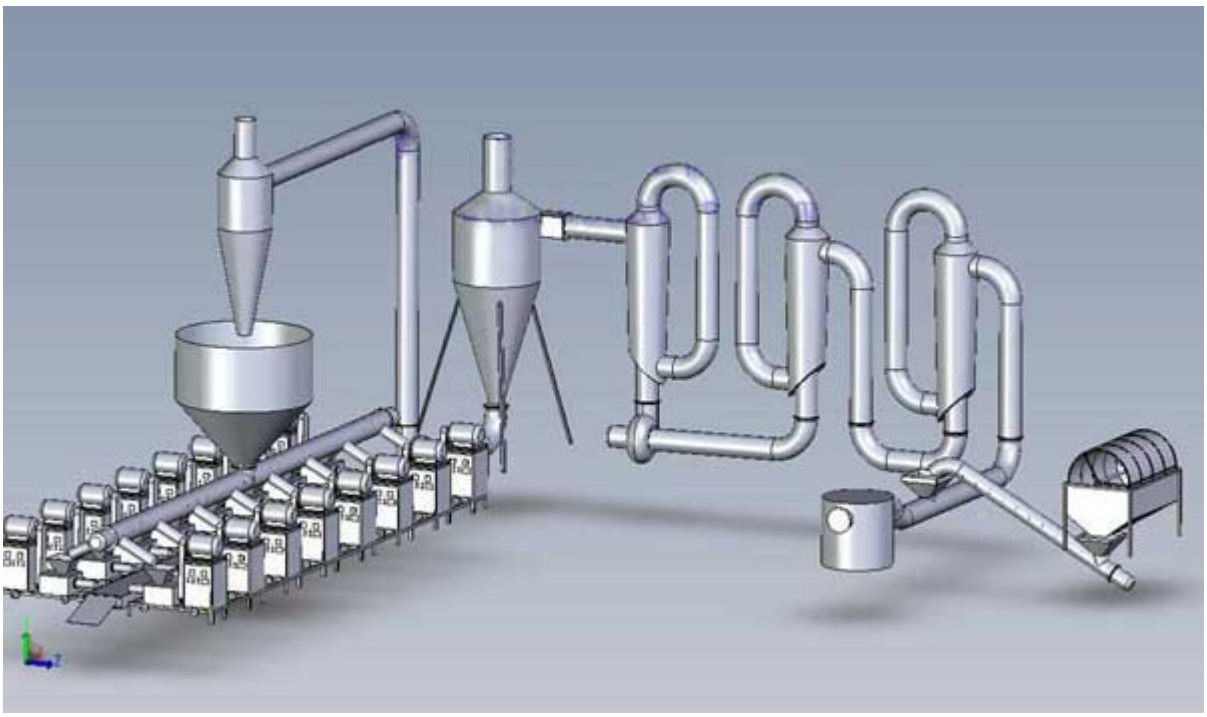


Рисунок 1.2 – Схема розташування автоматичної лінії паливних брикетів

До складу технологічної лінії також входять подрібнювач сировини, ремінний транспортер, вібросито, автоматичні живильники, пічь для сушарки, пічь для повітряного потоку, вентилятори, циклонний сепаратор.

Рисунок 1.3 – Подрібнювач сировини

Подрібнювач сировини використається для дроблення вихідної сировини до необхідних розмірів. У технологічній лінії сушарка (рис.1.4) використається для висушування здрібненого матеріалу для наступного брикетування

Рисунок 1.4 - Сушарка

Сушарка має змієподібну форму. Перед сушаркою розташована камера зі шнековим живильником. У змієподібній трубі матеріал під дією гарячого повітря висушується й переміщається. Наприкінці сушарки розташований циклонний сепаратор, що розділяє матеріал за розмірами. Нижче наведені технічні характеристики декількох сушарок.

Таблиця 1.3 –Технічні характеристики сушарок

Модель	SJ-1	SJ-2	SJ-3
Потужність (кВт)	3	5.5	11
Камери (шт)	2-3	2-3	2-3
Продуктивність (т/год) з 45% вологи до 15%	0. 3-0.4	0. 6-0.8	1-1.2
Спосіб нагрівання	Вугілля або органіка	Вугілля або органіка	Вугілля або органіка
Площа,$м^2$	50	50	50-60
Маса (тонн)	1.2	1.8	2.5

Рисунок 1.5 – Брикетувальники

Брикетувальник призначений для видавлювання (екструзування) брикетів із підготовленої вихідної сировини. Отриманий брикет потребує карбонізування в печі коксування.

Рисунок 1.6 – Шнек і форма брикетувальника

Нижче наведені технічні характеристики брикетувальників (табл.1.4)

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики брикетувальників

Продуктивність	>100 кг/час	>140 кг/час
Потужність двигуна	11 квт	11 квт
Потужність нагрівання	4,5 кВт	4,5 кВт
Розмір брикетів	Ф50 Х 15 мм	Ф55 Х 15 мм

Піч карбонізації використається для коксування паливних брикетів після їх формування.

Треба зауважити ,що виробництво брикетів може бути не тільки з вугілля , але і з коксу та торфу. На рис. 1.7 показані різні види брикетів, що виробляються промисловими установками.

Кулькові вугільні брикети

Стільникові вугільні брикети

Рисунок 1.7 - Види вугільних брикетів

Устаткування для виробництва брикетів з вугілля може також використовуватися для пресування різного здрібненого матеріалу (вугілля, кокс, торф) у невеликі брикети у формі кульок (подушечки) або стільники високої щільності. Є варіанти устаткування для пресування більш твердої сировини (магнезит, боксит, доломіт, залізо та інш.), брикети яких використаються в металургійній, хімічній, вогнетривкій і т.і. галузях.

Є брикетувальники для виробництва як "кульових" брикетів, так і стільникових вугільних брикетів:

Паливні брикети (вугілля, кокс)	Рудні брикети	Поверхня вальців, що пресують

Рисунок 1.8 – Загальний вигляд вальців для пресування та брикетів

Рисунок 1.9 – Принцип дії вальцового пресу

При виробництві брикетів з вугілля сировина завантажується у завантажувальний бункер, унизу якого перебувають рифлені вальці. Гвинтовий передпресувальник примусово подає сировину на ці вальці, які пресують брикети. Форма брикетів регулюється у двох напрямках - радіально та аксіально. Система передачі повністю закрита. Гідравлічний накопичувач енергії охороняє систему від перенавантаження. Устаткування просте і зручне у експлуатації й обслуговуванні. у табл.1.5 наведені основні моделі і параметри ліній для виготовлення брикетів .

Таблиця 1.5 - Основні моделі і параметри ліній для виготовлення брикетів

Модель	Розмір брикетів	Потуж-ність,кВт	Продуктивність, тонн/год	Габарити ,мм
YQJ300	D 20x10 - 60x30	4	3-4	2400*600*1200
YQJ350	D 20x10 - 60x30	5	6	2200*1100*1150
YQJ400	D 25x12 - 60x30	7.5	6-8	3300*1350*1400
YQJ500	D 25x12 - 70x50	11	13-15	3500*1500*1650

Також у технологічну лінію включені змішувач і дробарка. Використовуються також мініустановки (рис.1.10) для виробництва різних видів вугільних брикетів.

Рисунок 1.10 – Мініустановка для виробництва стільникових вугільних брикетів

У табл. 1.6 наведені характеристики технологічних ліній для виробництва брикетів.

Таблиця 1.6- Характеристики високопродуктивних ліній для виробництва брикетів

Модель	YQJ-4	YQJ-6	YQJ-8	YQJ-10	YQJ-15	YQJ-20	YQJ-30
Продуктивність, т/год	4	6	8	10	15	20	30
Ширина ролеру, мм	240	250	280	300	336	400	500
Діаметр ролеру, мм	360	400	450	550	650	750	850
Потужність, кВт	7,5-15	11-18,5	15-22	18,5-30	30-45	55-75	75-90
Матеріал ролерів	65Mn	65Mn	65Mn	65Mn	65Mn	65Mn	65Mn
Форма й розмір брикету	по узг.	по узг.	по узг..	по узг.	по узг.	по узг.	по узг.
Швидкість оберт. валу, об/хв	18	15	15	13	13	13	10

На рис. 1.11 показана установка, яка призначена для одержання вугільних брикетів без сполучних добавок і може застосовуватися для переробки відходів вугільного виробництва, перетворення некондиційних по фракціям крупності вугільної сировини в придатне вугільне паливо нової якості з необхідними характеристиками за рахунок шихтування й наступного брикетування.

Рисунок 1.11 - Установка для одержання брикетів

Рішення екологічних проблем у регіонах вуглевидобутку можливо за рахунок переробки вугільних відходів у місцях її накопичення (вугільні розрізи й шахти, транспортні вузли, склади вугільного палива). Брикетування вугілля відбувається без додавання в'яжучого, і брикети, що випускаються, зберігаються дуже довго, вологостійкі, горіння відбувається без сторонніх заходів. Установка автоматично керується програмувальним логічним мікроконтролером, що підтримує точну ідентичність виготовлення якісних брикетів. Мікроконтролер оптимізує споживану потужність установки за рахунок точного керування, що запобігає перевантаження і зношування механічних вузлів агрегату.

Максимальна споживана потужність - 5 квт/годину. Максимальна продуктивність - 8-12 тонн на добу. Використаються традиційні джерела сировини: вугілля (відходи вуглезбагачення) з будь-якими характеристиками й будь-якої стадії метаморфізму (від суперантрацитів, антрацитів, напівантрацитів і відходів від них до газових і довгополум'яного вугілля, а також їхніх шламів і проміжних продуктів сухого збагачення вугілля). На вхід, в установку повинна подаватися вугільна суміш із бажаною фракцією 0-0,25 мм. Вологість вугільної суміші повинна бути від 6% до 16%. Допускаються вкраплення окремих гранул до 10 мм, але не більше 5% на всю приготовлену масу. Брикети витримують статичне навантаження приблизно 3 кг/см^2 і задовольняють кондиції на опір скиданню. При ударному навантаженні, при падінні з висоти 1,5-2 м, вихід дріб'язку, що утворюється, не перевищує 15%.

Саме можливість у процесі виробництва задати розміри, форму, вагу, склад брикетуємої суміші й при цьому одержувати продукт (брикет) з необхідними властивостями, яких не мають вхідні в нього компоненти, визначають унікальну корисність брикетування й особливо відходів.

Пропонуються до впровадження технології по утилізації різних відходів з одержанням корисної продукції для подальшого використання у виробництві:

Компоненти, що включають у склади брикетуємих сумішей, способи впливу на ці компоненти й суміші визначають властивості брикетів і сфери їхнього застосування.

На даний час накопичені та продовжують накопичуватися великі обсяги промислових відходів, які займають значні території й забруднюють повітряний басейн, водні об'єкти, землю й тим самим погіршують якість середовища перебування людини, наприклад, накопичені в місцях лісопереробки величезні кількості обпилювань, лігніну, лігносульфонатів; у вугільних регіонах накопичені мільйони тонн вугільних шламів; біля міст накопичені великі обсяги опадів від очищення стічних вод й інші відходи. Ці відходи займають величезні території, виділяють у повітря шкідливі інгредієнти, з дощовими й весняними водами зі сховищ відходів вони попадають у ріки, озера, ставки. У той же час ці енергонесучі відходи можуть служити сировиною для виробництва паливних брикетів. При цьому усе більше відчувається дефіцит дешевого сортового палива для комунально-побутових потреб. За рубежем займаються й брикетуванням відходів, однак інформацію про ці технології намагаються не поширювати й досить строго охороняють. Необхідно помітити, що закордонні брикетні виробництва, що навіть використають не відходи, а повноцінну сировину, високорентабельні. У розвинених країнах брикетуванню постійно приділяється найпильніша увага. Інвестуються значні засоби в наукові й технологічні розробки, у будівництво нових й удосконалювання існуючих брикетних виробництв, які особливо використають відходи або низькосортну сировину. В Англії, Франції, Німеччині, Чехії, Польщі, Туреччині, США, Австралії й інших країн за різними технологіями виробляють брикети на базі вугільного дріб'язку у великих обсягах. Це обумовлено тим, що при спалюванні вугільних брикетів, у порівнянні зі спалюванням рядового вугілля, підвищується на 25-35% КПД топкових пристроїв, знижується на 15-20% викиди сірчистого газу, більш ніж удвічі знижуються викиди твердих речовин з димовими газами, а також на 15-20% знижується недопік горючих компонентів.

З ініціативи вугільних підприємств на сьогодні побудовані й діють дві дослідно-промислові установки по брикетуванню вугільного дріб'язку. Іде будівництво потужного (1 млн. тонн у рік) виробництва. Будується установка по брикетуванню вугільних шламів продуктивністю 5 тонн на годину.

Таким чином, використовуючи відходи в процесі брикетування, можна істотно заощаджувати енергетичні й сировинні ресурси, знижувати забруднення навколишнього середовища, а також створювати нові, ефективні робочі місця й за рахунок рентабельної роботи брикетних виробництв поповнювати місцеві бюджети.

Протягом 2003-2006 р. ІК "Екоенергія" разом із провідними вченими ДГТУ (м. Дніпродзержинськ) і донецькими вуглевидобувними підприємствами АТ «ДОНБАСАНТРАЦИТ» і ТОВ «Антрацит» виконали ряд розробок по створенню нових технологій виробництва вугільного брикету із застосуванням комплексу високопродуктивного устаткування для брикетування донецького вугілля. Проведений аналіз порівняння палив кускового вугілля й отриманих брикетів показав, що ефективність згоряння брикету в 1,5 -1,7 рази вище кускового вугілля (при кращих показниках зольності й летучих) крім того, брикетне паливо виробляється із відходів вуглезбагачення (штибів та шламів).На рис. 1.12 наведений валковий прес для брикетування.

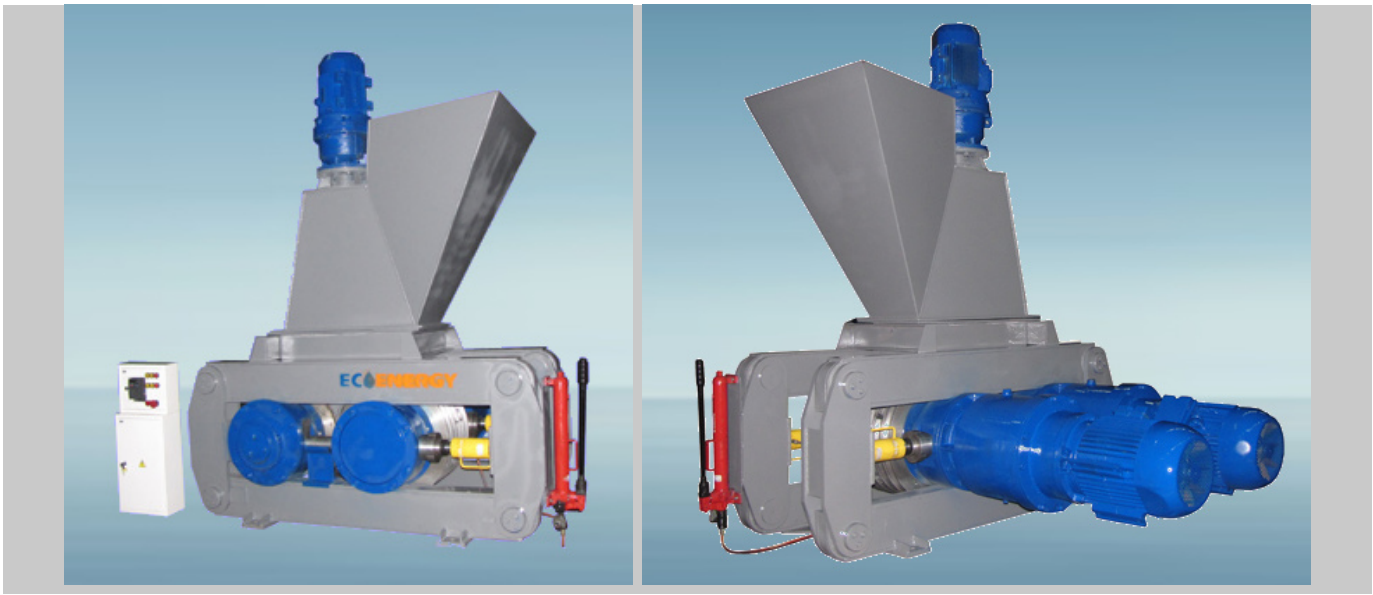


Рисунок 1.12 – Валковий прес БВУ-3 з підпресувальником

Треба підкреслити, що брикети мають однакову правильну форму й вагу, вони мають більше високу міцність і кращу транспортабельність, а весь кисень у брикеті залишається активним. Треба зауважити ще декілька переваг брикетів:

– безвідходність, кількість оборотного продукту від загального потоку шихти не більше 2%;

– відсутність високих температур при виготовленні;

– необмежена сировинна база в Україні;

– сталість хімічного складу для кожного виду брикету;

– можливість уведення будь-яких добавок (наприклад: прискорювальних або добавок, що сповільнюють, горіння, зменшення викидів окислів азоту і т.і.

– можливість використання всіх видів дрібнодисперсних відходів.

Технологія брикетування вугільного дріб'язку полягає в створенні особливих умов для використання органічних властивостей компонентів, які входять до складу вугілля, з метою одержання якісного брикету не тільки для спалювання у комунальному господарстві, але й для одержання ряду паливних брикетів (для спалювання в ТЕЦ), руднопаливних брикетів для використання у металургії . За рахунок первинного підпресування шихти, спочатку при невеликому тиску відбувається зовнішнє ущільнення матеріалу за рахунок убирання порожнеч між частками, а потім ущільнюються й деформуються самі частки. Між ними виникає молекулярне зчеплення. Високий тиск наприкінці пресування приводить до переходу пружних деформацій часток у пластичні, внаслідок чого структура зміцнюється й зберігається задана форма. Феноли, що виділилися при цьому, і смоли при участі води полімеризуються на поверхні часток. Нагрівання матеріалу до заданої температури безпосередньо при пресуванні поліпшує процес. При остиганні й після просушки брикети остаточно закріплюються. У результаті, знижуються витрати на виробництво, і при горінні таких брикетів найбільша температура брикету досягається в геометричному центрі брикету і виникає особливе практично бездимне горіння з розпеченою кулею усередині, відсутні сторонні запахи, знижується зольність, спрощується розпалювання.

Слід зазначити, що при брикетуванні метою структуроутворення дрібних матеріалів є не тільки одержання певного розміру брикетів, але й створення в штучних структурах комплексу заданих фізико-хімічних властивостей. У зв'язку із цим існує закономірний причинно-наслідковий зв'язок технологічних параметрів процесів

структуроутворення з якісними характеристиками підготовлених матеріалів. Брикетування дрібнозернистих і дрібнодисперсних матеріалів зі зв'язувальними речовинами - найбільш універсальний спосіб залучення у переробку коштовних паливних, мінеральних сировинних компонентів, а також ряду техногенних відходів, які по своєму агрегатному фізичному стані непридатні для безпосереднього використання в технологічних процесах й апаратах.

Таблиця 1.7 – Брикети з кам'яного вугілля, антрацитів і напівантрацитів Донецького басейну. Технічні вимоги (ДЕРЖСТАНДАРТ 5544).

№ п/п	Показники	Норми якості	
		Середні	Межові
1	Вологість W^p, %	4,0	6,0
2	Зольність A^c, %	9,5	11,5
3	Вміст сірки $S_{об}^c$, %	1,5	2,0
4	Вихід летючих V`, %	17,0	-
5	Теплота згорння Q_5`, ккал/кг	8600	-
6	Вміст дріб'язку (< 25 мм), %	не більш 10,0	
7	Механічна міцність при іспиті:		
	в барабані, залишок, %	не менш 80,0	
	зкидуванням, залишок, %	не менш 85,0	
8	Водопоглинання, %	не більш 4,0	

Відмінною рисою процесу брикетування є можливість виготовлення брикетів із шихтових сумішей, ефективних для основних типів агрегатів енергетичного комплексу. Матеріали , що брикетуються й галузі застосування брикетів представлені в таблиці 1.8. Варто звернути увагу, що брикетуванню підлягають не тільки техногенні відходи, але й первісні дрібнофракційна й тонкодисперсна сировина.

Таблиця 1.8 - Галузі застосування брикетування

Місце утворення відходів	Матеріали, що брикетуються	Галузь застосування брикетів
Техногенні відходи вугільного виробництва	-вугілля донецьке для комунально-побутових потреб по ТУУ 10.1-33333494-001; -вугілля донецьке марки Ж для пилоподібного спалювання по ТУУ 10.1-23472138-158; -вугілля донецьке для пилоподібного спалювання по ТУУ 10.1-32186934-003; - дрібнодисперсна первородна сировина.	Теплові електростанції. Котельні промислових підприємств. Котельні комунальних підприємств. Побутові потреби населення

Схема виробництва вугільних брикетів за технологією ТОВ НВО «ТЕХМАШ» містить у собі наступні переділи:

- доставку сировинних компонентів на промислову площадку;
- зберігання сировинних компонентів;
- дозування сировинних компонентів для готування шихтової суміші;
- готування сировинної суміші в змішувачах примусової дії;
- транспортування шихтової суміші до установки формування;
- формування брикетів на вальцових пресах;
- транспортування відформованої продукції до печі сушіння;
- сушіння й одержання міцності;
- пакетування готової продукції (при необхідності);
- транспортування на склад готової продукції (або навантаження в транспортний засіб).

У тісному співробітництві з машинобудівними фірмами Німеччини й Польщі фахівці НВО «ТЕХМАШ» підібрали таке дозуюче й змішувальне устаткування, що

забезпечує точність дозування в'яжучих матеріалів у межах 1% і дозволяє робити їхнє змішування, регулюючи інтенсивність перемішування, тим самим забезпечуючи максимально можливий ступінь гомогенізації шихтової суміші. Високий ступінь гомогенізації сприяє зниженню витрати в'яжучого не менш чим на 1,5% у порівнянні з аналогічною витратою при використанні традиційних типів змішувального устаткування. Зниження витрати води при готуванні шихтової суміші забезпечується шляхом введення спеціальних хімічних добавок (види застосовуваних добавок залежать від конкретного компонентного складу брикетів), що дозволило знизити тривалість теплового впливу на брикет. Крім того, розроблена компактна технологічна схема сушіння брикетів у прохідній печі з метою найбільш ефективного використання теплотворної здатності теплоносія.

Фахівцями НВО «ТЕХМАШ» розроблена технологічна схема вивантаження готових брикетів, що дозволяє скоротити до мінімуму (або відмовитися зовсім) від нагромадження брикетів на проміжних промислових площадках і замість цього робити негайне навантаження готової продукції в залізничний вагон або автотранспорт безпосередньо з конвеєру.

Таким чином існують серійне промислове устаткування і технологічні схеми його компонування, що дозволяють переробляти від 60 тис.тонн - 500 тис. тонн і більше відходів у рік.

Одержувані брикети по своєму сировинному (хімічному) складу, розмірам (крупності) і міцності повинні відповідати вимогам й особливостям технологічного процесу, у якому передбачається їхнє використання.

Тому що хімічний склад і розмір брикетів задаються до брикетування, однієї з важливих характеристик якості брикетів (і в цілому технологічного процесу брикетування) уважаються показники їхньої механічної міцності. Знання цих показників дозволяє оцінити здатність брикетів витримувати без руйнування певні ударно-стираючі, ударні й навантаження, що роздавлюють, яким вони будуть піддаватися в процесі експлуатації. Саме показники механічної міцності брикетів багато в чому визначають їхню споживчу цінність й, у цілому, можливість використання на різних підприємствах зі своєю характерною інфраструктурою.

На підставі проведених досліджень було виявлено, що брикети в процесі експлуатації, у першу чергу, випробовують ударні навантаження на перепадах, при завантаженні бункерів або яких-небудь інших апаратів або при відвантаженні споживачеві .

При висоті стовпа приблизно 40 м (близька до граничної висоти бункерів) навантаження на нижній зразок складе ~ 3,1 кг/см^2. Аналогічна картина спостерігається при знаходженні кускових матеріалів у металургійних печах шахтного типу. Наприклад, встановлено, що навіть у високошахтній доменній печі тиск шарів завантаження на кокс не перевищує 3-5 кг/см^2.

Таким чином, руйнування брикетів обумовлене, в основному, впливом ударних навантажень.

Для визначення міцності на стійкість до удару при падінні використаються різні методики, по яких партії брикетів скидають на металеву плиту з висоти 1,5-2 м і по виходу дріб'язку, що утворилося (клас крупності менше 5, 10 або 25 мм залежно від розміру брикетів). Великі брикети (максимальний розмір ~100 мм) скидають усього 1-2 рази, а брикети невеликого розміру (~25-30 мм) – не менш 4-5 разів. Однак у всіх варіантах уважається, що брикети задовольняють кондиції на опір скиданню, якщо кількість дріб'язку не перевищує 5-10 (або навіть 15)%. Це означає, що великі брикети не повинні піддаватися багаторазовим перевантаженням, і цьому повинна повністю відповідати технологічна схема процесу.

У цей час не існує державної нормативно-технічної бази, що регламентує вимоги до брикетів, як елементу енергетичної шихти, тому підприємства, що роблять і споживають брикети змушені розробляти технічні умови на конкретні типи брикетів.

На підставі вище викладеного з достатнім ступенем вірогідності можна зробити висновки:

- відзначається досить висока механічна міцність вугільного брикету, а саме здібність сипатись 1,1%, при вимозі не більше 10 %. Після 22 кратного збросу на чугунну плиту основний кусок (50% від первісної ваги) зберіг міцність на стиснення на рівні 25 кг/см^2;

- міцність на удар та стирання задовольняє пред'явленим вимогам;

- міцність на стиснення склала 8,5-9,7 МПа;

- вугільні брикети є новим шихтовим матеріалом, що частково заміняє вугілля;

- брикети мають правильну форму й вагу, мають високу міцність і гарну транспортабельність;

- брикети мають необхідну теплоту згоряння.

Аналіз даних дозволив сформулювати завдання з рішенням по двох напрямках:

З однієї сторони – переробка й утилізація відходів, використання їх у вигляді щодо дешевої сировини для енергетичного палива, підвищення якості й конкурентноздатності, а головне, зниження собівартості готової продукції, як для промислових підприємств, так і для комунально-побутових потреб населення.

З іншої сторони – рішення екологічної проблеми очищення цілих регіонів, де скопилися величезні техногенні родовища відходів, а так само утилізації поточних нагромаджень відходів від перерахованих вище виробництв.

Існуючі технології вторинного використання відходів різних вугільних виробництв - недосконалі.

Дослідження показують, що коректування енергетичної частини ККД брикетів, виготовлених із дрібних і більше зольних сортів (Ad=17,4%) у порівнянні із крупнокусковим (Ad=8,8%) вугіллям за рахунок різниці зольності між ними приводить до зменшення його величини з 1,7 рази всього до 1,6 рази. Це означає, що вартість 1 тонни брикетів з Ad=17,4% може бути дорівнює вартості 1,6 тонни з Ad=8,8%.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ОСВОЄННЯ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ ВІДХОДІВ ВУГІЛЛЯ

2.1 Загальні особливості освоєння техногенних родовищ вугілля

Техногенні родовища відходів вугілля являють собою значну частину національного багатства, тому їх треба використовувати за рахунок розробки комплексних технологій освоєння сировини, що вимагає їх попереднього ретельного й всебічного вивчення.

Відвали й хвостосховища, що представляють собою техногенні родовища, збільшуються в обсязі швидше, чим нарощується видобуток корисних копалин. Це пов'язане з тим, що видобування корисних компонентів з мінеральної сировини досягає максимум 30-40%, а в середньому по Україні становить 5-20%. Друга важлива причина полягає в неухильному збіднінні корисних копалин по мірі росту глибини розробки. Усе це веде до повсюдного порушення земель і вимагає комплексного освоєння родовищ техногенної сировини.

Розробка техногенних родовищ відходів вугілля вимагає їх більш строгої оцінки й дотримання технологічних режимів, в порівнянні з розробкою природних родовищ.

Освоєння техногенних родовищ, у наш час, поки нечисленні, обсяги відвалів і хвостосховищ продовжують наростати, також як і займані ними площі земель. Разом з ними наростають негативні екологічні наслідки, зокрема просочування шкідливих рідких речовин у підземні водойми. Так, незважаючи на те, що багато вугільних шахт Донецького басейну закриті внаслідок їх нерентабельності, хоча відвали їх збереглися.

Шламовідстійники й гідровідвали займають все більші території, виводять землі з господарського обороту, забруднюють навколишнє середовище, і при цьому збільшуються витрати капіталу вкладеного у видобуток і переробку вугілля, до того ж вугілля, що перебуває в шламах, окиснюється.

Наявність відвалів і шламосховищ позначається не тільки на стані джерел водозабору, але й, за рахунок їх пилення - на стан повітря й ґрунтів.

При видобутку й переробці вугілля утворюються вугільні шлами - мілкодисперсні і висоководогі продукти із підвищеною зольністю. Вугільні шлами містять від 30 до 86 % горючих речовин і можуть використовуватися як паливо. Однак їх збут затруднений через дрібнозернистість, високу вологість і зольність. Крім того, транспорт шламу в теплий період ускладнюється протіками й налипанням на внутрішній поверхні вагонів, а в холодний період змерзанням шламів, тому шлами насамперед необхідно збагачувати й обезводнювати.

Технологія відкритої розробки техногенних родовищ відходів вугілля визначається фізико-механічними властивостями порід, що складають ці масиви і їх структурою, що сформувалася. Характеристики порід і структура масивів техногенних родовищ повністю обумовлені технологією розробки, збагачення й наступного складування технологічних відходів гірничого виробництва.

Структура масиву й властивості порід залежать від способу їх формування, а також періоду часу, який пройшов від моменту завершення його складування й початку освоєння техногенного родовища.

Шламоутворення на вуглевидобувних підприємствах відбувається в такий спосіб: дрібні частки вугілля водопритоком з очисних і підготовчих вибоїв, а також із транспортних виробок виносяться у водовідливні камери, звідки разом із шахтною водою видаються у відстійники. Обсяг шламів становить 20-40% вугілля, що добувається, тим самим сильно впливає на ефективність використання вугільного родовища.

Шламоутворення на збагачувальних підприємствах відбувається при неякісній флотації, класифікації, освітленні й зневоднюванні вугілля дрібних класів. Вихід шламів на збагачувальних підприємствах становить від 0,5 до 10% мас. від вугілля, що переробляється, зольність змінюється від 14 до 70% мас., вологість від 12 до 60% мас., а гранулометрический склад такий, що клас +0,5 мм становить 2-15%, а клас менше -0,5 мм - 40-90%. У такий спосіб вугільні шлами, що представляють собою дуже дрібні частки вугілля, що зливаються разом з несучою їх водою, розміщаються в шламосховищах. У міру заповнення одного відстійника злив переноситься в інше

місце. При цьому склад земляної маси не контролюється, і вугільні шлами можуть бути сильно насиченими водою.

Наприклад, у Кузбасі виконані роботи [8] з позитивними результатами, які дозволяють:

- знизити витрати на переробку шламу в 2-3 рази;
- проводити переробку шламу;
- припинити скидання шламу в відстійники та хвостосховища, й тим самим поліпшити екологічну обстановку в районі знаходження підприємства;
- зменшити втрати вугілля з відходами виробництва та зі скиданнями вод у шахтні виробки й водойми;
- підняти рентабельність підприємств за рахунок поліпшення якості товарного вугілля, підвищення виходу й зниження виробничих витрат;
- готувати з тонких шламів крупністю 0-0,1 мм вугільне паливо (ВУТ) на підприємствах, де немає інших засобів їх переробки.

На одній із шахт Кузбасу пройшла випробування установка для добування шламу, яка складається з поляризатора безреагентної обробки шламу, згущувача-освітлювача центрифуги, що фільтрує, скребкового конвеєра й навантажувального бункера. Подібні установки, які представляють із себе модифікації описаної, є ще на ряді шахт [8].

Шлами використовуються для виробництва брикетів і бездимного вугілля. Установки для їхнього виробництва характеризуються низькими капітальними й експлуатаційними витратами, розташовуються в безпосередній близькості від шламових полів і вимагають невеликих виробничих площадок. Строк окупності капіталовкладень у такі установки менш як 2 роки.

Доставка вугільних шламів у техногенні родовища здійснюється, як правило, гідротранспортом, рідше конвеєрним або автотранспортом. По способу формування й по стану обводненості шламосховищ можна виділити два основні типи: сухі та мокрі. Усі ці особливості відіграють значну роль у процесі вибору технологічної схеми відпрацьовування техногенного родовища відходів вугілля.

2.2 Технологічні схеми освоєння сухих і мокрих шламів відходів вугілля

У практиці освоєння техногенних родовищ спостерігається, в основному, застосування традиційних способів, устаткування й технологічних схем відкритої розробки родовищ. У той же час умови розробки техногенних родовищ мають свої істотні особливості, враховування яких необхідно здійснювати.

Ефективні технологічні схеми освоєння техногенних родовищ можуть бути розроблені лише за умови достовірного встановлення залежностей зміни властивостей гірських порід родовища, установлення області застосування й створення систематизації способів розробки техногенних родовищ.

2.2.1 Схеми розкриття техногенних родовищ вугілля

У теорії й практиці відкритих гірничих робіт однією з важливих і складних завдань є вибір раціонального способу розкриття родовища. Під розкриттям техногенного родовища розуміється проведення виробок або спорудження під'їздів для забезпечення транспортного зв'язку від поверхні землі до техногенного покладу корисної копалини. Стосовно до умов залягання техногенних родовищ необхідно враховувати досвід розкриття розсипних покладів. Від успішного вирішення цього завдання залежить економічність розробки родовища. Це завдання вирішується як на стадії проектування нових, так і при реконструкції діючих кар'єрів.

Практика відкритої розробки розсипних родовищ свідчить про те, що розкриття їх здійснюється найчастіше способами, характерними для розкриття горизонтальних рудних, вугільних і нерудних родовищ. До основних способів розкриття розсипів відносяться: похилими загальними, окремими й груповими траншеями зовнішнього й внутрішнього (рідше) закладання, а також котлованами й канавами.

Застосування зазначених способів розкриття характерно для більшої частини родовищ розсипів як в Україні, так і за кордоном [9]. Ці родовища характеризуються невеликою глибиною залягання (від 2-5 м до 15-20 м).

У наш час експлуатуються й освоюються розсипи глибокого залягання. Глибина їх залягання становить 30 - 60 м і більше. Такі розсипи займають більшу пло-

щу: по ширині – від 30-40 м до 800-1000 м; по довжині – від 0,5 до 50 км. Розкриття зазначених родовищ здійснюється тими ж способами.

Аналіз робіт авторів в області відкритої розробки розсипів [9, 10, 11] і їхнє узагальнення наведено в табл. 2.1, показує, що спосіб розкриття розсипних родовищ у значній мірі залежить від двох факторів: 1) глибини залягання розсипу; 2) системи й способу її розробки.

З наведених даних у табл. 2.1 можна зробити висновок, що для всіх розсипних (техногенних) родовищ, що експлуатуються і, особливо, глубокозалягаючих найбільш широке застосування знайшов спосіб розкриття похилими траншеями зовнішнього закладання. Цей спосіб розкриття має істотні недоліки: відносно великі об’єми гірничо-будівельних робіт; великі відстані транспортування корисної копалини (від вибоїв до збагачувальної фабрики).

На практиці, при розробці горизонтальних родовищ, при потужності розкриву 50 м і більше, здійснюється поступовий перехід на інший спосіб розкриття – розкриття похилими внутрішніми загальними траншеями (тимчасовими або ковзними напівтраншеями – з'їздами). Такий спосіб розкриття дозволяє в значній мірі усунути вищевказані недоліки розкриття зовнішніми траншеями. На діючих кар'єрах це досягається шляхом засипання зовнішньої капітальної траншеї, а також засипання горизонтальної виїзної траншеї. Така схема розкриття в цей час застосовується при розробці розсипного титано-цирконієвого родовища на кар'єрах №7 «Південь» і «Північ» Вільногірського ГМК.

У теорії відкритих гірничих робіт наукове обґрунтування ефективності застосування способу розкриття похилими внутрішніми траншеями (з'їздами) відображено в роботах М.Г. Новожилова, В.С. Ескіна, Я.Ш. Ройзена [12], які виконані на прикладі умов роботи марганцеворудних кар'єрів. Перевагу рекомендованого способу розкриття автори бачать у значному скороченні внутрішньокар'єрної відстані транспортування руди від вибою до перевантажувального пункту на поверхні кар'єру. Варто підкреслити, що зазначена перевага досягається саме при використанні комбінованого автомобільно-залізничного транспорту. При цьому найбільше скорочення внутрішньокар'єрної відстані транспортування корисної копалини досягається за умови,

коли напрямок розвитку фронту гірничих робіт у кар'єрі збігається з напрямком вантажопотоку корисної копалини на збагачувальну фабрику.

Таблиця 2.1 – Способи розробки й розкриття розсипних родовищ

Глибина залягання розсипу	Спосіб розробки розсипу	Застосування способу розробки, %	Способи розкриття родовища	Види Траншей
Неглибокі (до 15 м)	Дражний	30	котлованами	-
	Гідромеханізаційний	7	канавами, траншеями	- Окремі
	Екскаваторний Скреперний Бульдозерний Виймально-транспортний (одноківшеві навантажувачі) Комбінований	>40	похилими тимчасовими траншеями зовнішнього закладання	окремі; загальні
Глибоко-залягаючі (> 15-20 м)	Дражний	< 20	котлованами	-
	Гідромеханізаційний Екскаваторний Виймально-транспортний (скрепери, одноківшеві навантажувачі) Комбінований	> 80	похилими тимчасовими траншеями зовнішнього закладання	групові; загальні

Найбільш важливою перевагою способу розкриття родовища внутрішніми траншеями (з'їздами), є значне скорочення залишкового виробленого простору (за умови засипання капітальних і горизонтальних виїзних траншей, що підвищує ступінь екологічності технології гірничих робіт).

В останні 15-20 років велика увага вчених звернена на екологізацію гірничого виробництва [13, 14, 15] і насамперед на вдосконалення технологічних схем відкритої розробки родовищ, включаючи розкриття родовищ. Так, у роботі [13] рекомендується при розкритті й розробці горизонтальних родовищ застосовувати засипні тунелі, що дозволяє ліквідувати капітальну й виїзну горизонтальну траншею.

У роботах [16, 17] запропоновані нові нетрадиційні способи розкриття горизонтальних родовищ, що забезпечують зменшення площі земель, що порушуються, а також дозволяють відпрацьовувати кар'єрне поле без залишеного виробленого

простору. До недоліків цих способів варто віднести: можливість застосування тільки при великих розмірах кар'єрних полів; деяке ускладнення організації виробництва гірничих робіт; недостатність методичних рекомендацій для прийняття технологічних рішень. Однак при освоєнні нових великоплощадних родовищ такі способи розкриття є ефективними, оскільки дозволяють поліпшити екологічну ситуацію в районі виробництва гірничих робіт і прилягаючої території за рахунок відновлення більшої площі земної поверхні.

2.2.2 Класифікація технологічних схем розробки вугільних хвостів і мокрих шламів

Класифікація технологічних схем розробки вугільних хвостів і мокрих шламів, виходячи з аналізу стану масиву по обводненості та застосовуванню основного гірничотранспортного устаткування й виду транспорту наведена в табл. 2.2.

Технологічні схеми, що передбачають розробку «сухих» вугільних шламів, класифікуються по гірничому та транспортному устаткуванню, що застосовується й включають різні комбінації. На рис. 2.3 – 2.13 наведені принципові технологічні схеми розробки вугільних шламів.

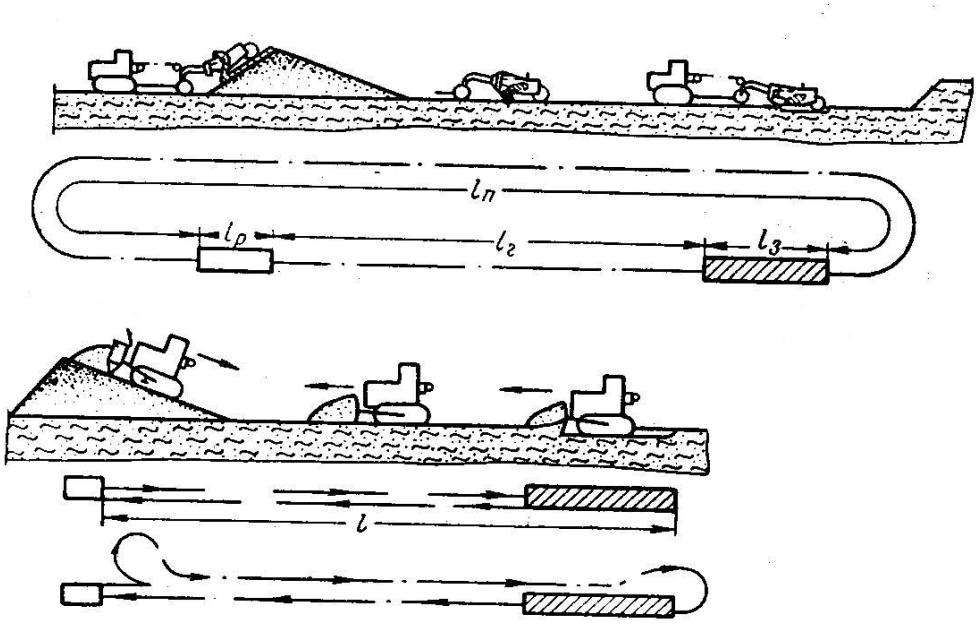
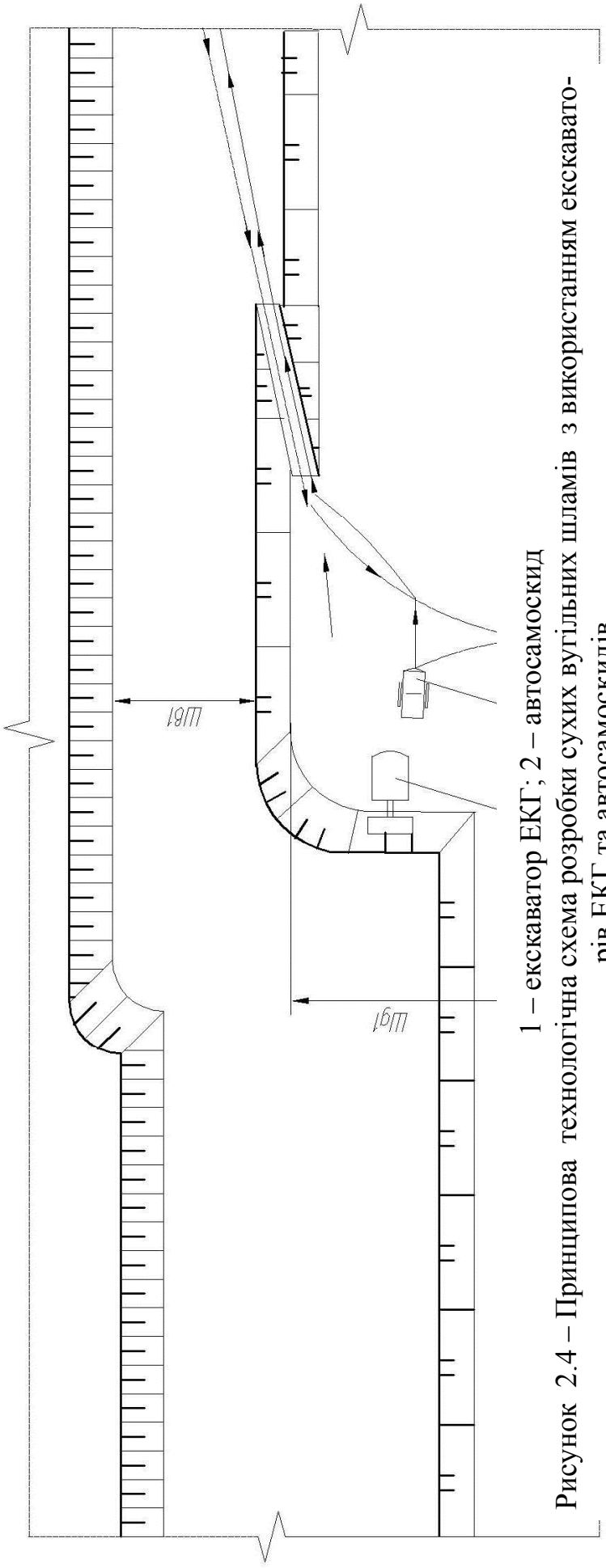


Рисунок 2.3 – Принципові технологічні схеми розробки сухих вугільних шламів з використанням бульдозерів та скрепера

Таблиця 2.2 – Класифікація технологічних схем розробки вугільних хвостів і мокрих шламів

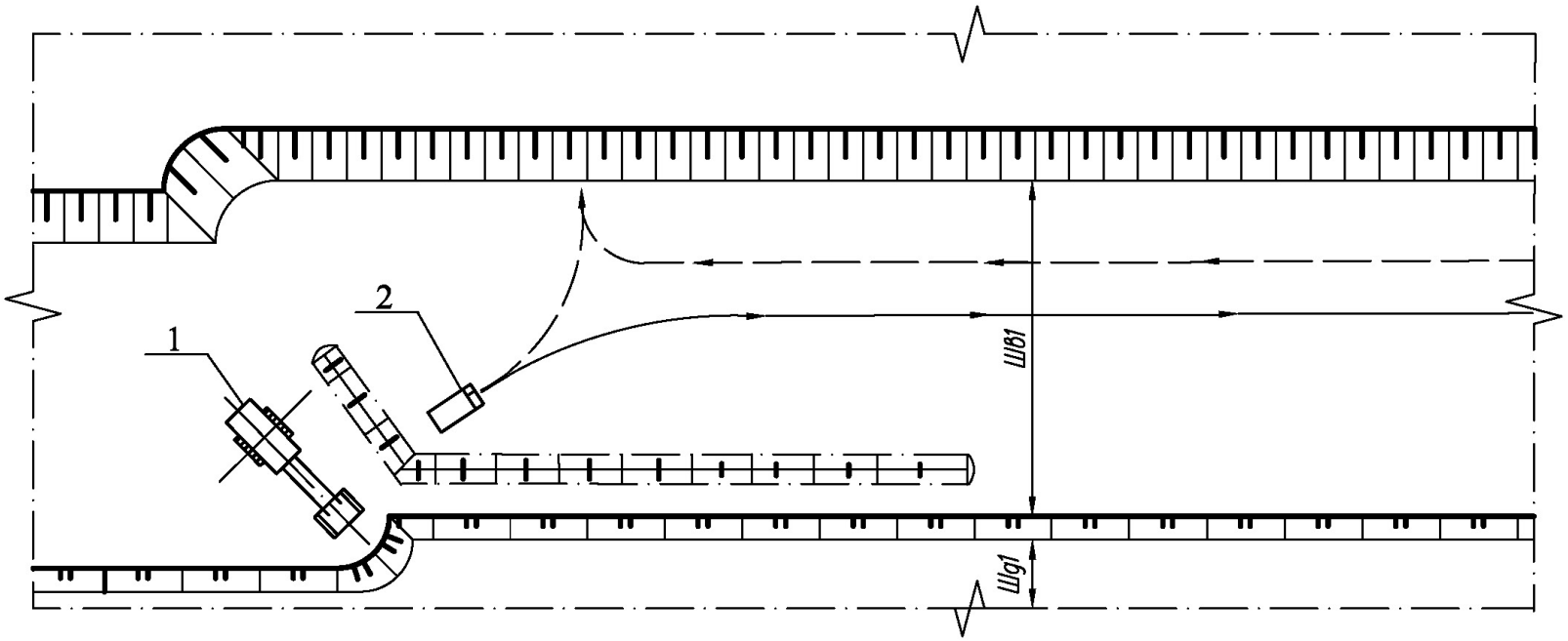
Тип шламосховища по обводненості	Основне гірниче устаткування, що застосовується	Вид транспорту, що застосовується
Сухі c≥0,25 т/м^2 * ρ≥30º	1.Скрепер-бульдозер	Колісні скрепери
	2. Одноківшевий екскаватор	Автомобільний
	2.1. Пряма лопата (установлена на нижньому майданчику уступу)	
	2.2. Зворотна лопата (установлена на верхньому майданчику уступу)	
	3. Драглайн	Автомобільний
	3.1. Драглайн – бункер живильник	Конвеєрний
	3.2. Драглайн – навал – екскаватор пряма механічна лопата	Автомобільний
	3.3. Драглайн – навал – колісний навантажувач	Колісний навантажувач
	3.4. Драглайн – гідромонітор	Гідротранспорт
	4. Роторний екскаватор	Конвеєрний
	5. Ланцюговий екскаватор	Конвеєрний
	6. Колісний навантажувач	Колісний навантажувач
Обводнені c≥0,15 т/м^2 ρ≥25º	1.Гідромонітор – Землесос	Гідротранспорт
	2. Земснаряд	
	2.1. Земснаряд з розрихлювачем	

* c – зчеплення гірських порід, т/м^2 ; ρ – кут внутрішнього тертя, град.



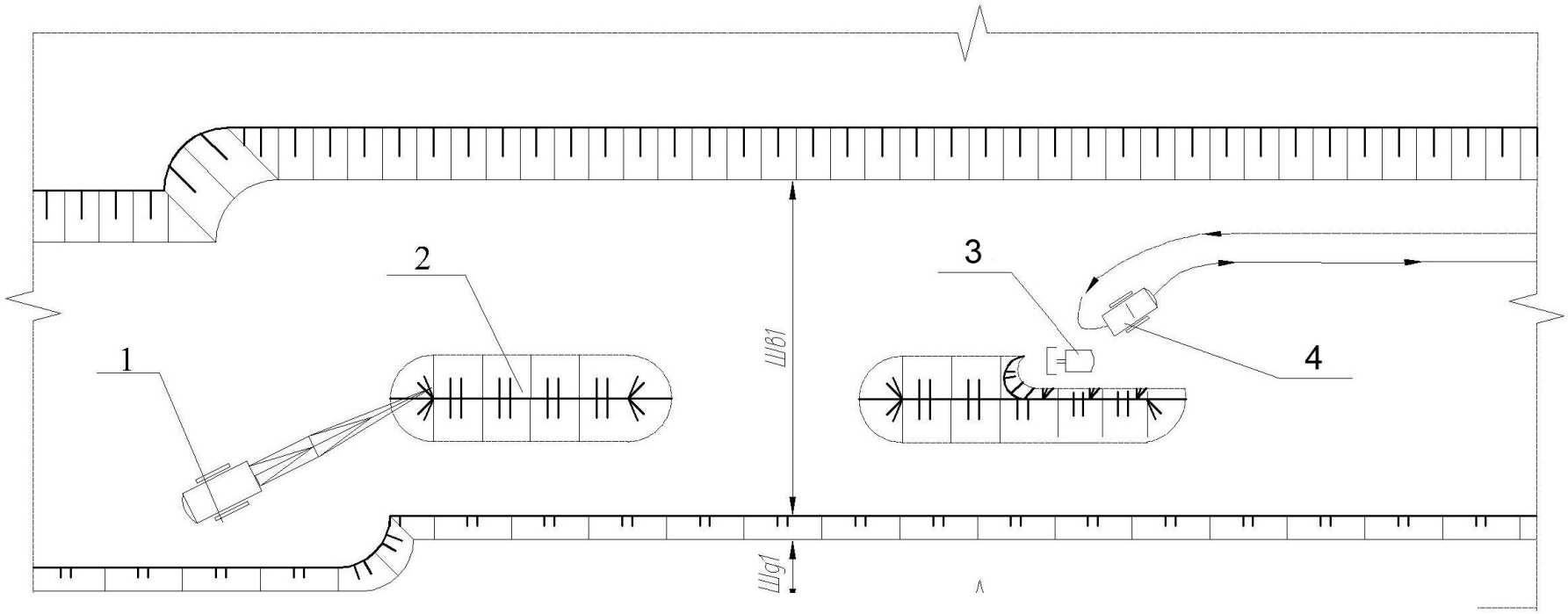
1 – екскаватор ЕКГ; 2 – автосамоскид

Рисунок 2.4 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням екскаваторів ЕКГ та автосамоскидів



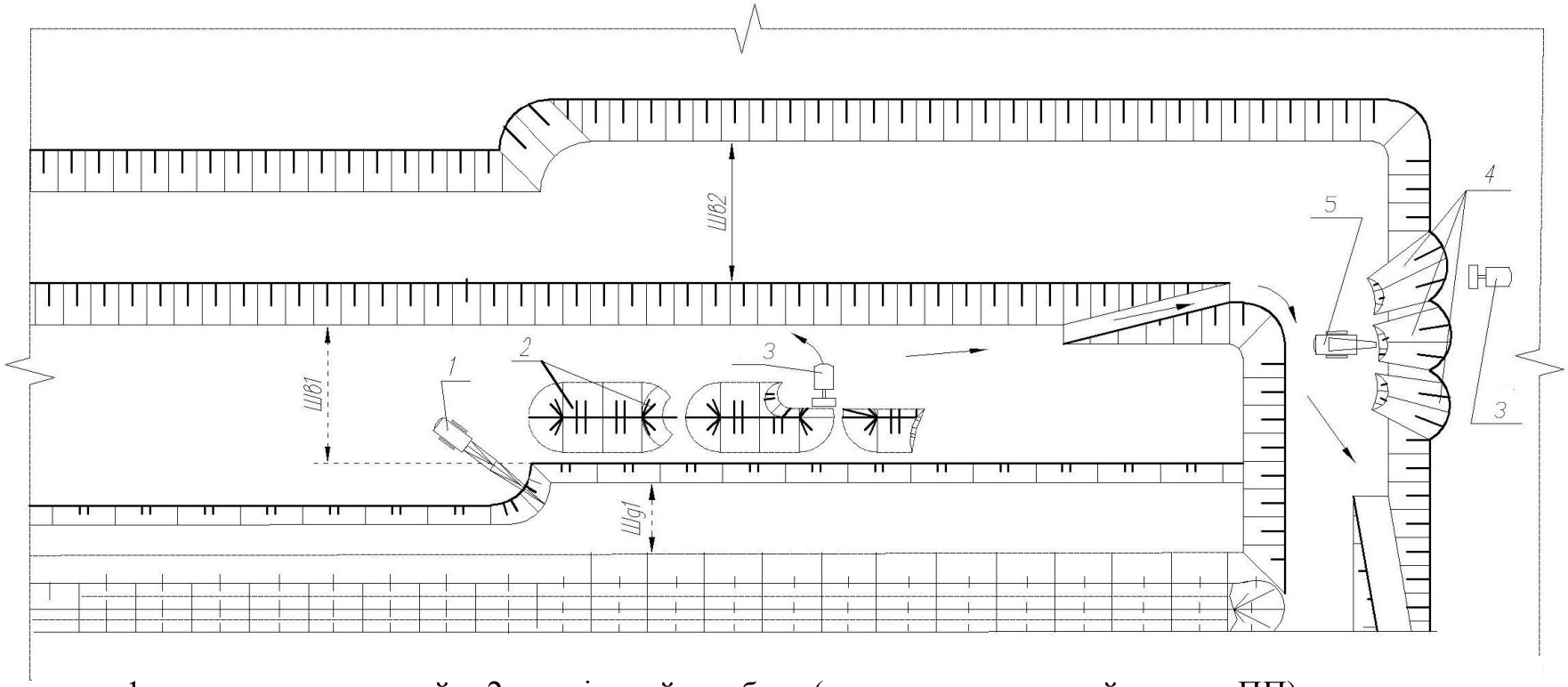
1 – екскаватор ЕКГ; 2 – автосамоскид

Рисунок 2.5 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням екскаваторів ЕКГ (оборотна лопата) та автосамоскидів



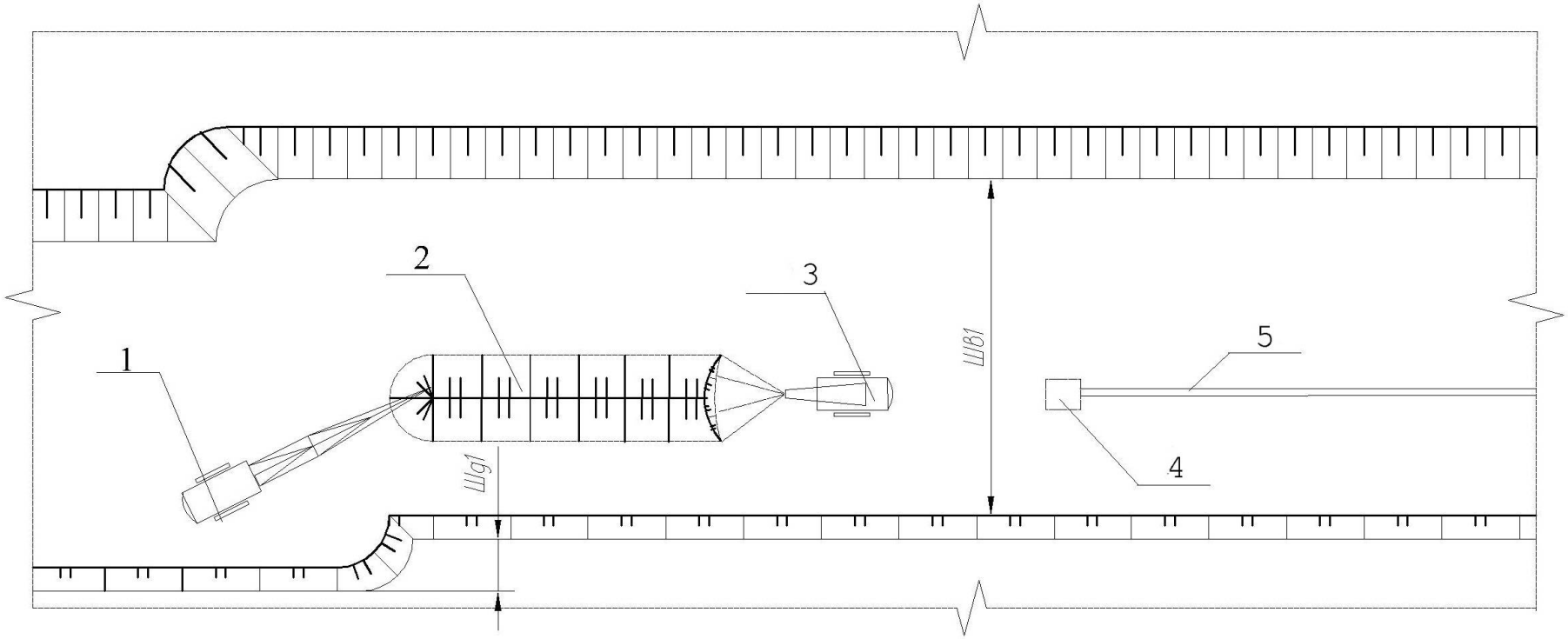
1 – екскаватор-драглайн; 2 – вугільний штабель (перевантажувальний пункт - ПП);
3 – екскаватор – ЕКГ; 4 – автосамоскид

Рисунок 2.6 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням екскаваторів-драглайнів, ЕКГ та автосамоскидів



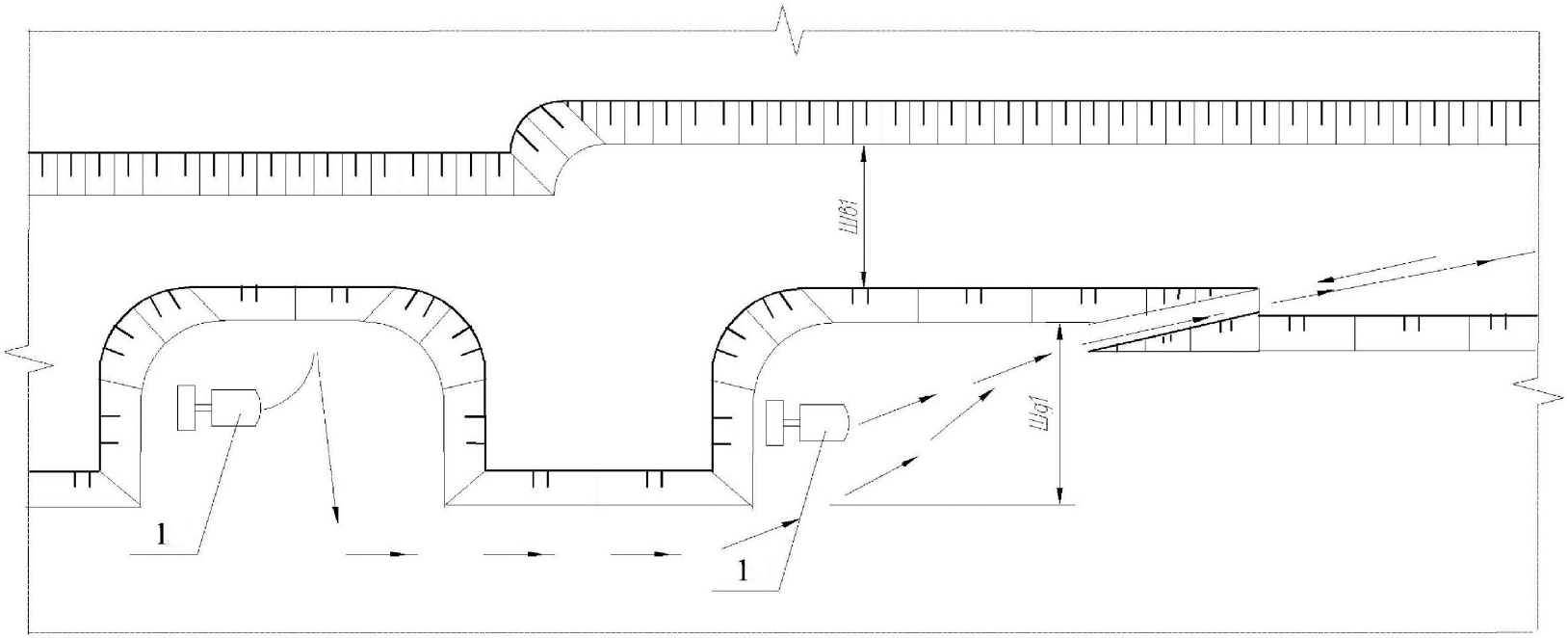
1 – екскаватор-драглайн; 2 – вугільний штабель (перевантажувальний пункт - ПП);
3 – одноківшевий колісний навантажувач;; 4 – секційний вугільний склад на неробочому борту;
5 – пересувна гідромоніторна установка

Рисунок 2.7 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням екскаваторів-драглайнів та одноківшевих колісних навантажувачів



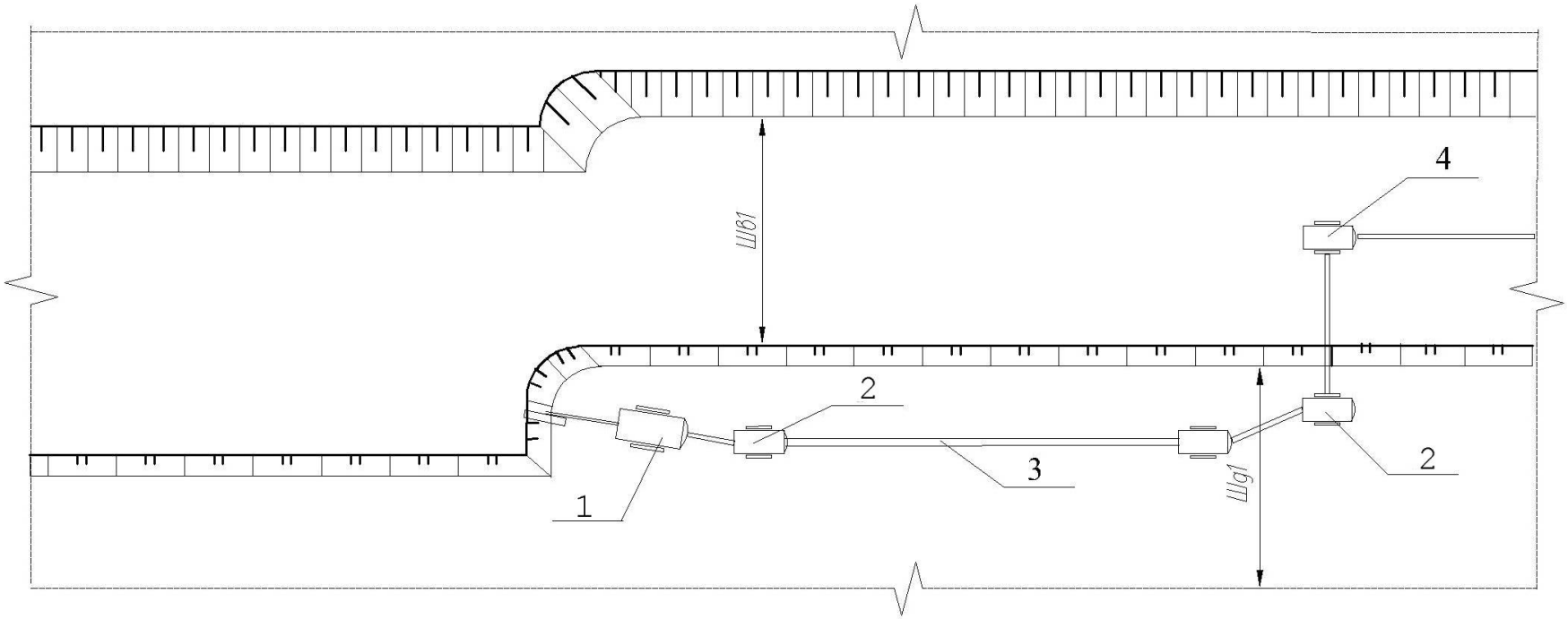
1 – екскаватор-драглайн; 2 – вугільний штабель (перевантажувальний пункт - ПП);
3 – пересувна гідромоніторна установка; 4 – землесосна установка; 5 – пульповід

Рисунок 2.8 – Принципова технологічна схема розробки сухих та мокрих вугільних шламів з використанням екскаваторів-драглайнів та гідромоніторів



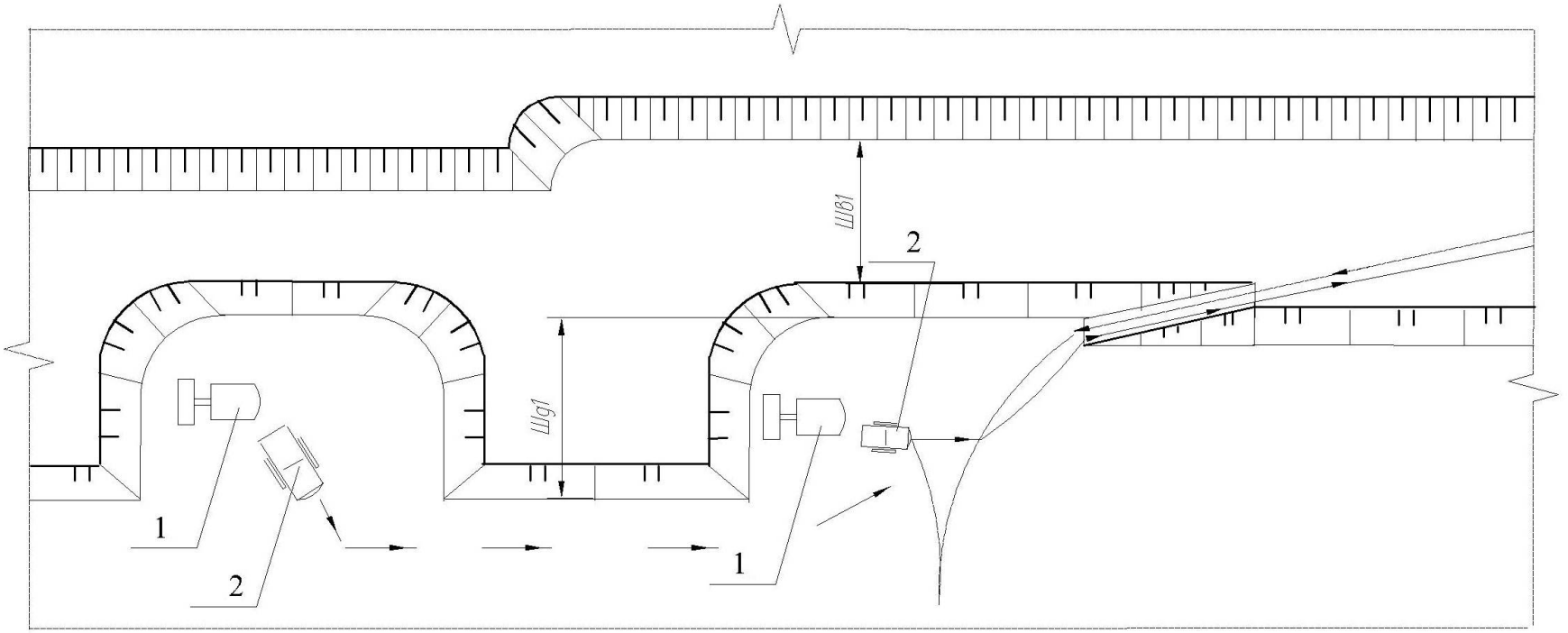
1 – одноківшевий колісний навантажувач

Рисунок 2.9 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням одноківшевих колісних навантажувачів



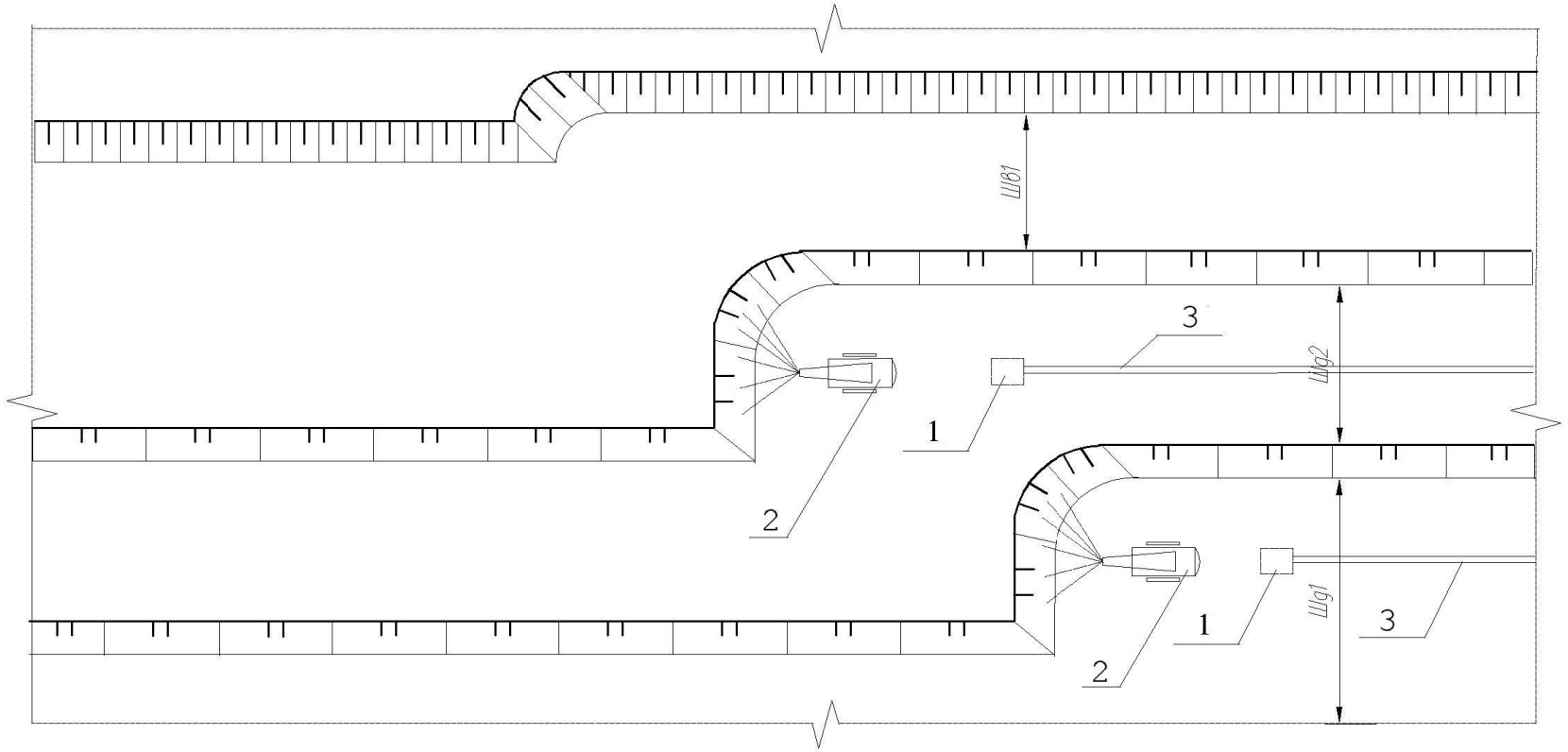
1 – роторний екскаватор; 2 – перевантажувач; 3 – стрічковий конвеєр;4 – прийомний бункер

Рисунок 2.10 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням роторних екскаваторів



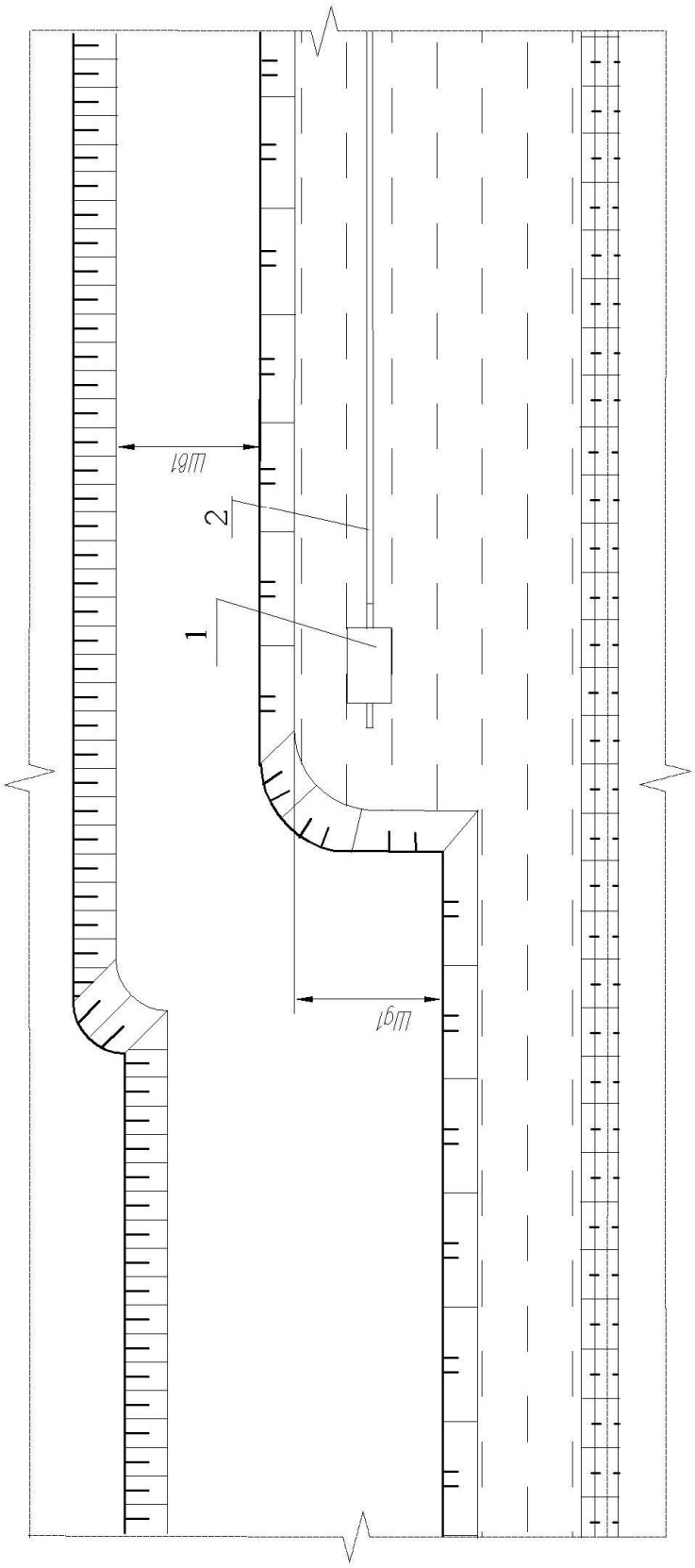
1 – одноковшевий колісний навантажувач; 2 – автосамоскид

Рисунок 2.11 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням одноковшевих колісних навантажувачів та автосамоскидів



1 – землесосна установка; 2 – пересувна гідромоніторна установка; 3 – пульповід

Рисунок 2.2 – Принципова технологічна схема розробки сухих вугільних шламів з використанням гідромоніторних установок



1 – земснаряд; 2 – пульповід

Рисунок 2.13 – Принципова технологічна схема розробки мокрих вугільних шламів з використанням земснарядів

Технологічні схеми, що передбачають «комбіновані» способи розробки включають екскаваторні й гідравлічні способи в комбінації з автомобільним, конвеєрним або гідравлічним транспортом.

При розробці «сухих» вугільних шламів можливі варіанти технологічних схем розробки із застосуванням гідромоніторів при розмиві навалу гірських порід, який утворений екскаваторами з подальшим гідротранспортом шламів на збагачувальну фабрику (рис.2.6). Технологічні схеми, що передбачають гідравлічні способи розробки, систематизуються з урахуванням методу розмиву або розробки масиву техногенного родовища й способу транспортування:

- гідравлічний, з використанням земснарядів, гідромоніторів, землесосів, драг і гідротранспорту.

Систематизація технологічних схем, що включає розробку «сухих» і «обводнених» вугільних шламів у свою чергу може підрозділятися за умовами роботи екскаваційного устаткування й місця їх установки:

- з верхнім або нижнім черпанням;
- з розбивкою на два й більше підуступів;
- з попередньою екскавацією масиву для полегшення його розробки.

Основними умовами, які визначають сьогодні область застосування кожного із зазначених способів, є насамперед глибина залягання корисної копалини у вугільних шламах і їх запаси. Глибина залягання визначає можливість використання різних гірничих машин і комплексів; розміри (а отже й запаси) таких техногенних родовищ визначають необхідність і доцільність капітальних вкладень в організацію розробки. По своїй капіталомісткості всі способи розробки вугільних шламів досить різні. Самими капіталомісткими є ті способи або їх різновиди, при яких використовують найбільш потужні технічні засоби. Це дражна розробка, відкрита розробка із застосуванням потужних крокуючих і багаточерпакових екскаваторів. Найменш капіталомісткими є бульдозерна й гідравлічна розробки.

2.2.3 Гідравлічна розробка вугільних шламосховищ

У якості основного устаткування при гідравлічній розробці родовищ використовуються гідромонітори й земснаряди.

Земснаряди можуть бути використані для вилучення порід при наявності водойм, що забезпечують можливість їх переміщення. Найбільш ефективно земснаряди використовуються при заводненні уступів. Основний обсяг земснарядного вилучення припадає на кар'єри, де земснарядами виймається один або група уступів. Такі кар'єри називаються підводними. Уступ підводного кар'єру може мати надводну й підводну частини, тому вилучення уступу проводиться в один або кілька шарів.

Як відомо з [18], на підводних кар'єрах фронт робіт земснаряда при папільонуванні на тросах, або на тросах і палях може переміщатися по одній зі схем, показаних на рис. 2.14. При віяловій схемі переміщення фронту робіт плавучий і береговий пульповоди практично не перемикаються. Довжина фронту робіт на один земснаряд у цьому випадку звичайно ухвалюється не більш граничного переміщення земснаряда при повній ємності канатів і гнучкості плавучого пульповоду. Довжина фронту робіт земснаряда залежить від наявності поплавців на воді. Число поплавців на воді визначається по формулі

$$n = \frac{\pi}{2\alpha}, \tag{2.1}$$

де α — кут повороту кульового з'єднання, град.

Довжина фронту робіт земснаряда визначається по формулі

$$L_{Ф} = \frac{l_{зв}}{\sin\frac{\alpha}{2}} + l_{зем} \tag{2.2}$$

де $l_{зв}$ — довжина ланки плавучого пульповоду з урахуванням довжини кульового з'єднання, м; $l_{зем}$ — довжина земснаряда, м.

При необхідності збільшити довжину фронту робіт необхідно мати на воді поплавці, число яких визначається по формулі

$$n_1 = \frac{L_ф}{l_{зв}} - \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - \frac{l_{зем}}{l_{зв}} + \frac{\pi}{2\alpha} \qquad (2.3)$$

Значення $L_ф$ не може бути більш 300 м.

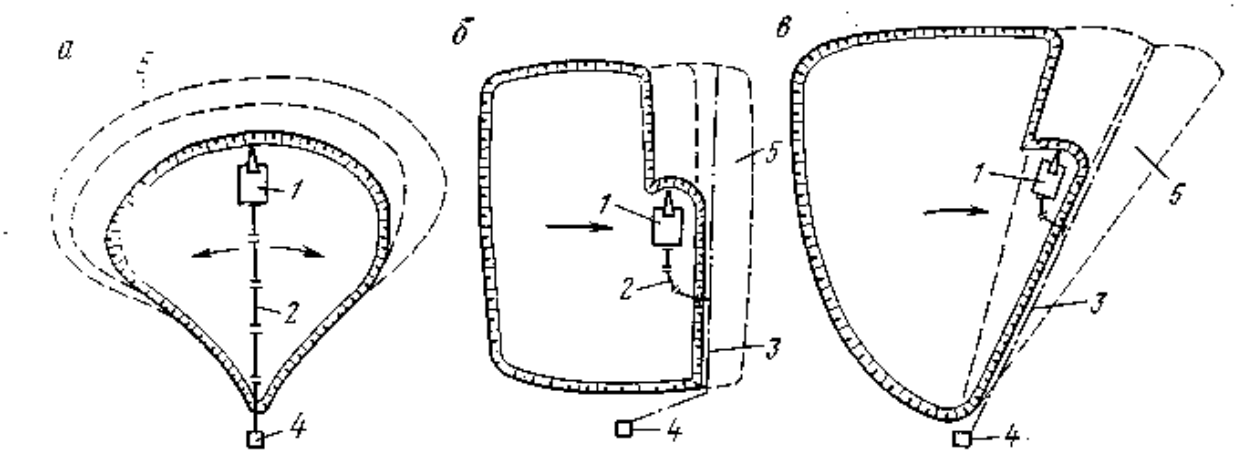


Рисунок 2.14 - Схеми переміщення фронту робіт земснаряда (по Ю. В. Бубису): *а* - віялова; *б* - паралельна; *в* - віялова -паралельна; *1* - земснаряд; *2*- плавучий пульповід; *3* - береговий пульповід; *4* - пульпоприймальний вузол; 5 - заходка

Недоліком віялової схеми переміщення земснаряда є наявність великої кількості поплавців, що приводить до збільшення втрат напору. Однак при цьому зменшується трудомісткість монтажних робіт.

Ширина заходки земснаряда при віяловому переміщенні визначається по формулі

$$B = 2R\sin\frac{\alpha}{2}, \text{ м} \qquad (2.4)$$

де R - горизонтальна відстань між папільонажною палею й зпушувачем, м;

$\alpha_1 = 60°$ — кут повороту земснаряда в заходці.

Оптимальні значення ширини заходки земснарядів наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Оптимальні значення ширини заходки земснарядів

Продуктивність земснаряда, м^3/год	Оптимальна ширина заходки (по зрізу води), м
До 1200	20
1200-2200	26
2200-4000	35
Понад 4000	40

При паралельному переміщенні земснаряда зменшуються втрати напору за рахунок зменшення довжини плавучого пульповоду, але збільшуються витрати на монтаж пульповодів. Ширина заходки в цьому випадку визначається по формулі

$$B = \sqrt{\frac{c_м}{2k_n c_T H}}, \text{ м} \tag{2.5}$$

де $c_м$ - витрати на монтаж 1 м трубопроводу, грн.; c_T — витрати на транспортування 1 м^3 породи на відстань 1 м по береговому пульповоду, грн.; $k_п$=1,5 — коефіцієнт, що характеризує відношення довжини плавучого пульповоду до ширині заходки.

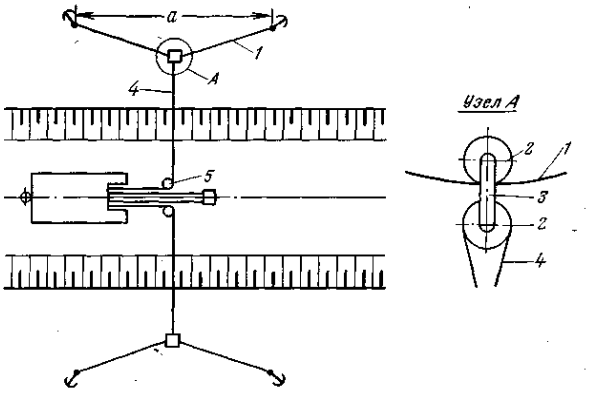
Для забезпечення такої ширини заходки на воді необхідно мати число поплавців

$$n_2 \geq \frac{1}{\alpha}\arccos\frac{l_{зв} - B\sin\frac{\alpha}{2}}{l_{зв}}, \text{ м} \tag{2.6}$$

Довжина кроку перемикання трубопроводу

$$l_ш = \sqrt{l_{пл} - \frac{B}{2}}, \tag{2.7}$$

де $l_{пл}$ — довжина плавучої бухти земснаряда.



1 - леєрний трос; 2 - блоки; 3- леєрна каретка; 4- папільонажний канат;
5 - папільонажні блоки

Рисунок 2.15 – Схема леєрного способу кріплення папільонажних тросів

З метою виключення недоліків віялового й паралельного переміщення в певних умовах може успішно застосовуватися віялово-паралельне переміщення.

Крок пересувки земснаряда визначається довжиною робочої частини фрези

$$S_n = l_ф k_l \cos\beta \tag{2.8}$$

де $l_ф$ — довжина фрези;

kl — коефіцієнт використання зпушувача по довжині;

β- кут нахилу рами до горизонту.

Продуктивність земснаряду залежить від фізико-механічних властивостей розроблювальних порід. Технічна продуктивність земснаряду визначається по формулі

$$Q_{mex} = \frac{Q_n \gamma_0}{q + 1 - m} k_з, \tag{2.9}$$

де Q_n — продуктивність землесоса по пульпі, м^3/год;

$$Q_n = \frac{Q_з \gamma_0}{\gamma_n};$$

Q_3 — продуктивність землесоса по воді (визначається по технічній характеристиці й відповідає оптимальному режиму землесоса), м^3/год;

γ_n — щільність пульпи;

$$\gamma_n = \frac{q\gamma_0 + \gamma_T(1-m)}{q+1-m};$$

q – питома витрата води на розробку й транспортування 1 м^3 породи; γ_T — щільність породи; m — пористість породи; $k_3 = 0{,}9$ — коефіцієнт зменшення технічної продуктивності земснаряда при великій висоті уступу.

Величина q характеризується наступними даними:

Категорія порід	I	II	III	IV	V	VI
Витрата води на розробку і транспортування 1 м^3 породи, м^3	7	9	11	14	18	22

При роботі земснаряда в комплексі з перекачувальними станціями технічна продуктивність земснаряда

$$Q'_{тех} = Q_{тех}\alpha^i, \text{ м}^3/\text{год} \qquad (2.10)$$

де i — число перекачувальними станціями; $\alpha = 0{,}95$.

Річна продуктивність земснаряда

$$Q_{год} = Q'_{тех} T_{год} k_в, \text{ м} \qquad (2.11)$$

де $T_{год}$ — річний фонд календарного часу, год;

$k_в$ — коефіцієнт використання земснаряду в часі.

2.2.4 Технологічні схеми розробки порід земснарядами

Як відомо [18], використання земснарядів можливо при глибині води, що забезпечує стійкість процесу усмоктування. Для забезпечення нормативної продуктивності земснарядів висота їх вибою повинна бути не менш значень, наведених у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Загальноприйнята висота вибою земснарядів

Продуктивність земснаряда по воді, $м^3$/година	Мінімальна висота уступу, що забезпечує нормальну роботу земснарядів, м	Мінімальна висота підводної частини уступу, м
До 1200	2,4	1,5
1200-2200	3,2	2,5
2200-4000	4,8	3,5
Понад 4000	6,4	5

Гранична висота підводної частини уступу залежить від конструкції земснаряду і його усмоктувального пристрою. Максимально припустима висота надводної частини уступу також залежить від конструкції земснаряду й визначається з умови припустимого навантаження на раму земснаряда при обваленні уступу. При цьому необхідно мати на увазі, що кут підводного укосу уступу в процесі роботи земснаряду при глибині вилучення до 5–7 м близький до вертикального. При більшій висоті підводної частини уступу він становить 60—80, 50—70, 60—70 і 80—90° відповідно для піщано-гравійної суміші, піску, суглинків і глин. Мінімальна потужність шару, розташовуваного нижче рівня мінімально припустимої глибини вилучення для земснарядів середньої продуктивності становить 0,5-1 м.

На кар'єрах, де нижні уступи відпрацьовуються звичайними засобами механізації, наприклад екскаваторами з автотранспортом, земснаряди на уступах , що лежать вище ,працюють у випереджальних котлованах (рис. 2.16).

Випередження роботи земснарядів залежить від рівня води в котловані, властивостей порід і глибини кар'єру. Випередження повинне бути таким, щоб депресій-

на крива фільтраційного потоку при остаточному положенні робіт у котловані перетиналася з нижньою брівкою укосу останнього по глибині уступу. Такі ж криві повинні будуватися для всіх проміжних положень гірничих робіт при зниженні рівня води. Якщо прогнози показують можливість фільтрації води в кар'єр, то необхідно вживати заходи для водозниження. Відомі технологічні рішення на обводнених родовищах, земснаряди при видобутку порід одночасно роблять водозниження рівня ґрунтових вод, створюючи умови для застосування екскаваторів.

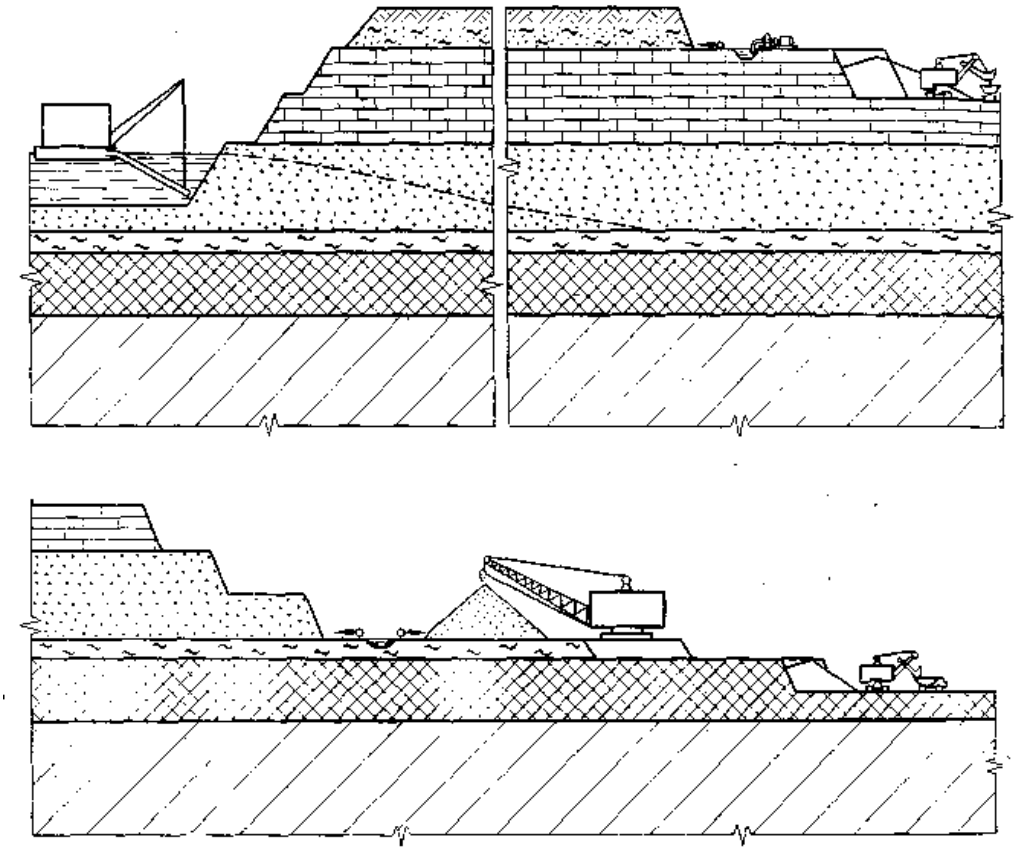


Рисунок 2.16 – Схема гідравлічної розробки порід з використанням земснаряда у випереджальному котловані

Якщо надводна частина уступу перевищує максимально припустиму, висота уступу знижується. Для цієї мети використовується гідромоніторний розмив. Гідромонітор установлюється на понтоні земснаряду або на окремому понтоні (рис. 2.17). Змивана порода надходить у вибій земснаряду й транспортується землесосом на відвал. При наявності легкорозмиваючих порід уступ можна знижувати потоком води, який направляючись по поверхні уступу, розмиває породу й транспортує її до вибою

земснаряду. Як правило, для цього використовується вода, що вертається в котлован. При невеликому перевищенні висоти уступу для зниження уступу, можливо використовувати бульдозери.

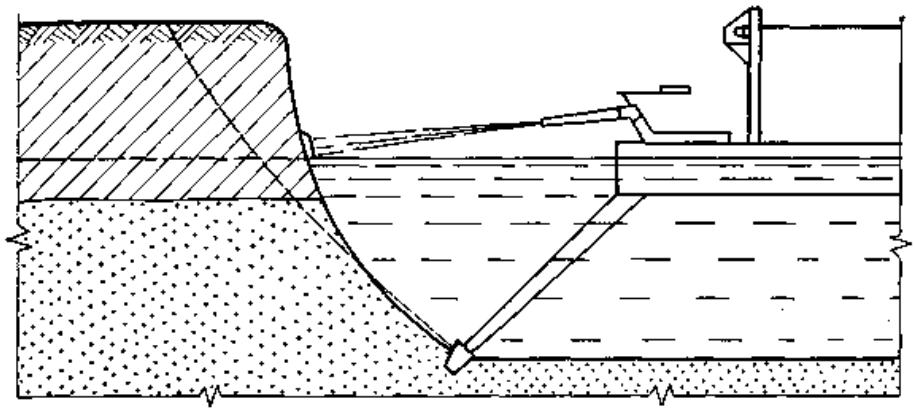
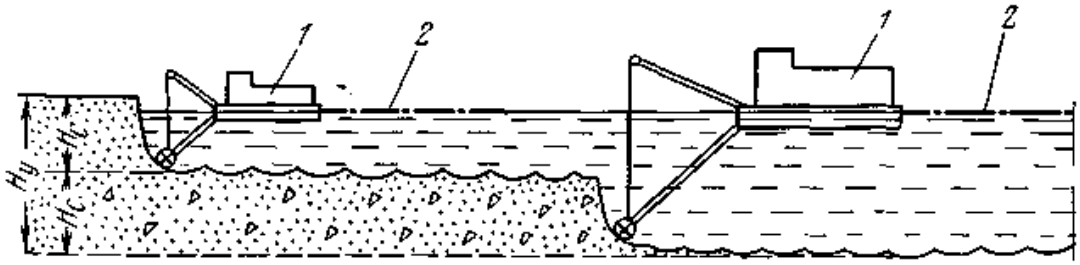


Рисунок 2.17 – Схема розробки порід земснарядом при зниженні надводної частини уступу гідромонітором

Високі уступи розробляються шарами (рис. 2.18). Нижній шар у цьому випадку буде вийматися при зниженій продуктивності. Відомий досвід відпрацьовування нижньої частини уступу при зниженні рівня води в котловані.

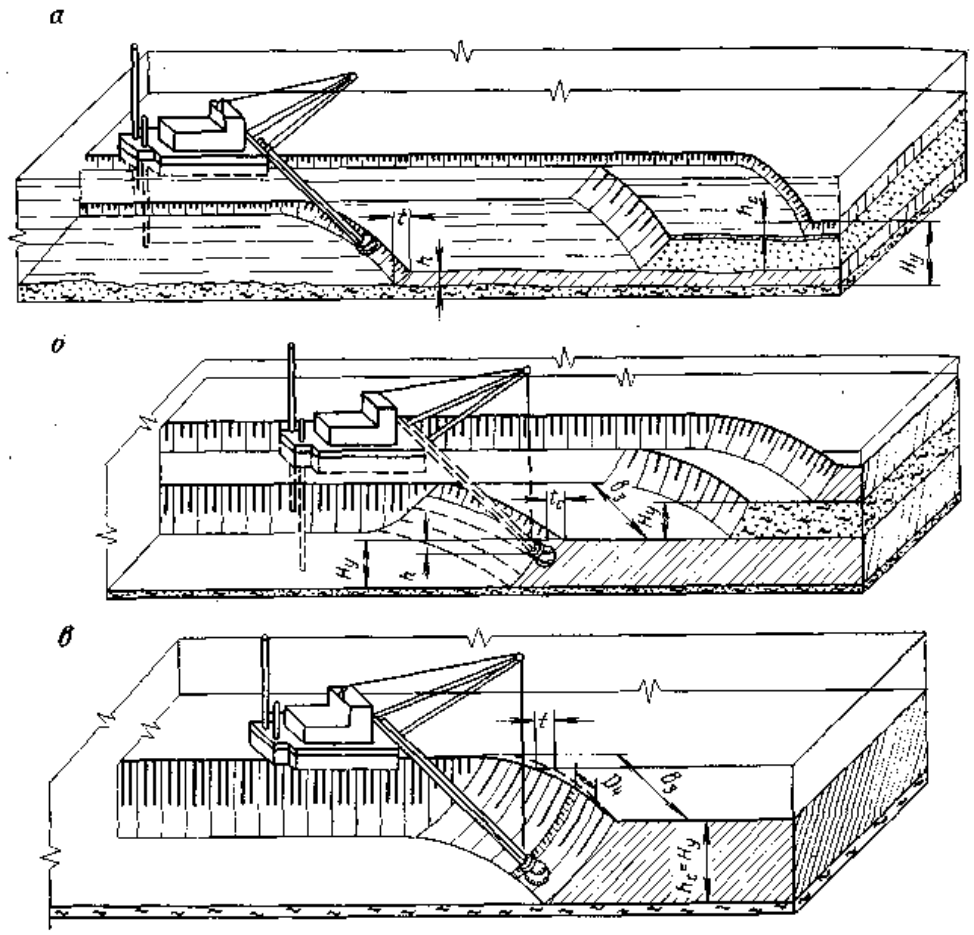


1 – земснаряд; 2 – плавучий пульповід

Рисунок 2.18 – Схема багатошарової розробки уступу земснарядами:

Враховуючи особливості усмоктування, діаметр роторного розпушувача повинен бути <3 м і ≥5 м відповідно для земснарядів водопродуктивністю до 1200 і 2000 м^3/ч. При водопродуктивності земснаряда більш як 2000 м^3/год діаметр роторного розпушувача повинен бути близько 6 м.

Як відомо [18], можливі наступні схеми видобутку горизонтальними й вертикальними шарами (рис. 2.19).



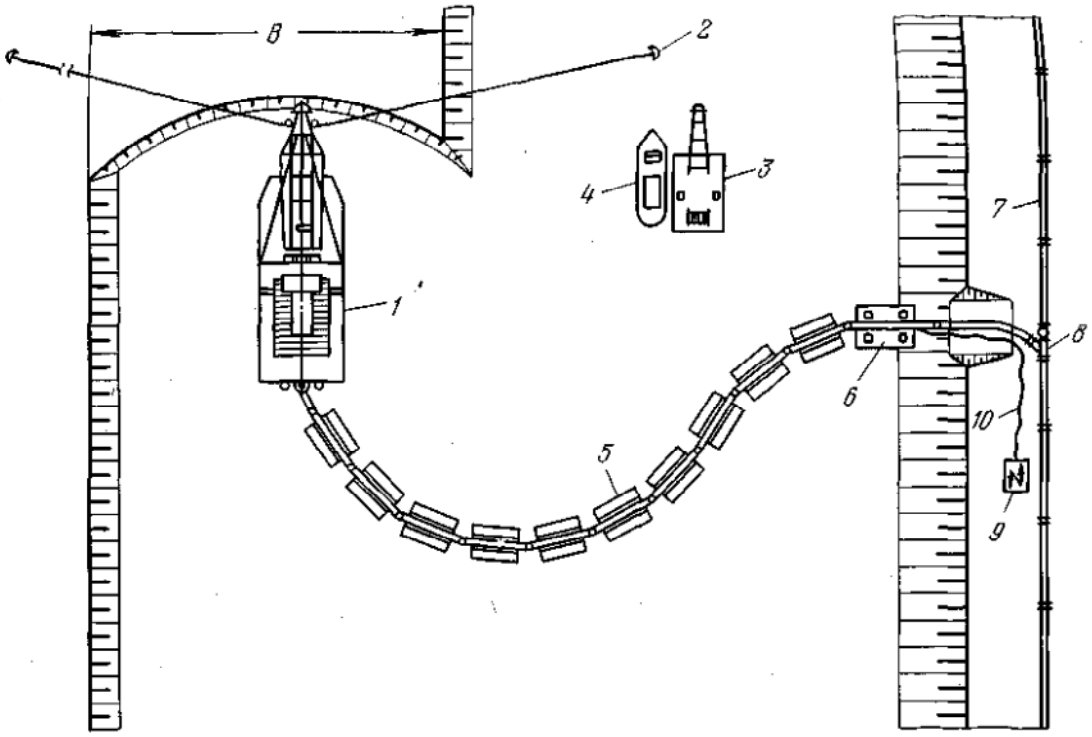
а – розробка горизонтальними шарами з підкрокуванням;

б – те ж, з підкрокуванням; в –вертикальними шарами

Рисунок 2.19 – Схема селективної розробки складноструктурного родовища земснарядом:

При наявності однорідного тонкого шару потужністю більш 0,5 м ряд авторів рекомендує робити пошаровий видобуток горизонтальними стружками по всій ширині заходки. Така схема передбачає перемикання пульповоду тільки при переході з одного робочого блоку на інший і дозволяє відпрацьовувати горизонтальні прошарки непродуктивних порід. У випадку однорідного масиву по всій висоті уступу пошарове вилучення ведеться від покрівлі до ґрунту по всій ширині заходки без підкрокування. При наявності шару корисної копалини великої потужності вилучення доцільно вести вертикальними стружками.

При розробці порід земснарядом устаткування розташовується за схемою, що показана на рис. 2.20.



1 – земснаряд; 2 – якір; 3 – кран; 4 – катер; 5 – плавучий пульпопровід;

6 – берегове приєднання; 7– береговий пульпопровід;

8 – місце підключення кабелю; 9 – гніздо підключення кабелю; 10 – кабель

Рисунок 2.20 – Схема розташування устаткування при розробці порід земснарядом

Процес розробки порід земснарядами включає наступні роботи:

- вилучення гірської маси у вибої й транспортування її до місця укладання або збагачення;
- переміщення земснаряду у вибої з метою забезпечення необхідної повноти вилучення;
- нарощування й укорочування плавучого пульповоду, підключення його до магістрального пульповоду, зміна його довжини, відновлення переходів, трапів, огороджень;
- проведення необхідного в період експлуатації ремонту устаткування й трубопроводів;
- приймання й укладання порід у відвал або в намивні спорудження.

Порядок відпрацьовування кар'єрного поля залежить від положення технологічного комплексу переробки корисної копалини або укладання пульпи, джерела водопостачання, заданого рівня води в кар'єрі, способу підтримки цього рівня, зниження висоти надводної частини уступу. На рис. 2.21 показана схема розробки родовища земснарядом при паралельному переміщенні фронту робіт.

Земснаряд розширює котлован до необхідних розмірів, які забезпечують підтримку рівня води в кар'єрі. Приплив води в кар'єр визначається по формулі

$$Q_в = k_ф \frac{H_в^2 - h^2}{R} L \qquad (2.11)$$

де $k_ф$ – коефіцієнт фільтрації, м/сут;

L – довжина фронту робіт;

$H_в$ – рівень води в котловані;

h – зниження рівня води в котловані при роботі земснаряда;

R – радіус депресійної вирви.

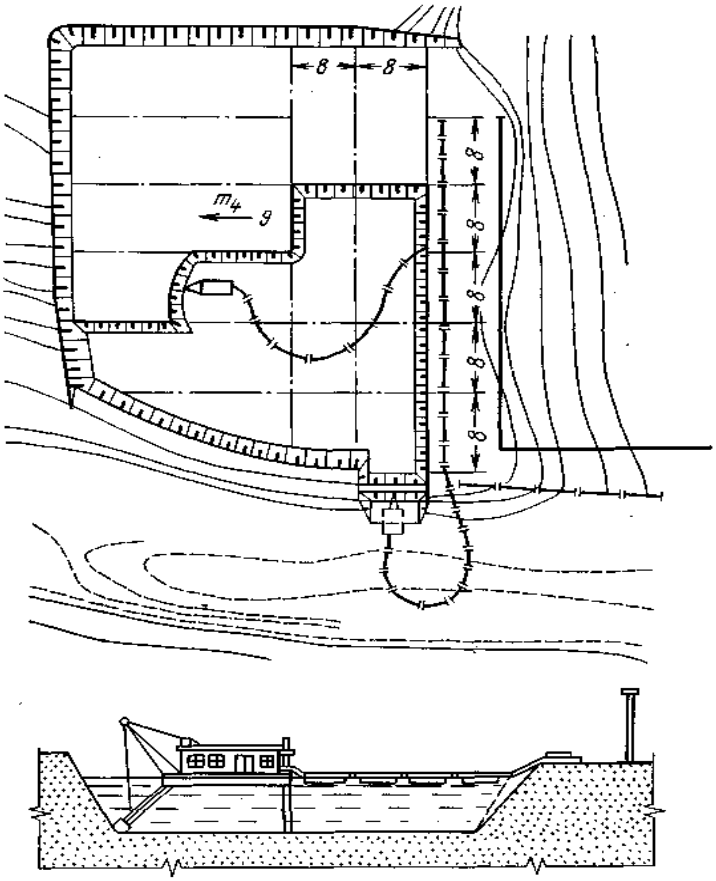


Рисунок 2.21 – Схема розробки родовища земснарядом при паралельному переміщенні фронту робіт

Видобування породи здійснюється при папілюванні в межах заходки. З метою виключення розробки земснарядом, що підстилає непродуктивну товщу, в ґрунті кар'єру залишають недобір, величина якого залежить від продуктивності земснаряда.

Вибір схеми кругообігу води залежить від джерела поповнення втрат води у водоймі, але, як правило, вода направляється у котлован. Укладання розкривних порід у вироблений простір під водою може здійснюватися після створення вільної площі. Випередження видобувного вибою по відношенню до фронту намивних відвальних робіт повинне забезпечувати осадження порід під час намиву. У випадку відсипання відвалів іншим способом відстань може бути зменшене майже вдвічі.

Крім плану гірничих робіт, на підводних кар'єрах складається технологічна карта, яка містить наступні відомості: ширину заходки, глибину розробки й потужність шару розробки, характеристику порід, тип фрезерного розпушувача і його технічну характеристику, спосіб робочих переміщень і схему розкладки якорів, спосіб розробки порід, схему розробки елемента вибою (із заглибленням фрези), послідовність технологічних операцій.

При гідравлічному способі розробки розсипів розрізняють підготовчі роботи, роботи з розкриття й видобувні роботи.

На рис. 2.22 відповідно до [18] показана схема розмиву порід зустрічним вибоєм, яка застосовується при наявності ухилу розсипу більш 0,03. При застосуванні цієї схеми струмінь гідромонітора меншою мірою використовується для доставки корисної копалини до зумпфа. У зв'язку із цим найбільш великі фракції породи осідають при русі пульпи й для їхнього транспортування періодично зупиняються роботи з розмиву масиву з перемиканням гідромонітора на переміщення до зумпфа осілої гірської маси, що викликає збільшення питомої витрати води. У випадку розмиву порід попутним вибоєм (рис. 2.23) полегшує зачищення плотика, спрощується перестановка гідромонітора, частково зменшується обсяг каменезбиральних робіт. Деякі дослідники рекомендує застосовувати цю схему при потужності наносних відкладень 2-8 м і ширині розсипу більш 40 м [19]. При розробці поталих розсипів гідравлічним способом застосовується віялова схема розробки (рис. 2.24), при якій ро-

змив здійснюється попутно-бічним вибоєм з розташуванням гідромонітора на нижньому майданчику уступу. Ділянка розсипу відпрацьовується віялово навколо землесоса за допомогою двох гідромоніторів, що забезпечуються напірною водою від одного водоводу. Для забезпечення безперервної роботи землесосної установки на одному місці протягом 1-2 міс. з виробленого простору (якщо розсип розроблявся раніше) розробляється перша заходка. На ділянках, де немає такої можливості, проходяться зумпф і піонерна траншея, які поступово глибшають до плотика. Потім починається нормальне відпрацьовування чергових заходок. Довжину вибою приймається у межах 50-60 м.

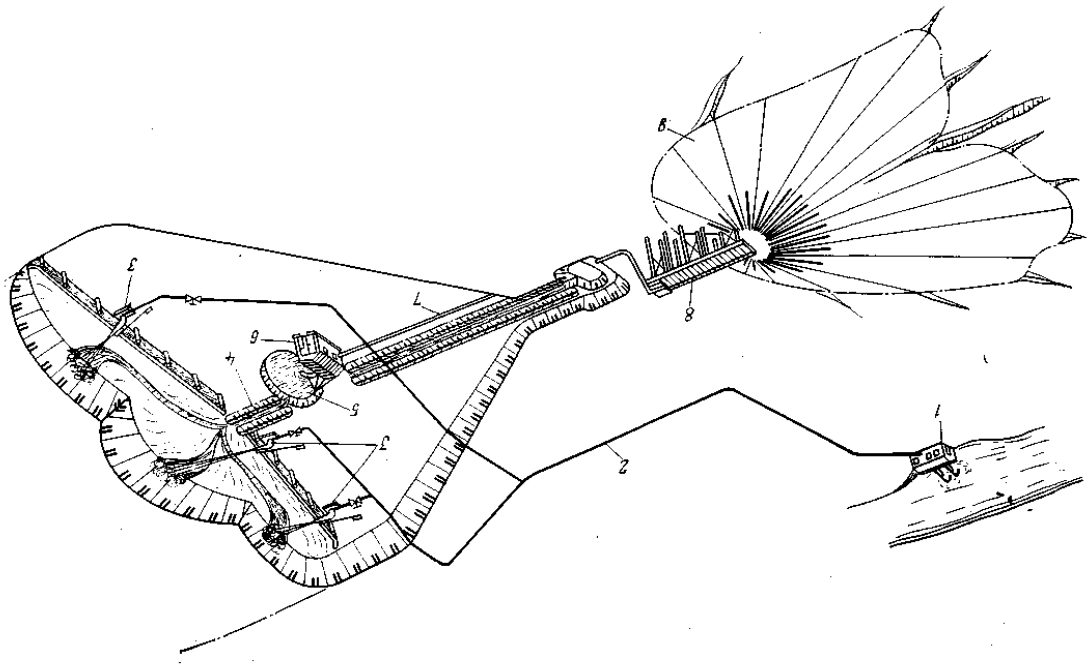
При розробці вугільних шламів гідромоніторами, відстань гідромоніторів від зумпфа й між собою змінюється залежно від ухилу плотика й гранулометричного складу порід. Відстань між зумпфом землесоса й першим гідромонітором (рис. 2.25) приймається в межах 55-60% від загальної довжини фронту (менше значення приймається при більш важких умовах транспортування). Відстань між гідромоніторами приймається залежно від умов видалення породи з вибою, висоти уступу і його стану. Однак ця відстань не повинна бути більше значення, обумовленого по формулі

$$l_м = (0{,}4 \div 0{,}5)L - (1 \div 1{,}2)H_y, \text{ м} \qquad (2.12)$$

де $l_м$ — максимальна відстань між гідромоніторами, м;

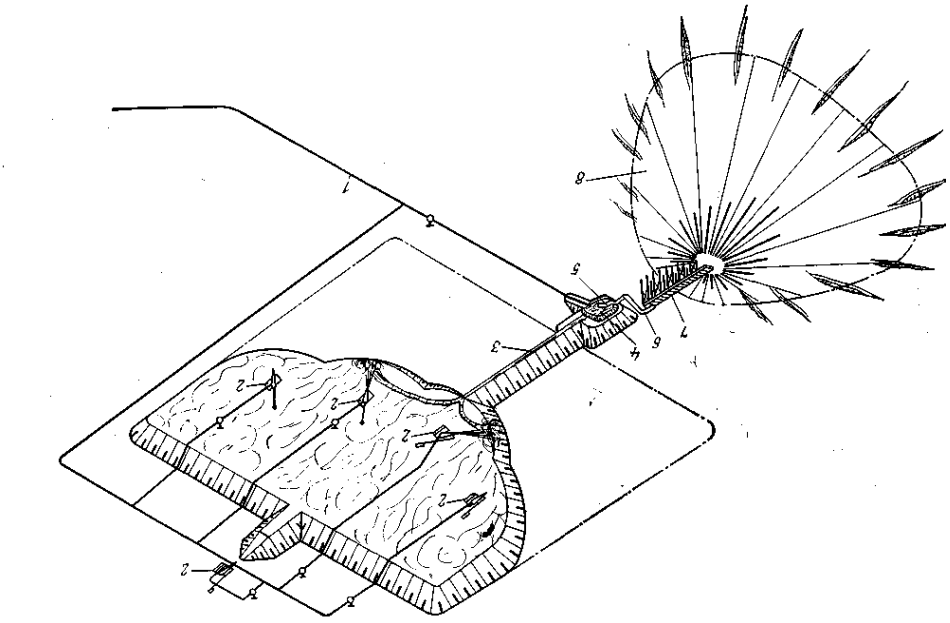
L — довжина вибою гідроустановки, м;

$H_у$ — висота уступу, м.



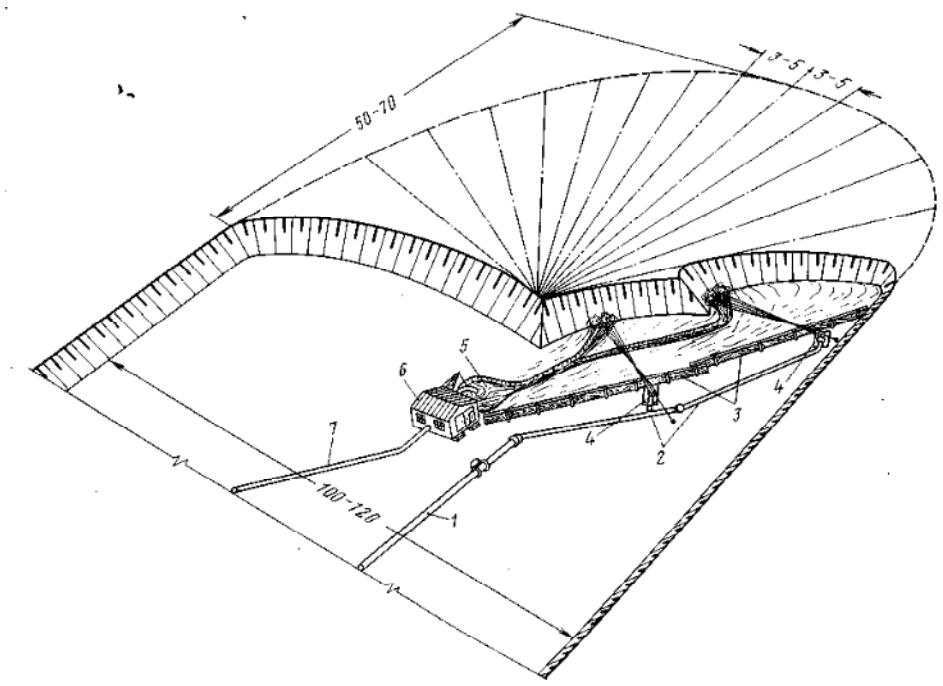
1 – насосна станція; 2 – водовід; 3 – гідромонітор; 4 – канава; 5 – зумпф;
6 – землесосна установка; 7 – пульповід; 8 – шлюз; 9 – відвал

Рисунок 2.22 – Схема розмиву порід зустрічним вибоєм



1- водовід; 2 – гідромонітор; 3 – канава; 4 – зумпф; 5- гідроелеватор; 6 – пульповід;
7 – шлюз; 8 – відвал

Рисунок 2.23 – Схема розмиву порід попутним вибоєм

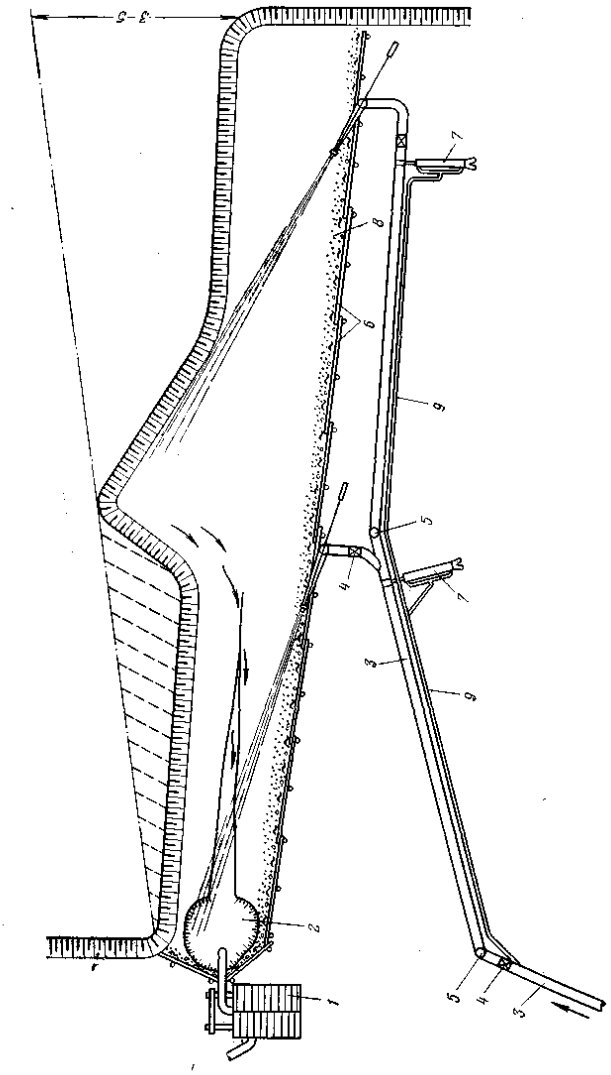


1– забійний водовід; 2 – поворотні відрізки водоводу діаметром 300-350 мм;
3 – напрямні щити; 4 – гідромонітор ГМН-250; 5 – зумпф; 6- землесосна станція;
7 – пульповід діаметром 250-300 мм

Рисунок 2.24 – Схема відпрацьовування полігона

При віяловій схемі розробки забійний водовід і гідромонітори можна переставляти за допомогою лебідок або гідравлічних домкратів. Застосування на водоводах двох шарнірів, установлених перед гідромоніторами, дозволяє їх переставляти без попереднього розбирання. Для полегшення пересувки гідромонітори встановлюють на спеціальні роликові візки, які переміщуються по дощатому настилу.

З метою збільшення транспортуючої здатності потоку й зменшення розтікання пульпи по вибою застосовують пульпонаправляючі щити висотою 0,4- 0,5 м (див. рис. 2.23), які обмежують потік на вузькому просторі й виключають можливості виходу пульпи на раніше зачищену площу. З метою запобігання втрат корисної копалини близько зумпфа встановлюють огороджувальні щити висотою не менш 1,5 м.



1– землесосна станція; 2 – зумпф ємністю 10-15 м^3;

3 – водовід діаметром 300-350 мм; 4 – засувки; 5 – шарніри; 6 – напрямні щити;

7 – гідроштовхач; 8 – намита порода;

9 – водовід діаметром 32-50 мм, що пересувається гідроштовхачем

Рисунок 2.25 – Схема відпрацьовування ділянки

Ділянка розсипу відпрацьовується секторними заходками шириною по окружності 3-6 м. Для поліпшення умов транспортування породи й ліквідації викиду пульпи за межі щитів канава промивається струменем гідромонітора в напрямку до зумпфа. Валуни, що зустрічаються при розмиві, діаметром більш 80-100 мм віддаляються з вибою за лінію щитів. Після відпрацьовування секторної заходки проводиться ретельне зачищення плотика струменем гідромонітора й за допомогою бульдозера. Застосування бульдозера особливо ефективно при зачищенні плотика на границі заходки з

укосом уступу, звідки видалення породи струменем гідромонітора досить важко. Плотик, як правило, зачищається в напрямку до зумпфа. Уздовж щитів плотик зачищається в останню чергу. Після збирання щитів проводиться зачищення за щитами. Після зачищення й випробування плотика проводиться пересувка гідромоніторів і напрямних щитів. При відпрацьовуванні наступної заходки послідовність операцій повторюється.

3 СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ГЛИБОКОГО ЗБАГАЧЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ

3.1 Дослідження кількісно-якісних показників вихідної сировини

3.1.1 Дослідження властивостей відходів вуглезбагачення

Вихідною сировиною для виробництва нового виду палива після попередньої переробки можуть служити як різні види відходів вуглезбагачення, так і низькоякісне, зокрема високосірчане, енергетичне вугілля.

Значна частина вугілля Донецького басейну характеризується низьким та середнім ступенем метаморфізму. Як правило, це вугілля має підвищений вміст сірки і високу зольність. При переробці такого вугілля утворюється велика кількість відходів. Лише у ілонакопичувачах Донбасу щорік складується більше 10 млн. т тонкозернистих шламів з вмістом органічної маси 25-40 %. Всього ж у вказаних накопичувачах знаходиться понад 120 млн. т відходів флотації, і запаси їх безперервно зростають. Складування їх супроводжується відторгненням значних площ (більше 1500 га) і екологічною напруженістю в регіоні.

В той же час напружений паливний баланс України і несприятлива екологічна обстановка Донбасу вимагає розробки ефективних способів енергетичного використання в паливному комплексі країни дрібнозернистих високобаластних вуглевмісних продуктів з відстійників шахт і ілонакопичувачів збагачувальних фабрик.

Якісні показники відходів вуглезбагачення вагаються в широких межах по глибині і площі розподілу, що ускладнює переробку сировини. При цьому кожен вид відходів вимагає ретельного вивчення його властивостей і індивідуального підходу при розробці технології його збагачення

Для проведення досліджень були вибрані відходи збагачення вугілля шахт «Росія», «Україна», «Червоноармійська», «Горська», «Суходольська», «Ізвестій». Вибір цих фабрик обумовлений можливістю дослідження збагачуваності різних марок вугілля і відходів різних технологічних процесів. Так, наприклад, основною технологічною операцією на ЦЗФ «Росія» є розділення вихідного живлення у важких

середах, для ЦЗФ «Червоноармійська» характерні відсадка і флотація, на ЦЗФ «Суходольська» застосовуються всі вищеперелічені методи.

Для ЦЗФ «Росія», «Україна», «Червоноармійська» характерне вугілля марки «ДГР» і «ГР»; для ЦЗФ «Горська» - вугілля марки «Г»; для ЦЗФ «Суходольська» - «Г» і «Ж»; для ЦЗФ «Ізвестій» - вугілля марки «А».

В процесі виконання досліджень була зібрана інформація за якістю вугілля шламів і продуктів збагачення вуглезбагачувальних фабрик Донецького басейну. У таблиці. 3.1 і 3.2 приведені дані про гранулометричний склад і розподіл золи і сірки в пробах вихідної шихти вугілля ЦЗФ «Горська» і шламів ЦЗФ «Україна».

Таблиця 3.1 - Характеристика проби вихідної шихти вугілля ЦЗФ «Горська»

Клас крупності, мм	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення, %	
		A^d	S^d	A^d	S^d
+ 2,5	21,81	17,90	3,36	11,81	24,03
1,6 – 2,5	12,77	23,10	3,26	8,92	13,65
0,63 – 1,6	19,15	28,10	2,90	16,29	18,21
0,4 – 0,63	9,05	29,30	2,79	8,02	8,27
0,2 – 0,4	8,67	33,30	2,83	8,74	8,05
0,063 – 0,2	7,08	37,30	3,17	7,99	7,35
0,038 – 0,063	4,71	47,30	2,81	6,74	4,34
-0,038	16,76	62,10	2,93	31,49	16,10
В цілому по пробі	100	33,05	3,05	100	100

Таблиця 3.2 – Характеристика проби шламів ЦЗФ «Україна»

Клас крупності, мм	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення, %	
		A^d	S^d	A^d	S^d
+ 2,5	2,48	40,20	3,48	1,77	2,33
1,6 – 2,5	1,82	44,90	2,89	1,45	1,42
1,0 – 1,6	3,24	36,70	3,12	2,11	2,73
0,4 – 1,0	22,95	34,80	3,13	14,20	19,37
0,2 – 0,4	20,26	42,90	3,40	15,45	18,57
0,1 – 0,2	12,01	64,10	5,56	13,68	18,01
0,063 – 0,1	5,32	72,70	8,13	6,88	11,66
0,038 – 0,063	3,80	75,00	10,27	5,07	10,52
- 0,038	28,12	78,80	2,03	39,39	15,39
В цілому по пробі	100	56,26	3,71	100	100

Зведені дані про зольність і вміст сірки у досліджуваних пробах продуктів вуглезбагачення наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Характеристика проб відходів вуглезбагачення

№ п/п	Шахта	Продукт	A^d, %	S^d_t, %	S^d_p, %
1	ЦЗФ "Моспинська"	шлам з дна відстійника	56,90	4,09	3,41
2	ЦЗФ "Моспинська"	шлам	38,80	1,66	1,51
3	ЦЗФ "Узловська"	шлам	37,00	1,49	1,34
4	ЦЗФ "Горлівська"	відходи флотації	66,50	1,31	0,98
5	ЦЗФ "Горлівська"	шлам	51,60	3,27	2,81
6	ЦЗФ "Комсомольська"	флотовідходи шламонакопичувача	73,40	2,26	2,04
7	ЦЗФ "Моспинська"	відходи флотації	49,00	1,92	1,42

Як випливає з приведених даних, зольність відходів вуглезбагачення змінюється в широких межах. У вивчених пробах діапазон зміни зольності складає 37 - 74 %. Вміст сірки загальної вагається від 1,3 до 4 %. Залежність між показником зольності і вмістом сірки загальної відсутній.

Вивчення гранулометричного складу вугільних проб і розподілу зольності і вмісту сірки по фракціях великої показало сповна певну тенденцію збільшення показника зольності в дрібних класах. Закономірності розподілу сірки виражені менш ясно.

3.1.2 Дослідження складу і властивостей пиловугільного палива

Для виробництва брикетованого палива може бути використане низькоякісне (відносно високозольне і високосірчане) вугілля після попереднього збагачення їх механічними методами.

Як об'єкти дослідження вибрані проби подрібненого вугільного палива, спалюваних на найбільш крупних ГРЕС України, таких як Луганська, Курахівська, Запорізька і Криворізька.

Багаточисельні дослідження складу вугілля Донецького басейну показують, що основна маса сірки представлена у вигляді дрібних піритових (FeS_2) включень, повне розкриття яких досягається при подрібненні вугілля до великої менше 0,1 мм. Результати збагачення тонкоподрібненого вугілля на збагачувальних фабриках по традиційних технологіях, заснованих на гравітаційних ефектах розділення горючої маси палива і його неорганічних домішок, показують низьку ефективність десульфурації, складовій не більше 15-20 % витягання сірки. Таким чином, традиційні методи не можуть бути визнані ефективними для вирішення завдання десульфурації тонкоподрібненого вугілля.

Об'єктивною умовою використання методу високоградієнтної магнітної сепарації вугілля є відмінність в магнітних властивостях горючої маси і неорганічних домішок, у тому числі і піриту, а також практична можливість розділення вказаним методом слабомагнітних часток крупністю до 5 мкм.

Складність видалення сірки механічними методами з енергетичного вугілля Донецького басейну обумовлена вельми тонкодисперсною вкрапленністю піриту. Переважає розмір зерен піриту 5-30 мкм. Питома магнітна сприйнятливість енергетичного вугілля вельми низька (10 -7 $м^3$/кг). При цьому контрастність властивостей продуктів магнітного збагачення досить висока.

Загальна характеристика досліджуваного вугілля приведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристика вугілля теплових електростанцій

№ п/п	Назва ГРЕС	Марка вугілля	A^d, %	S^d_t, %
1	Придніпровська	АШ	22,5	1,71
2	Криворізька	Т, ТО	28,1	2,57
3	Запоріжська	Г-Д	35,3	2,20
4	Курахівська	Шлами високозольні	41,0	2,21

Вміст сірки загальної в пиловугільному паливі складає 1,7-2,5 %. Зольність вагається в межах 22,5 - 41,0 %.

Нижче приведені результати дослідження мінерального і хімічного складу, а також магнітної сприйнятливості проб пиловугільного палива.

3.1.2.1 Пиловугільне паливо марки АШ

Гранулометричний склад проби пиловугільного палива марки АШ і розподіл сірки і зольності по класам крупності наведено в таблиці. 3.5

Петрографічний і мінеральний склад проби вугілля наведений в таблиці 3.6.

Як видно з приведених даних, порідні і піритові частки концентруються в класі - 0,038 мм, в якому зосереджене 56% золи і 42,5 % сірки загальної.

Таблиця 3.5 - Гранулометричний склад пиловугільного палива марки АШ

Крупність, мм	Ви-хід, %	Вміст, %			Вилучення %		
		A^d, %	S^d_t, %	S^d_p, %	A^d, %	S^d_t, %	S^d_p, %
+ 0,1	23,8	13,9	1,56	3,31	0,37	11,98	18,47
-0,1 +0,63	21,78	20,6	1,82	4,49	0,40	16,25	19,72
-0,63 +0,038	17,21	26,1	2,28	4,49	0,39	16,27	19,52
-0,038	37,93	40,4	2,24	15,32	0,85	55,50	42,28
В цілому		27,5	2,01	1,44	100	100	100

Таблиця 3.6 – Петрографічний та мінеральний склад проби вугілля

Продукти розподілу	Мінеральний склад, %				Форми входження сульфидів
	Глинисті	Карбонати	Кварц	Сульфі-ди	
Вихідна проба	5	2	2	2	90 % вільні; 10 % - включення у вітриніті (менше 5 мкм)
Магнітний	5	2	3	5	
Немагнітний	1	0,5	0,5	-	

Сульфіди представлені в основному (на 90%) дрібнозернистим розкритим піритом і на 10 % тонкодісперсним піритом, який зв'язаний у вітриніті і фюзеніті.

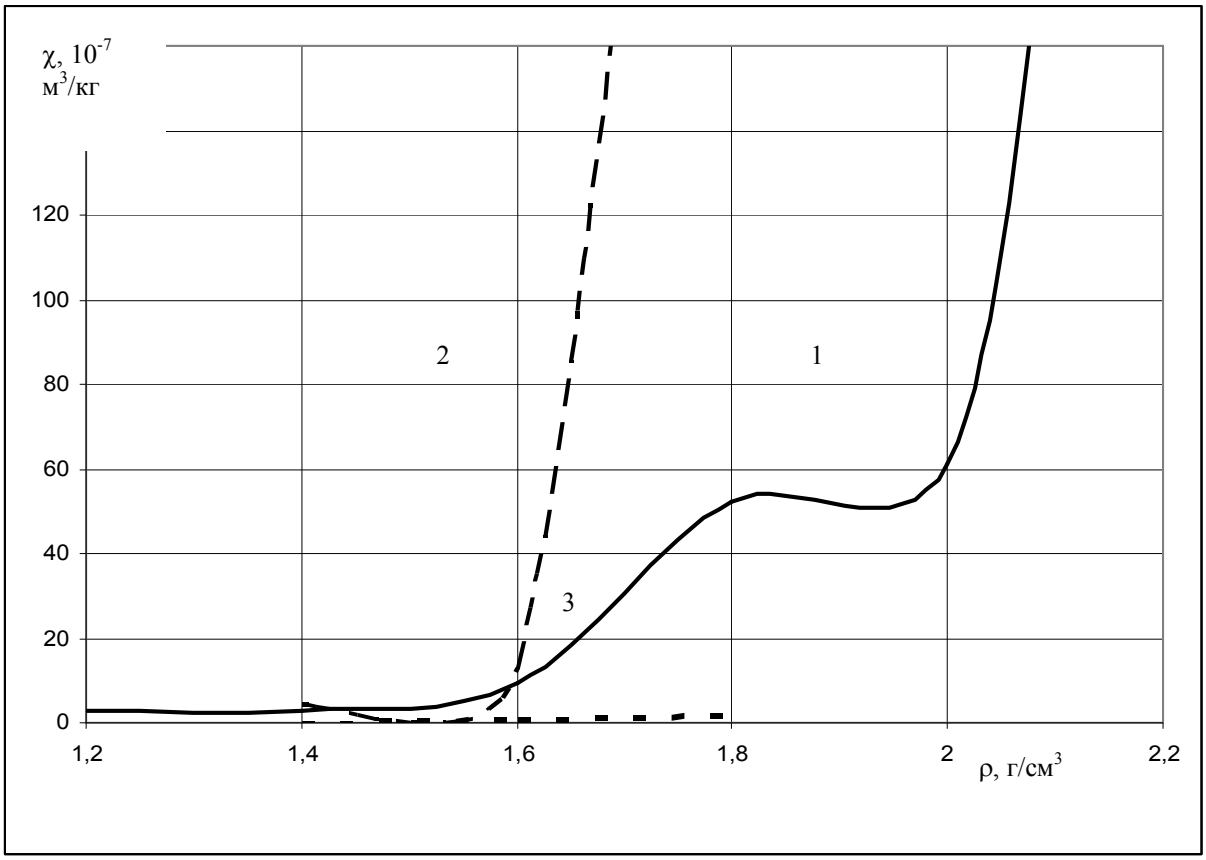
Розподіл величини питомої магнітної сприйнятливості в пробах пиловугільного палива свідчить про можливість використання магнітних методів для його збагачення.

Результати вимірів питомої магнітної сприйнятливості при різних значеннях індукції зовнішнього магнітного поля приведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Магнітні властивості продуктів розділення пиловугільного палива марки АШ

Фракції щильнос-ті, г/см^3	Ви-хід, %	A^d, %	S^d_t, %	S^d_p, %	Індукція зовнішнього магнітного поля, Тл				
					0,25	0,3	0,6	1,0	1,3
Вихідна проба (зольність 27,1%; сірка загальна 1,9 %)									
менш 1,4	0,09				2,96	-7,38	-2,22	-1,44	-0,39
1,4-1,6	3,83	3,3	1,16		2,71	2,35	1,23	0,64	0,40
0,6-1,8	47,70	6,4	1,02	0,48	9,59	8,71	5,40	3,44	2,66
1,8-2,0	24,30	25,1	1,89	1,31	52,4	48,0	30,1	20,1	18,3
2,0-2,1	1,12				61,2	55,4	34,6	27,1	
більш 2,1	22,96	74,9	33,7	33,7	201,0	277,0			
Немагнітний продукт (зольність 10,4 %; сірка загальна 0,7 %)									
менш 1,4	0,13								
1,4-1,6	10,83	3,8	0,82	0,81	-0,35	-0,29	-0,44	-0,52	-0,55
0,6-1,8	77,18	8,9	0,95	0,48	0,28	0,12	-0,13	-0,25	-0,30
1,8-2,0	10,21	9,9	1,49	1,15	1,52	1,92	0,78	0,50	0,38
2,0-2,1	0,42								
більш 2,1	1,24								
Магнітний продукт (зольність 42,4 %; сірка загальна 2,9 %)									
менш 1,4	0,14								
1,4-1,6	5,09	4,6	1,98	1,06	4,41	3,83	2,18	0,76	0,92
0,6-1,8	35,53	8,1	1,20	0,87	12,7	11,4	7,13	4,72	3,76
1,8-2,0	19,41	36,2	2,42	1,8	416	38,5	25,0	20,3	
2,0-2,1	1,16								
більш 2,1	38,68	73,9	4,21	3,94					

На рис. 3.1 показана залежність питомої магнітної сприйнятливості матеріалу гранулометричних фракцій від щільності.



1 - вихідна проба; 2 – магнітний продукт; 3- немагнітний продукт

Рисунок 3.1 – Залежність питомої магнітної сприйнятливості матеріалу гранулометричних фракцій від щільності

3.1.2.2 Пиловугільне паливо марки Т (Криворізька ГРЕС)

Дані про розподіл по фракціях щільності золи і сірки у пробі пиловугільного палива приведені в таблиці. 2.8.

Окрім виходу фракції, її зольності і вмісту елементів в таблиці приведені розраховані коефіцієнти концентрації $К_к$ (відношення вмісту у фракції до вмісту у вихідній пробі) і вилучення золи і сірки в кожну фракцію.

Зольність фракцій у міру зростання щільності зростає приблизно в 10 разів з 7,4% у фракції менше <1,6 г/см^3 до 72,5 % у фракції > 2,89 г/см^3, що говорить про добре

розкриття матеріалу і відділення породної складової у фракції >2,1 г/см^3. Перерозподіл сірки загальної по фракціях йде нерівномірно.

Таблиця 3.8 – Фракційний склад пиловугільного палива марки Т

Щильність, г/см^3	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення, %		$К_к$	
		A^d	S^d	A^d	S^d	A^d	S^d
< 1,6	37,9	7,4	1,38	10,37	26,80	0,27	0,71
1,6 – 1,8	24,9	11,8	1,63	10,87	20,79	0,44	0,84
1,8 – 2,1	11,3	23,6	1,87	9,86	10,83	0,87	0,96
2,1 – 2,89	13,6	71,4	0,94	35,91	6,55	2,64	0,48
> 2,89	12,3	72,5	5,56	32,98	35,04	2,68	2,85
В цілому	100	27,04	1,95	100	100		

Сірка загальна концентрується у фракції >2, 89 г/см^3 і представлена в основному піритною формою. Породна складова вугілля щільністю 2.1 -2,89 г/см^3 несе в собі слабку міру сульфідизації ($К_к$ =0,48). У фракції > 2,1 г/см^3 вилучається 58 % сірки загальною із збільшення вмісту від легких до важких. Крім того, сірка може існувати у вільному мінеральному стані у формі піриту, що підтверджується мінералогічними дослідженнями.

3.1.2.3 Пиловугільне паливо марок Г-Д Запорізької ГРЕС

Дані про розподіл по фракціям щільності золи і сірки у пробі пиловугільного палива приведені в таблиці 3.9.

Основною фракцією щільності є фракція <1,6 г/см^3, вихід її 48 %. Зольність фракцій у міру зростання щільності зростає в 7 разів, сірка загальна - в 5 разів.

Більше половини порідної складової міститься в 2-х найбільш важких фракціях, зольність яких складає більше 70 %, а сумарний вихід 25 %. Розподіл зольності по фракціях щільності свідчить про те, що гравітаційні методи збагачення можуть бути вельми ефективні для зниження зольності вугілля марки Г-Д.

При цьому закономірності розподілу сірки по фракціях щільності виражені набагато менш ясно (рис. 3.2).

Таблиця 3.9 – Фракційний склад пиловугільного палива марок Г-Д

Щильність, г/см^3	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення, %		$К_к$	
		A^d	S^d	A^d	S^d	A^d	S^d
< 1,6	48,1	11,1	1,73	17,77	37,54	0,37	0,78
1,6 – 1,8	15,7	17,4	1,97	9,09	13,95	0,58	0,89
1,8 – 2,1	10,2	35,2	2,62	11,95	12,06	1,17	1,18
2,1 – 2,89	15,9	70,9	1,01	37,52	7,24	2,36	0,46
> 2,89	10,1	70,4	6,41	23,67	29,21	2,34	2,89
В цілому	100	30,04	2,22	100	100		

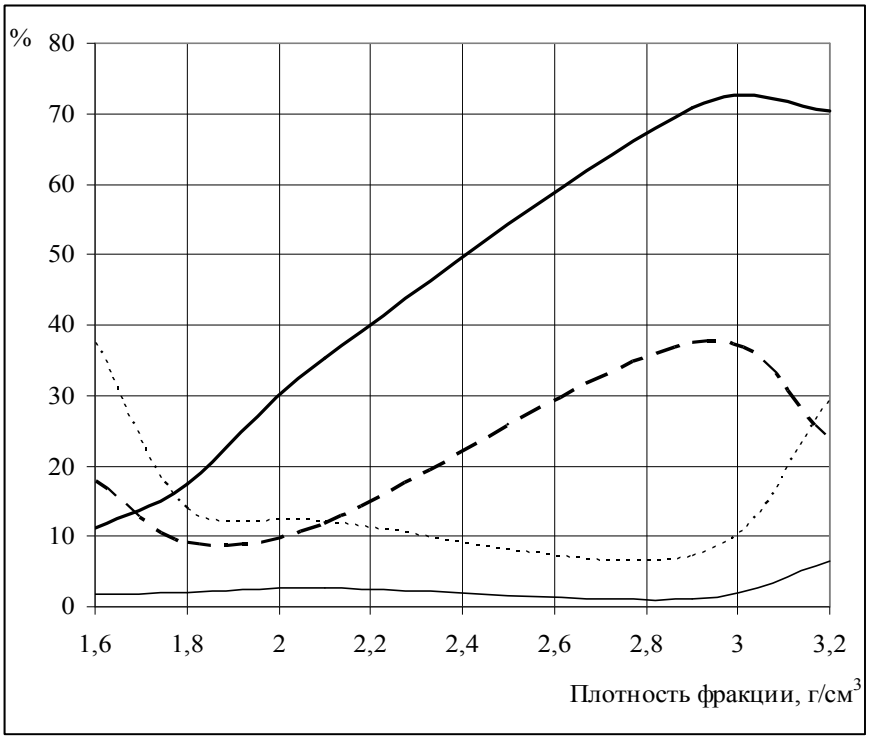


Рисунок 3.2 – Залежність вмісту золи і сірки та їхнього вилучення від щільності у вугіллі марки Г-Д

Наведені дані свідчать, що хоча вміст сірки загальної значно підвищується в найважчій фракції, показник вилучення для неї не перевищує 37 %, тому для вида-

лення сірки з такого вугілля повинні застосовуватися інші методи збагачення, наприклад магнітна сепарація.

3.1.3 Дослідження супутніх елементів у вугіллі Донецького басейну

У енергетичному вугіллі різних марок містяться в значних кількостях важкі метали, токсичні і особливо шкідливі елементи, такі як ртуть, свинець, цинк, миш'як, фтор, цинк та інші. В процесі проведених досліджень вивчений вміст елементів домішок у вугіллі Придніпровської, Курахівської, Запорізької і Криворізької ГРЕС (табл. 3.10).

Для визначення вмісту елементів домішок застосовувалися різні методи аналізу. Так, вміст миш'яку, германію, галію визначався хімічними методами; фтору - спектральним кількісним аналізом; літію, рубідію, цезію - полум'яною фотометрією; інших елементів - напівкількісним аналізом.

Рідкі і розсіяні елементи у вугіллі можуть входити до складу органічної частини вугілля у вигляді солей органічних кислот або ізоморфних домішок комплексних з'єднань, а також до складу мінеральної частини вугілля у вигляді ізоморфних домішок або змінних іонів. Інколи вони утворюють власні мінерали.

Нікель, хром, свинець, цинк концентруються в основному у важких фракціях. Вони, як правило, приурочені до сульфідів і знаходяться у вугіллі у вигляді ізоморфних домішок і інколи у вигляді сульфідів (галеніт, сфалерит). Ці елементи є особливо небезпечними при попаданні в повітряне середовище. Зменшення їх концентрації може бути досягнуте за допомогою магнітних методів збагачення вугілля.

Галій пов'язаний як з органічною речовиною, так і з мінеральною фазою. Дуже часто його носієм є глинисті мінерали.

Ванадій також є шкідливим компонентом. Він, як правило, пов'язаний з органічною речовиною важких фракцій.

Наступну групу елементів складають фтор, берилій, лантан і скандій. Вони пов'язані в основному з органічною речовиною вугілля і повинні концентруватися в немагнітній фракції.

Таблиця 3.10 – Розподіл супутніх елементів

Елемент	ГРЕС			
	Курахівська	Запорізька	Придніпровська	Криворізька
1	2	3	4	5
Миш'як	20,7	18,4	17,2	12,7
Фтор	141,4	86.0	109,1	132,0
Ртуть	0,0	0,2		0,2
Берилій	0,6	1,2	0,9	0,9
Марганець	82,1	55,7	87,3	75,0
Нікель	17,0	17,4	25,0	20,0
Ванадій	32,0	24,0	56,7	29,0
Хром	27,0	21,0	78,4	33,0
Кобальт	7,2	10,0	7,6	7,5
Свинець	12,0	11,0	39,1	19,0
Цинк	26,2	50,0	37,2	11,3
Вісмут	1,0	1,3	1,0	1,0
Германій	3,4	6,0	1,2	1,9
Галій	62,1	70,0	10,0	4,0
Ніобій	10,3	11,0	12,3	10,0
Молібден	0,7	7,5	2,3	0,6
Олово	1,3	7,5	2,5	1,9
Мідь	23,1	17,0	27,7	16,3
Літій	84,0	110,0	43,0	66,3
Рубідій	100,0	0,1		31,8
Цезій	7,0	0,0		3,2
Стронцій	300,0	300,0	560,0	1160,0
Барій	320,0	410,0	1116,0	400,0
Срібло	0,0030	0,0020	0,0070	0,0013
Магній	3926,0	344,0		
Кальцій	7742,0	5166,0		
Титан	1350,0	1231,0	1620,0	1500,0
Цирконій	43,0	54,0	80,5	10,0
Лантан	10,0	10,0	10,8	10,0
Ітрій	10,0	12,1	10,0	10,0
Ітербій	0,2	0,2	0,4	0,3
Скандій	4,0	3,2	4,2	2,1

Інші елементи пов'язані як з вуглецевою, так і з мінеральною речовиною вугілля, і в процесі гравітаційного і магнітного збагачення перерозподілу їх не очікується.

3.2 Розробка технологічних схем переробки вугільних відходів

3.2.1 Переробка відходів вуглезбагачення

Результати дослідження складу і властивостей відходів збагачення вугілля шахт «Моспінська», «Узловська», «Горлівська» і «Комсомольська» дозволили зробити висновок про доцільність використання методу високоградієнтної магнітної сепарації для подальшої переробки цих матеріалів з метою здобуття сировини для створення брикетованого палива.

Були виконані лабораторні дослідження по збагаченню шламів і відходів флотації перерахованих вище шахт. Досліджувався переважно вплив індукції поля на ефективність зниження зольності і знесірчення відходів вуглезбагачення. Індукція змінювалася від 1,0 до 5,0 Тл. Результати проведених випробувань приведені в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Результати лабораторних іспитів з переробки відходів вуглезбагачення шахт Донецького басейну

Шахта	Продукт	Фракція	Індукція, Тл	Вихід, %	Вміст			Вилучення		
					A^d %	$S_{заг}$, %	$S_{пір}$, %	A^d %	$S_{заг}$, %	$S_{пір}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЦЗФ "Моспинська"	шлам з дна відстійника	нем	2,5	40,1	36,80	3,48	2,96	26,4	35,4	34,3
		маг	2,5	59,9	68,70	4,26	3,80	73,6	64,6	65,7
		нем	5,0	34,0	29,20	2,24	2,39	17,8	18,9	23,2
		маг	5,0	66,0	69,60	4,94	4,07	82,2	81,1	76,8
ЦЗФ "Моспинська"	шлам	нем	1,0	34,9	31,00	1,49	0,99	33,0	33,2	26,9
		маг	1,0	65,1	33,70	1,61	1,44	67,0	66,8	73,1
		нем	5,0	22,1	32,1	1,20	1,12	20,9	12,2	12,2
		маг	5,0	77,9	34,4	2,45	2,29	79,1	87,8	87,8

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЦЗФ "Узловська"	шлам	нем	1,0	78,4	32,70	1,20	0,93	65,7	65,6	64,7
		маг	1,0	21,6	61,90	2,28	1,84	34,3	34,4	35,3
		нем	5,0	62,3	29,00	1,17	0,76	45,3	50,6	41,5
		маг	5,0	37,7	57,80	1,89	1,77	54,7	49,4	58,5
ЦЗФ "Горлівська"	відходи флотації	нем	1,0	81,4	56,00	1,23	0,92	75,7	75,4	75,0
		маг	1,0	18,6	78,80	1,76	1,34	24,3	24,6	25,0
		нем	5,0	60,9	47,80	1,16	0,83	49,4	49,1	47,8
		маг	5,0	39,1	76,30	1,87	1,41	50,6	50,9	52,2
ЦЗФ "Горлівська"	шлам	нем	1,0	65,40	47,80	1,86	1,73	55,9	55,0	53,8
		маг	1,0	34,60	71,40	2,88	2,81	44,1	45,0	46,2
		нем	5,0	43,70	31,60	0,54	0,52	24,8	12,2	12,1
		маг	5,0	56,30	74,50	3,01	2,94	75,2	87,8	87,9
ЦЗФ "Моспинська"	відходи флотації	нем	5,0	64,70	42,30	1,43	1,04	58,5	52,4	51,3
		маг	5,0	35,30	55,10	2,38	1,81	41,5	47,6	48,7
ЗФ "Комсомольська"	флотовідходи шламонакопичувача	нем	1,0	78,30	62,50	2,16	1,86	74,3	76,5	74,6
		маг	1,0	21,70	78,00	2,40	2,29	25,7	23,5	25,4
		нем	7,0	35,70	69,10	2,03	1,67	32,9	29,2	28,4
		маг	7,0	64,30	78,10	2,73	2,34	67,1	70,8	71,6

Залежність показників вилучення золи та сірки від індукції магнітного поля в робочій зоні сепаратора показана на рис. 3.3.

Наведені дані свідчать, що підвищення індукції зовнішнього магнітного поля до 5-7 Тл дозволяє значно підвищити вилучення в магнітний продукт золи та сірки з відходів вуглезбагачення. Вилучення золи та сірки при підвищенні індукції збільшується в 1,2-2 рази, як наприклад для шламів ЦЗФ «Горська». Однак підвищення вилучення цих компонентів обумовлено здебільшого підвищенням виходу магнітного продукту, оскільки вміст золи та сірки у ньому практично не змінюється. У деяких пробах з підвищенням індукції у робочій зоні сепаратора спостерігається зниження вмісту золи та сірки у немагнітному продукті на 5-15 відносних відсотків.

Наведені дані також свідчать про ефективність застосування магнітної сепарації для видалення золи та сірки з відходів вуглезбагачення вугільних фабрик Донбасу. Показник вилучення шкідливих компонентів складає від 44 до 87 %.

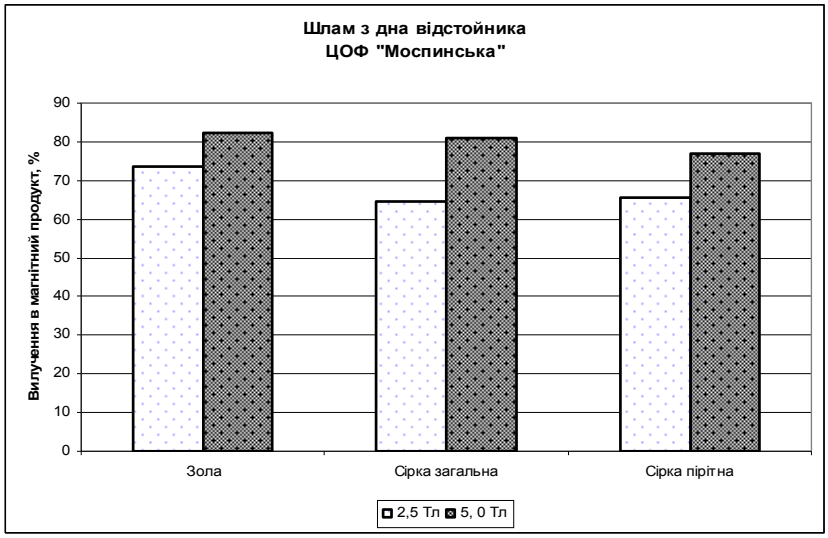
3.2.2 Видалення сірки з пиловугільного палива

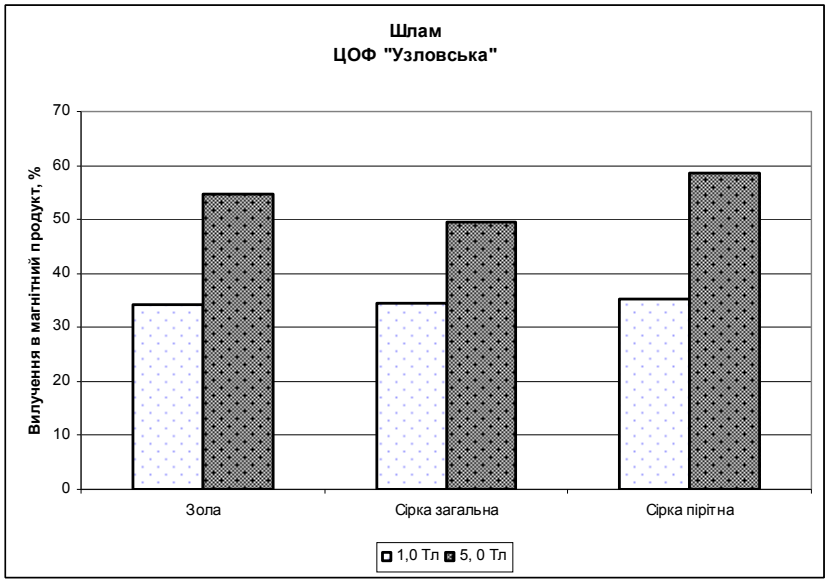
У лабораторії збагачення Національного гірничого університету проведені дослідження по збагаченню проб енергетичного вугілля методами високоградієнтної магнітної сепарації (ВГМС).

Об'єктом дослідження вибране вугілля марок АШ, Г-Д та високозольні шлами, що широко використовуються на теплоелектростанціях.

Висока міра розкриття сульфідів при тонкому подрібненні дозволяє ефективно вилучати сульфіди з вугілля методом ВГМС. В результаті збагачення весь вільний пірит і частково зв'язаний у вітриніті переходить в магнітний продукт. Вміст сірки загальної знижується на 0,7 %, піритової - на 0,9 %.

Технологічні випробування вироблялися на лабораторних стендах ВГМС з горизонтальним і вертикальним магнітним полем. Застосовувалися два типи феромагнітних матриць: сітки просічені і кулі.





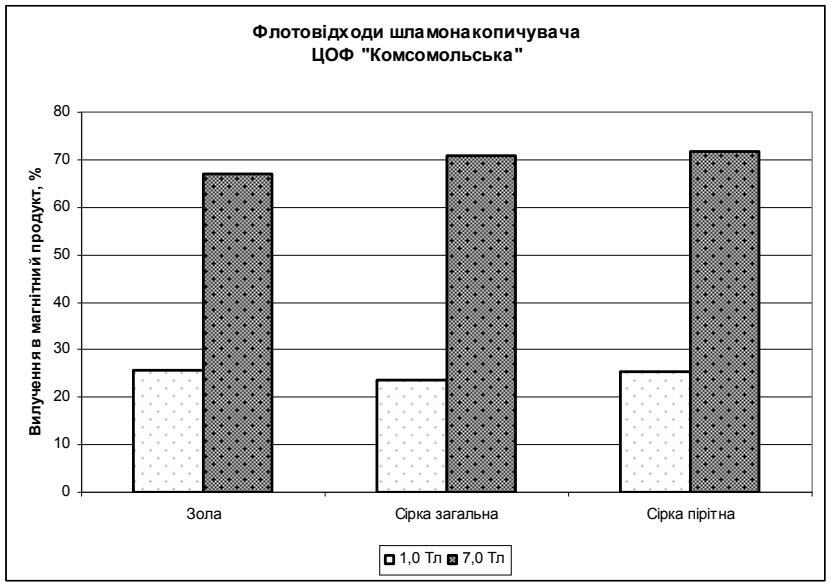


Рисунок 3.3 – Показники вилучення золи та сірки в магнітний продукт в залежності від індукції магнітного поля

Результати досліджень дозволили визначити раціональні режими сепарації для вугілля: індукція 0,8 Тл, швидкість руху пульпи 3,8 см/сек; навантаження на матрицю 25 г/см^2; вертикальне поле; матриця – просічні сітки.

Технологічні показники збагачення, які отримані в результаті лабораторних випробувань, приведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 - Результати збагачення проби високосірчаного вугілля на лабораторному стенді ВГМС

Індукція, Тл	Продукт розподілу	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення. %	
			Зольність	Сірка загальна	Зольність	Сірка загальна
0,2	Немагнітний	42,49	15,20	1,68	24,83	97,23
	Магнітний	57,08	34,60	2,13	75,17	62,77
0,4	Немагнітний	44,09	12,60	1,35	19,51	27,48
	Магнітний	55,91	41,00	2,81	80,49	72,52
0,6	Немагнітний	40,80	10,40	1,07	15,97	23,21
	Магнітний	59,20	37,70	2,44	84,03	76,79
0,8	Немагнітний	48,40	10,70	0,94	19,14	23,32
	Магнітний	51,60	42,40	2,9	80,80	76,68
1,0	Немагнітний	40,02	10,10	1,06	14,33	20,22
	Магнітний	59,98	40,30	2,79	85,67	79,78

Вперше магнітними методами отримані відходи з високою зольністю (65-75%), що дозволило розробити магнітні схеми збагачення енергетичного вугілля різних марок. Розроблені схеми забезпечують вилучення 55-65 % сірки і 60-70 % золи у відходи.

Техніко-економічний аналіз розроблених технологій показує, що втрати горючої маси з відходами збагачення повністю компенсуються підвищенням коефіцієнту корисної дії при їх перекладі на спалювання збагаченого вугілля.

Крім того, в лабораторних умовах розроблені магнітні і магнітно-флотаційні та гравітаційно-магнітні двох- і трьох продуктові схеми десульфурації та збагачення енергетичного вугілля, що спалюється на Запорізькій, Придніпровській і Кураховській ГРЕС.

Для вугілля Запорізької і Криворізької ГРЕС (80 % рядове вугілля) розроблені схеми з доведенням магнітного і немагнітного продуктів (рис. 3.4а). При цьому вміст золи в концентраті понижений на 14 і 16 % відповідно, сірки загальної - на 0,9% і 1 %.

Для вугілля Придніпровської ГРЕС марки АШ (промпродукт) схема передбачає подвійне перечищення магнітного продукту (рис. 3.4б). При цьому вміст золи і сірки знижується на 12,5 і 0,9 % відповідно.

Вугілля Кураховської ГРЕС представлене, в основному, високозольними шламами, і збагачувалося за схемою, яка представлена на рис. 3.4в. Трикратне перечищення немагнітного продукту дозволило понизити вміст золи на 15 %, сірки загальної – на 1,4 %.

Результати збагачення енергетичного вугілля за магнітними схемами наведені у табл. 3.13.

Таблиця 3.13 - Результати збагачення енергетичного вугілля за магнітними схемами

ГРЕС	Продукти розділення	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення, %	
			A^d	S^d_t	A^d	S^d_t
Кураховська	концентрат	41,7	27,2	0,93	26,8	23,6
	промпрод	21,3	37,7	1,95	19,1	18,1
	хвости	37,0	61,4	3,62	54,1	58,3
Запорізька	концентрат	64,4	22,0	1,52	38,8	40,9
	промпрод	12,4	47,1	3,13	16,0	16,2
	хвости	23,2	71,1	4,42	45,2	42,9
Криворізька	концентрат	55,6	13,2	1,7	24,9	35,3
	промпрод	15,4	25,6	2,49	13,30	14,20
	хвости	29,0	63,0	4,70	61,80	50,5

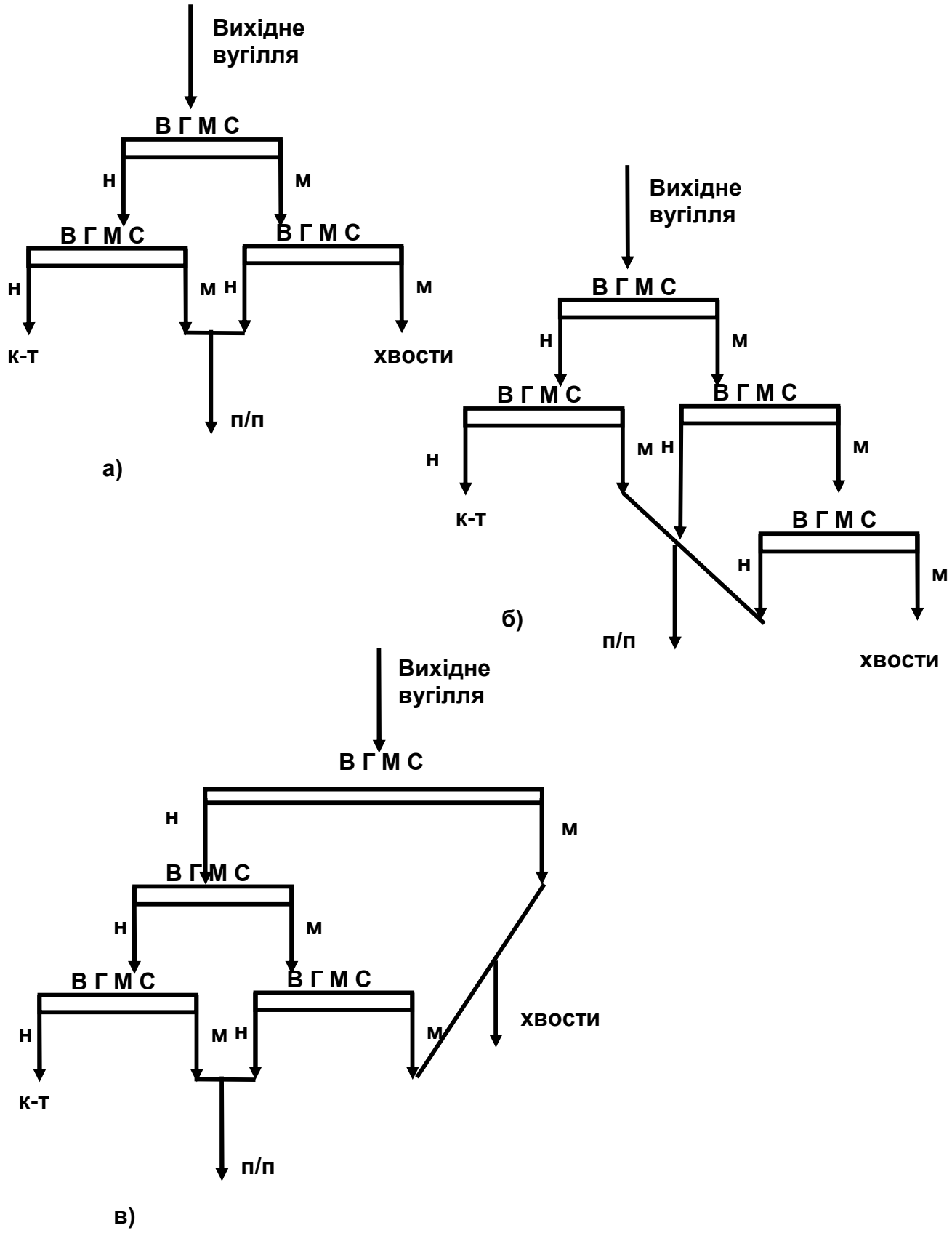


Рисунок 3.4 – Схеми магнітного збагачення енергетичного вугілля

Трьохпродуктові схеми дозволяють отримувати відвальні «хвости» і промпродукт. Реалізація трьохпродуктових схем можлива шляхом перечистки магнітного продукту на окремому сепараторі або при використанні спеціального трьохпродуктового високоградієнтного магнітного сепаратора.

Більш високі технологічні показники були отримані при використанні гравітаційно-магнітних та магнітно-флотаційних схем збагачення.

Результати збагачення енергетичного вугілля Придніпровської і Криворізької ГРЕС за гравітаційно-магнітними схемами наведені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 - Результати збагачення енергетичного вугілля за гравітаційно-магнітними схемами

ГРЕС	Продукти розділення	Вихід, %	Вміст, %			Вилучення, %		
			A^d	S^d_t	S^d_p	A^d	S^d_t	S^d_p
Придніпровська	концентрат	76,01	5.42	1,24	0,66	22,48	515,90	39,24
	Промпрод.	6,52	44,78	6,50	5,85	15,92	23,22	29,80
	хвости	17,47	64,65	2,59	2,27	61,59	24,88	30,96
Криворізька	концентрат	58,97	7,74	1,88	1,04	14,66	39,03	29,57
	Промпрод.	12,35	34,72	5,08	4,21	14,28	22,03	24,99
	хвости	28,68	74,47	3,87	3,30	71,06	38,94	45,44

Результати збагачення енергетичного вугілля за магнітно-флотаційними схемами наведені в табл. 3.15.

Результати випробувань гравітаційно-магнітних і магнітно-флотаційних схем свідчать про те, що використання даних технологій дозволить отримати високоякісне паливо з енергетичного вугілля. З метою зниження втрат горючої маси з проміжними продуктами розроблена пропозиція по спалюванню їх на окремому енергоблоці, який обладнаний системою хімічного очищення димових газів від SO_2.

Таблиця 3.15 - Результати збагачення енергетичного вугілля за магнітно-флотаційними схемами

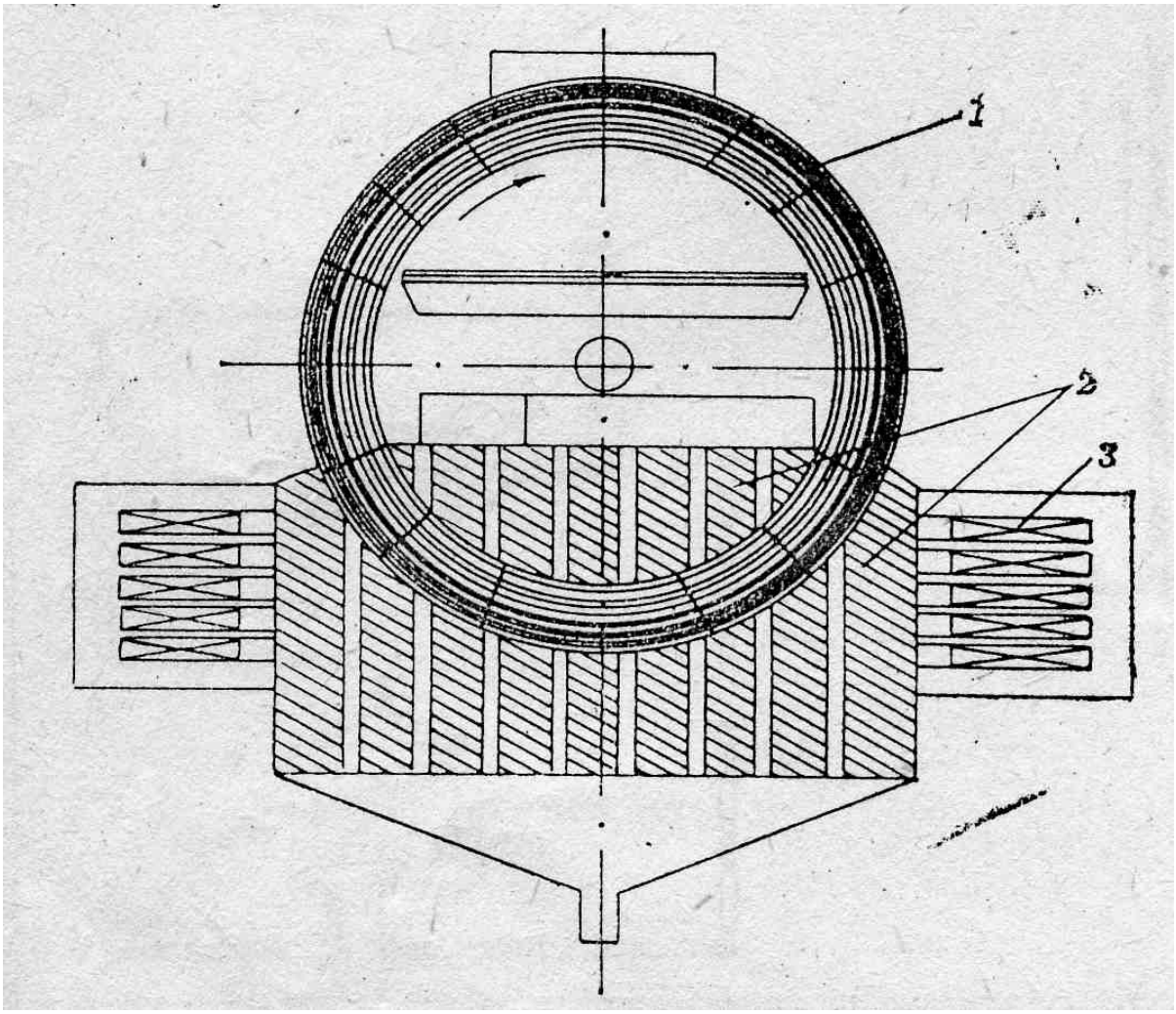
ГРЕС	Продукти розділення	Вихід, %	Вміст, %		Вилучення, %	
			A^d	S^d_t	A^d	S^d_t
Кураховська	концентрат	48,7	18,4	1,71	21,4	36,3
	промпрод	32,1	59,5	1,98	45,7	27,6
	хвости	19,2	71,5	4,30	32,9	36,1
Криворізька	концентрат	67,8	9,80	1,83	25,9	46,5
	промпрод	19,4	41,3	5,15	31,4	37,5
	хвости	12,8	85,5	3,33	42,7	16,0

Дослідження показали, що використання високоградієнтних магнітних сепараторів, що випускаються серійно, є недоцільним через низькі техніко-економічні показники їхньої роботи.

На рис. 3.5 показана схема сепаратора, що призначений для десульфурації та збагачення енергетичного вугілля, а в табл. 3.16 наведені основні конструктивні параметри сепараторів різної продуктивності.

Таблиця 3.16 – Конструктивні параметри високоградієнтних магнітних сепараторів

Продуктивність, т/год	Діаметр робочого колеса, м	Ширшина робочого колеса, м	Маса магнітопровода, т	Маса обмотки, т	Маса сепаратора, т	Опір обмотки, Ом	Потужність сепаратора, кВт
2	0,7	0,2	1,2	0,65	2,10	3,03	57,7
5	1,0	0,3	2,0	0,92	3,25	4,43	84,48
8	1,0	0,5	4,5	0,96	6,0	4,9	93,3
16	1,4	0,7	6,0	1,20	7,8	5,25	99,9
80 (100)	2,5	10	20	2,50	24,0	8,12	155,6



1 – робочий орган з матрицею; 2 – магнітопровід;

3 – катушки електромагнітної системи

Рисунок 3.5 – Схема високоградієнтного магнітного сепаратора для десульфурації дрібного енергетичного вугілля

3.2.3 Видалення рідких і токсичних елементів при збагаченні вугілля

Високоградієнтна магнітна сепарація є досить ефективним методом для очищення вугілля від шкідливих домішок, таких як цинк, свинець, хром, ванадій та інші.

В табл. 3.17 – 3.20 та на рис. 3.6 наведені дані про перерозподіл супутніх елементів по продуктам магнітного розділення енергетичного вугілля різних марок.

Таблиця 3.17 – Розподіл супутніх елементів по продуктах магнітного збагачення вугілля марки АШ (Придніпровська ГРЕС)

№	Елементи	Вміст у вихідному вугіллі, %	Немагнітний продукт		Магнітний продукт	
			Вихід 80 %		Вихід 20 %	
			Вміст, %	Вилучення, %	Вміст, %	Вилучення, %
1	Миш'як	17,2	11,4	55,02	36,0	46,98
2	Фтор	109,1	117,2	85,42	80,0	14,52
3	Ртуть					
4	Берилій	0,88	0,71	90,2	0,31	9,8
5	Марганець	87,3	33,0	26,9	359,0	73,1
6	Нікель	25,0	20,0	18,36	35,8	81,65
7	Ванадій	56,7	45,0	67,93	84,06	32,07
8	Хром	78,4	46,0	59,71	124,18	40,29
9	Кобальт	7,6	7,7	62,67	18,35	37,33
10	Свинець	39,1	18,0	39,39	110,9	60,61
11	Цинк	37,2	200,0	87,77	111,44	12,23
12	Вісмут	1,0	1,08	81,2	1,0	18,8
13	Германій	1,2	0,7	63,93	1,58	36,07
14	Галій	10,0	8,5	59,97	22,70	40,03
15	Ніобій	12,3	12,0	73,34	17,45	26,66
16	Молібден	2,3	1,5	49,7	5,4	50,3
17	Олово	2,5	2,2	68,6	4,03	31,41
18	Мідь	27,7	20,0	51,3	75,94	48,7
19	Літій	43,0	31,0	67,64	59,32	32,36
20	Рубідій					
21	Цезій					
22	Стронцій	560,0	550,0	78,6	598,0	21,4
23	Барій	1116,0	920,0	71,0	1504,4	29,0
24	Срібло	0,0070	0,03	81,5	0,0017	18,5
25	Магній					
26	Кальцій					
27	Титан	1620,0	1540,0	80,0	1955,2	20,0
28	Цирконій	80,5	85,0	85,0	68,72	15,0
29	Лантан	10,8	11,0	81,5	10,0	18,5
30	Ітрій	10,0	11,0	81,5	10,0	18,5
31	Ітербій	0,4	0,43	77,83	0,49	22,17
32	Скандій	4,2	6,1	85,7	4,08	14,3

Таблиця 3.18 – Розподіл супутніх елементів по продуктах магнітного збагачення вугілля марок Т, ТО (Криворізька ГРЕС)

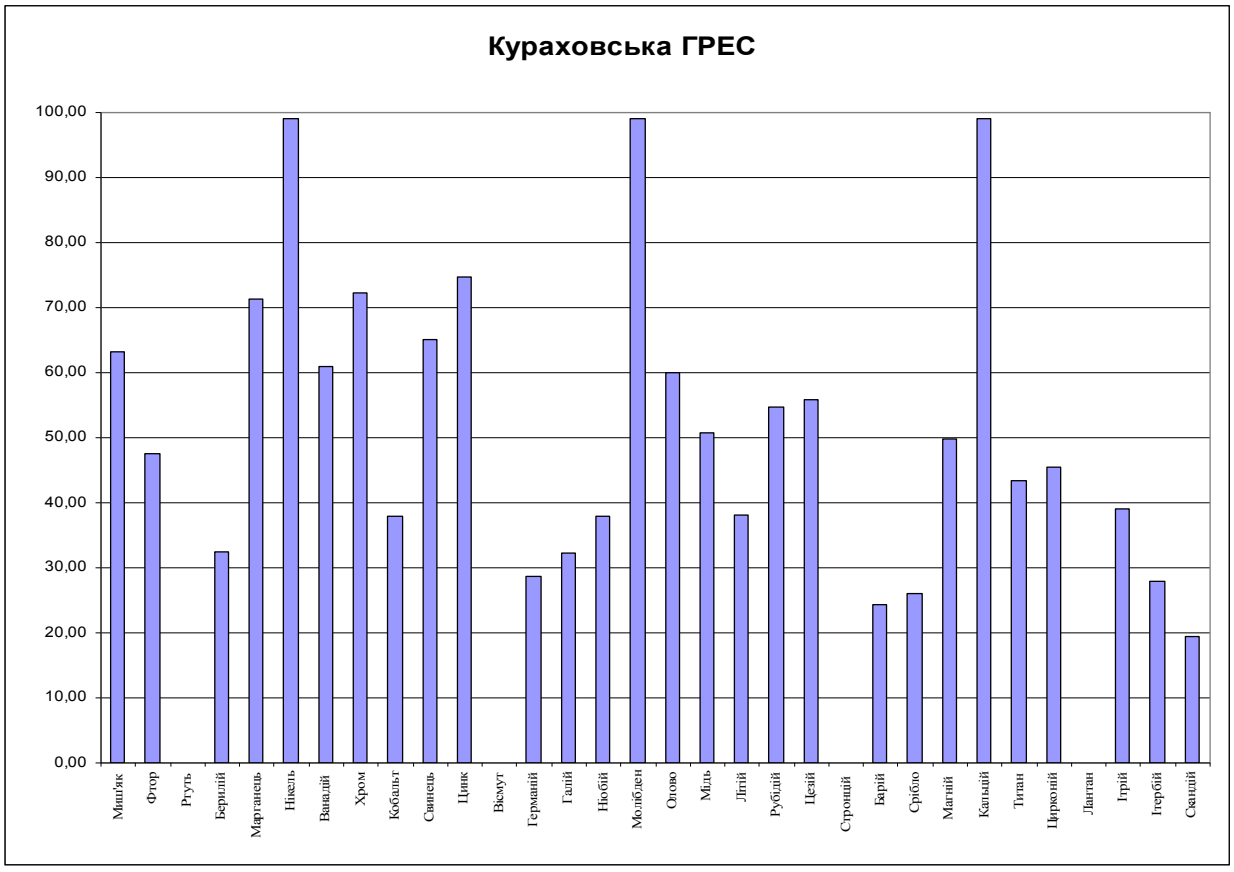
№	Елементи	Вміст у вихідному вугіллі, %	Немагнітний продукт		Магнітний продукт	
			Вихід 75 %		Вихід 25 %	
			Вміст, %	Вилучення, %	Вміст, %	Вилучення, %
1	Миш'як	12,7				
2	Фтор	132,0				
3	Ртуть	0,152				
4	Берилій	0,9	13,0	85,7	0,5	14,3
5	Марганець	75,0	50,0	49,0	150,0	51,0
6	Нікель	20,0	10,0	37,5	50,0	62,5
7	Ванадій	29,0	30,0	75,0	30,0	25,0
8	Хром	33,0	15,0	34,09	87,0	65,91
9	Кобальт	7,5	5,0	50,0	15,0	50,0
10	Свинець	19,0	7,0	27,63	55,0	72,36
11	Цинк	11,3	5,0	33,33	30,0	66,67
12	Вісмут	1,0	1,0	75,0	1,0	25,0
13	Германій	1,9	2,0	80,0	1,5	20,0
14	Галій	4,0	2,0	37,5	10,0	62,5
15	Ніобій	10,0	10,0	75,0	10,0	15,0
16	Молібден	0,6	1,0	66,67	1,5	33,33
17	Олово	1,9	1,5	60,0	3,0	40,0
18	Мідь	16,3	16,25	69,23	20,0	30,77
19	Літій	66,3	55,0	62,26	99,8	37,74
20	Рубідій	31,8	28,0	66,14	43,0	33,86
21	Цезій	3,2				
22	Стронцій	1160,0				
23	Барій	400,0	300	56,25	700	43,75
24	Срібло	0,0013				
25	Магній					
26	Кальцій					
27	Титан	1500,0	1500,0	75,0	1500,0	25,0
28	Цирконій	10,0	30,0	56,25	70,0	43,75
29	Лантан	10,0	10,0	75,0	10,0	25,0
30	Ітрій	10,0	10,0	75,0	10,0	25,0
31	Ітербій	0,3	0,3	75,0	0,3	25,0
32	Скандій	2,1	20,0	66,66	3,0	33,34

Таблиця 3.19 – Розподіл супутніх елементів по продуктах магнітного збагачення вугілля марок Г-Д (Запорізька ГРЕС)

№	Елементи	Вміст у вихідному вугіллі, %	Немагнітний продукт		Магнітний продукт	
			Вихід 76,6 %		Вихід 23,4 %	
			Вміст, %	Вилучення, %	Вміст, %	Вилучення, %
1	Миш'як	18,44	14,50	1,00	83,00	99,00
2	Фтор	230,00	286,00	80,02	198,00	19,98
3	Ртуть	0,20			0,20	
4	Берилій	1,20	1,50	90,33	0,50	9,67
5	Марганець	55,69	30,00	37,48	150,00	62,52
6	Нікель	17,44	10,00	6,84	70,00	93,16
7	Ванадій	24,00	20,00	70,99	30,00	29,01
8	Хром	21,00	15,00	44,74	50,00	55,26
9	Кобальт	10,00	0,00	83,75	7,00	16,25
10	Свинець	11,00	10,00	57,80	20,00	42,20
11	Цинк	50,00	15,00	67,51	70,00	32,49
12	Вісмут	1,30	1,00	82,15	1,00	17,85
13	Германій	6,00	5,00	90,33	2,50	9,67
14	Галій	70,00	65,40	84,22	47,60	15,78
15	Ніобій	11,00	10,00	78,90	10,00	21,10
16	Молібден	7,50	5,00	38,11	20,00	61,89
17	Олово	7,50	1,00	7,16	30,00	92,84
18	Мідь	17,00	15,00	82,25	13,00	17,75
19	Літій	110,00	62,00	100,00	0,00	0,00
20	Рубідій	0,11	0,06	74,68	0,12	25,32
21	Цезій	0,02	0,01	81,14	0,01	18,86
22	Стронцій	300,00	0,00	100,00	0,00	0,00
23	Барій	410,00	100,00	100,00	0,00	0,00
24	Срібло	0,00	0,00	65,19	0,00	34,82
25	Магній	344,00	200,00	66,26	500,00	33,74
26	Кальцій	5166,00	3000,00	10,14	20000,00	89,86
27	Титан	1231,00	1500,00	71,72	1500,00	28,28
28	Цирконій	54,00	70,00	78,51	50,00	21,49
29	Лантан	10,00	0,00	76,79	10,00	23,21
30	Ітрій	12,10	10,00	80,82	10,00	19,18
31	Ітербій	0,23	0,15	84,86	0,15	15,14
32	Скандій	3,20	2,00	89,12	1,50	10,88

Таблиця 3.20 – Розподіл супутніх елементів по продуктам магнітного збагачення високозольних шламів (Кураховська ГРЕС)

№	Елементи	Вміст у вихідному вугіллі, %	Немагнітний продукт		Магнітний продукт	
			Вихід 60,95 %		Вихід 39,05 %	
			Вміст, %	Вилучення, %	Вміст, %	Вилучення, %
1	Миш'як	20,71	9,50	36,83	33,50	63,17
2	Фтор	141,35	179,00	52,48	172,00	47,52
3	Ртуть	0,01	0,00	100,00	0,04	0,00
4	Берилій	0,60	0,10	67,46	0,50	32,54
5	Марганець	82,10	30,00	28,65	150,00	71,35
6	Нікель	17,00	15,00	1,00	50,00	99,00
7	Ванадій	32,00	30,00	38,98	50,00	61,02
8	Хром	27,00	20,00	27,69	50,00	72,31
9	Кобальт	7,20	0,00	62,03	7,00	37,97
10	Свинець	12,00	5,00	34,92	20,00	65,08
11	Цинк	26,15	10,00	25,33	50,00	74,67
12	Вісмут	1,01	1,00	100,00	0,00	0,00
13	Германій	3,40	3,90	71,29	2,50	28,71
14	Галій	62,10	60,00	67,74	51,30	32,26
15	Ніобій	10,30	10,00	62,09	10,00	37,91
16	Молібден	0,72	0,50	1,00	2,00	99,00
17	Олово	1,30	2,00	39,92	2,00	60,08
18	Мідь	23,10	20,00	49,29	30,00	50,71
19	Літій	84,00	75,00	61,88	82,00	38,12
20	Рубідій	100,00	75,00	45,33	140,00	54,67
21	Цезій	7,00	6,00	44,21	10,00	55,79
22	Стронцій	300,00	0,00	100,00	0,00	0,00
23	Барій	320,00	300,00	75,59	200,00	24,41
24	Срібло	0,00	0,00	73,97	0,00	26,03
25	Магній	3926,00	3000,00	50,27	5000,00	49,73
26	Кальцій	7742,00	500,00	1,00	20000,00	99,00
27	Титан	1350,00	1500,00	56,61	1500,00	43,39
28	Цирконій	43,00	50,00	54,59	50,00	45,41
29	Лантан	10,00	0,00	100,00	0,00	0,00
30	Ітрій	10,00	10,00	60,95	10,00	39,05
31	Ітербій	0,21	0,20	72,11	0,15	27,89
32	Скандій	4,00	3,00	80,48	2,00	19,53



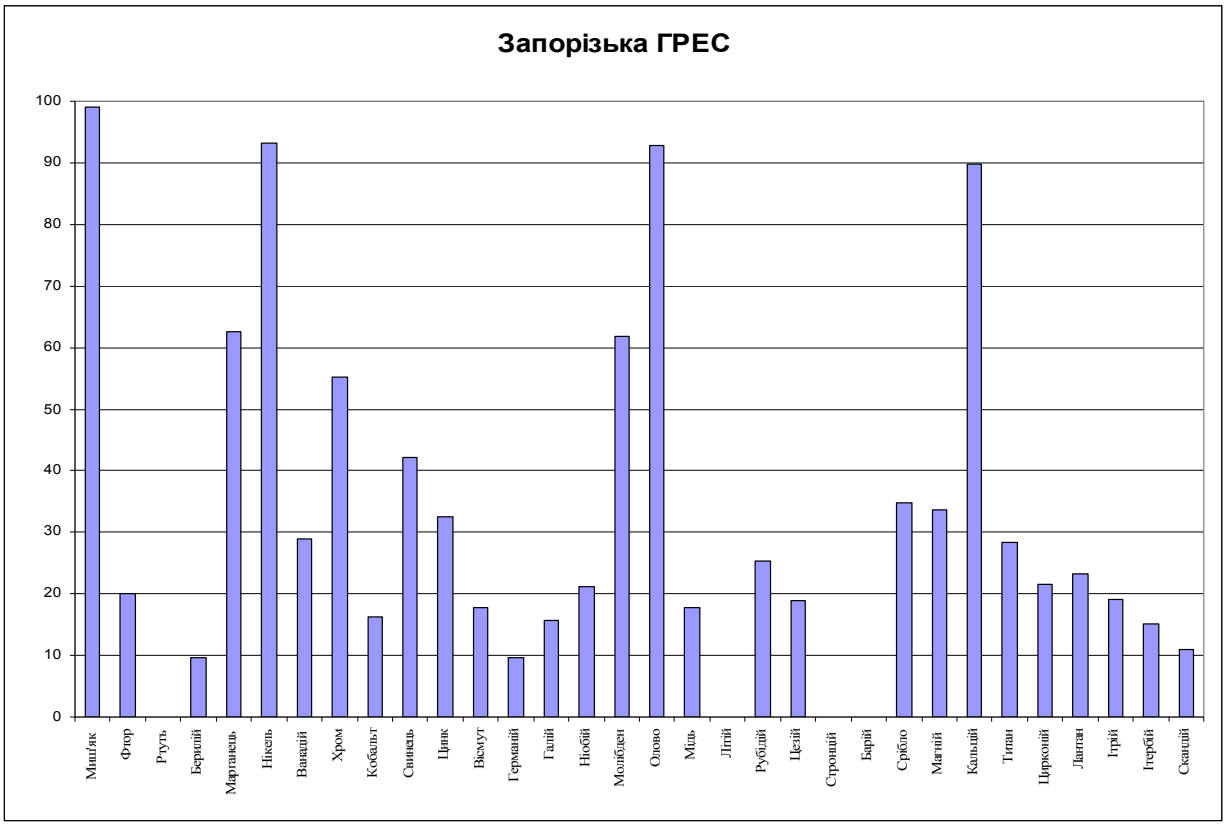


Рисунок 3.6 – Показники вилучення в магнітний продукт шкідливих супутніх елементів при збагаченні енергетичного вугілля різних марок

Як видно з наведених даних, з вугілля марки АШ Придніпровської ГРЕС в магнітний продукт вилучаються такі елементи як миш'як, нікель, свинець, та срібло. При цьому показник вилучення для цих елементів сягає 60 – 85 %.

З вугілля марки Т Криворізької ГРЕС з показником вилучення 60-75 % перерозподіляються в магнітний продукт хром, свинець, нікель, цинк, галій, а марганець, кобальт, олово, цирконій мають показник вилучення 40-50 %.

Вугілля Кураховской ГРЕС є високозольним, і в процесі магнітної сепарації з них вилучається у відходи до 90% ртуті и нікелю, а також до 50-65 % миш'яку, свинцю і цинку.

Високі показники вилучення у відходи при магнітному збагаченні вугілля марки Г-Д Запорізької ГРЕС характерні для марганцю, нікелю, хрому, молібдену, олова.

Таким чином, більшість шкідливих супутніх елементів при магнітному збагаченні вугілля переходить у магнітний продукт, який є відходами збагачення. Однак деякі елементи, такі як барій, берилій, германій виявляють протилежну тенденцію. Ці елементи мають валентні зв'язки з органічною речовиною вугілля і тому накопичуються у концентраті.

Деякі елементи ведуть себе інертно по відношенню до процесу магнітної сепарації. Вони практично не змінюють свою концентрацію у продуктах розділення.

В процесі магнітної сепарації енергетичного вугілля, що піддавалося попередньому збагаченню гравітаційними методами, в магнітному продукті суттєво збільшуються концентрації малих елементів, що зв'язані з сульфідною мінералізацією.

Застосування магнітних методів збагачення енергетичного вугілля різних марок дозволить не лише зменшити вміст золи та сірки у отриманих концентратах, а й вилучити шкідливі супутні елементи, що дозволить отримати високоякісну сировину для виготовлення брикетованого палива.

3.3 Визначення технологічних параметрів підготовки вихідної сировини до переробки

В шламових відстійниках і мулонакопичувачах України заскладовано близько 115,9 млн. т шламових продуктів, при цьому тільки 2% від загальної кількості мають зольність до 45% (близько 2 млн. т). Інші ж можуть бути віднесені до категорії забалансових шламів, що класифікуються залежно від зольності на наступні групи; перша - зольність від 45 до 60% (40 млн. т); друга –- зольність понад 60% (близько 74 млн. т). Лише незначна частина відстійників готова до вилучення й відповідної технологічної переробки. Тільки 15 млн. т шламових продуктів, у тому числі по групах відповідно: 348; 6300 і 8400 тис. т, наочно ілюструють дані табл. 3.21.

На сучасному етапі розвитку технологій збагачення в нашій країні й за кордоном перспективні напрямки переробки шламових продуктів, що заскладовані у відстійниках і мулонакопичувачах можуть бути наступні:

а) при зольності не вище 65% можливе одержання товарних концентратів із задовільними техніко-економічними показниками. Так, наприклад, при вихідній зольності 52% можливе одержання концентрату із зольністю до 25% і виходом до 40% для енергетичних цілей або із зольністю до 10% і виходом до 30% для коксування. При зольності вище 65% переробка техногенних відходів стає нерентабельною й основний напрямок їх використання - промисловість будівельних матеріалів або дорожнє будівництво;

б) для збагачення шламових продуктів найбільш ефективними й дешевими є гравітаційні технології з нижньою межею крупності до 0,1 мм, однак основними їхніми недоліками є складності в зневоднюванні продуктів збагачення, нестабільність якісно-кількісних характеристик шламових продуктів і відсутність вітчизняного устаткування.

Таблиця 3.21 – Якісно-кількісні характеристики шламових відстійників та мулонакопичувачів вуглезбагачувальних фабрик України

Фабрика	Марка вугілля	Н, м	N	Q, тис. т	Q1, тис. т	Q2, тис. т	Оз, тис. т
1	2	3	4	5	6	7	8
Донецька обл.							
"Вузловська"	ОС, КС	0	2	1600		1500	100
"Дзержинська"	Ж	0	1	2000			2000
"Дзержинська"	Ж, КЖ	0	1	4			4300
"Кондрат'євська"	Т	0	1	2200			2200
"Пролетарська"	К	0	1	828		828	
"Червонолиманська"	Ж	0	1	4200		4200	
"Колосниковська"	ОС	0	2	600		100	500
"Калинінська"	КС, ОС	0	1	1350		1350	
" Селидовська"	Г, ГЖ, ДГ	0,6	1	6200			6200
"Моспиньска"	Т	6	1	350			350
"Кураховська"	Д,ДГ	13	2	2140			2140
"Україна"	ДГ	13	1	200		200	
"Комсомольська"	Г, ГЖО	0	1	4920			4920
"Антрацит"	А	0,5	1	540		540	
ім. Челюскинців	ДГ	13	5	560	270	350	40
"Піонер"	ДГ	0,5	1	4860		4860	
"Октябрьська"	ГЖО	0	1	2890		2890	
"Червоноармійська"	ДГ	0	1	3125			3125
"Добропольська"	ГЖО	0	1	6900			6900
"Шахтарська"	А	6	1	1577	77	1500	
"Сердитянська"	А	13	1	74	74		
"Киселевська"	А	6	6	253	23	230	
"Торезьська"	А	6	20	119	9	110	
"Донецька"	А	6	20	210	10	210	
"Снежнянська"	А	6	7	121	1	120	
"Червона Зірка"	А	0	2	1000			1000
Луганська обл.							
"Брянковська"	К	0	1	956			956
"Суходольська"	Ж	0		12480			12480
"Стахановська"	К	0	1	2500			2500
"Михайловска"	ДГ	0	1	2400			2400
"Білореченська"	Г, ДГ	0	1	5530			5530
"Луганська"	ДГ	0,5	2	6600			6600

Продовження табл. 3.21

1	2	3	4	5	6	7	8
"Черкаська" "	ДГ, Г	0,5	1	3340	3340		
"Хрустальська"	А	6	16	528	478	50	
"Новопавлівська"	А	6	5	113	113		
"Комендантська"	А	0	2	2150		850	1300
"Яновська"	А	0	2	1120		520	600
"Маяк"	т	13	2	24	24		
"Партизанська"	А	6	6	75	75		
"Центросоюз"	А	6	6	86	86		
"Свердловська"	А	0	1	2100		400	1700
"Нагольчансьа"	А	0	2	1150		500	650
"Міусинська"	А	6	10	205	205		
ім. газети "Вісті"	А	6	3	85	85		
"Ровеньковська"	А	6	6	169	169		
"Вахрушевська"	А	6	8	204	204		
"Червонопартизан-ська"	А	6	14	150	150		
"Горська"	Г	13	12	343	343		
"Привольнянська"	Д	13	2	202		202	
"Кременна"	Д	13	2	191		191	
Дніпропетровська обл.							
"Павлоградська"	Г, ДГ	0,5	1	9000		9000	
Львівська, обл.							
"Червоноградська"	ДГ, ГЖО	0	2	7800		7800	

Примітка: Н - глибина збагачення, м; N – кількість відстойників; Q - загальні запаси шламів у відстойниках; Qi - запаси шламів з зольністю до 40(45)%; Q2 - запаси шламів з зольністю від 45(50) до 60%; Q3 -запаси шламів з зольністю більш 60%.

Визначені технологічні параметри підготовки вихідної вугільної сировини до подальшої переробки. В залежності від крупності сировини виконується вибір обладнання та його технологічних параметрів. При переробці крупного вугілля необхідно застосовувати валкові та валково-зубчасті дробарки. Розроблена конструкція валкової дробарки, що містить раму, пару привідних валків, вертикальні важелі, які верхньою частиною встановлені на рамі з можливістю повороту, а в їх нижній частині на підшипникових вузлах встановлені валки, при цьому важелі підпружинені

один до одного і задемпфовані один від одного. Слід зазначити, що принаймні один із валків обладнаний дебалансним віброзбудником, в якому вал з дебалансами встановлений співвісно валку. У конструкції дробарки можливе розміщення дебалансів з боку торця валка, або в порожнині валка.

При переробці кам'яновугільних шламів на першій стадії застосовують захисне грохочення на вібраційних грохотах для виключення з подальшої технології сторонніх предметів зі шламосховищ та отримання верхньої межі початкового живлення , яке в подальшому направляється на процес гравітаційного збагачення у гвинтових сепараторах. Якість вихідної сировини забезпечує також і конструкція просіювальної поверхні. Для класифікації вугільних відходів запропоновано використовувати на грохотах розроблені резинові армуючі сита, конструкції яких захищені патентами України.

У випадку, коли необхідне отримання високоякісних вугільних продуктів для нових видів твердого палива, треба здійснювати подрібнення сировини у барабанному млині. Для підвищення продуктивності млинів і зменшення переподрібнення матеріалу процес подрібнення треба виконувати у замкненому циклі з класифікатором. При цьому з матеріалу, що розвантажується з млина, виділяється готовий подрібнений продукт (злив), який у подальшому буде направлений на високоградієнтну магнітну сепарацію, а крупний матеріал (піски) повертається до млина.

3.4 Створення ефективних технологічних схем розробки вугільних териконів

Розроблені технологічні схеми переробки вугільних териконів. Порода з териконів після екскавації підвозиться автомобільним транспортом на близько розташований збагачувальний комплекс. Спочатку сировина проходить стадії дроблення , а далі обов'язково подається на залізовідокремлювач, на якому видаляються болти , цвяхи та інші металеві предмети . Далі матеріал подається на гравітаційну сепарацію, після якої важка порода видаляється , а отримане вугілля відвантажується споживачам. Слід зазначити , що у шахтній породі вміст германію складає до 55 г\т, скандію – 20 г\т, галлію – 100 г\т , а загальна кількість рідкоземельних елементів досягає 250 г\т. При сучасному стані збагачувальної техніки, технологій та наявності

хімічних реагентів доцільна та економічно виправдана технологія вилучення цих рідких елементів. З частки відходів (на рівні 20% загальної кількості породи) доцільно виробництво будівельних матеріалів.

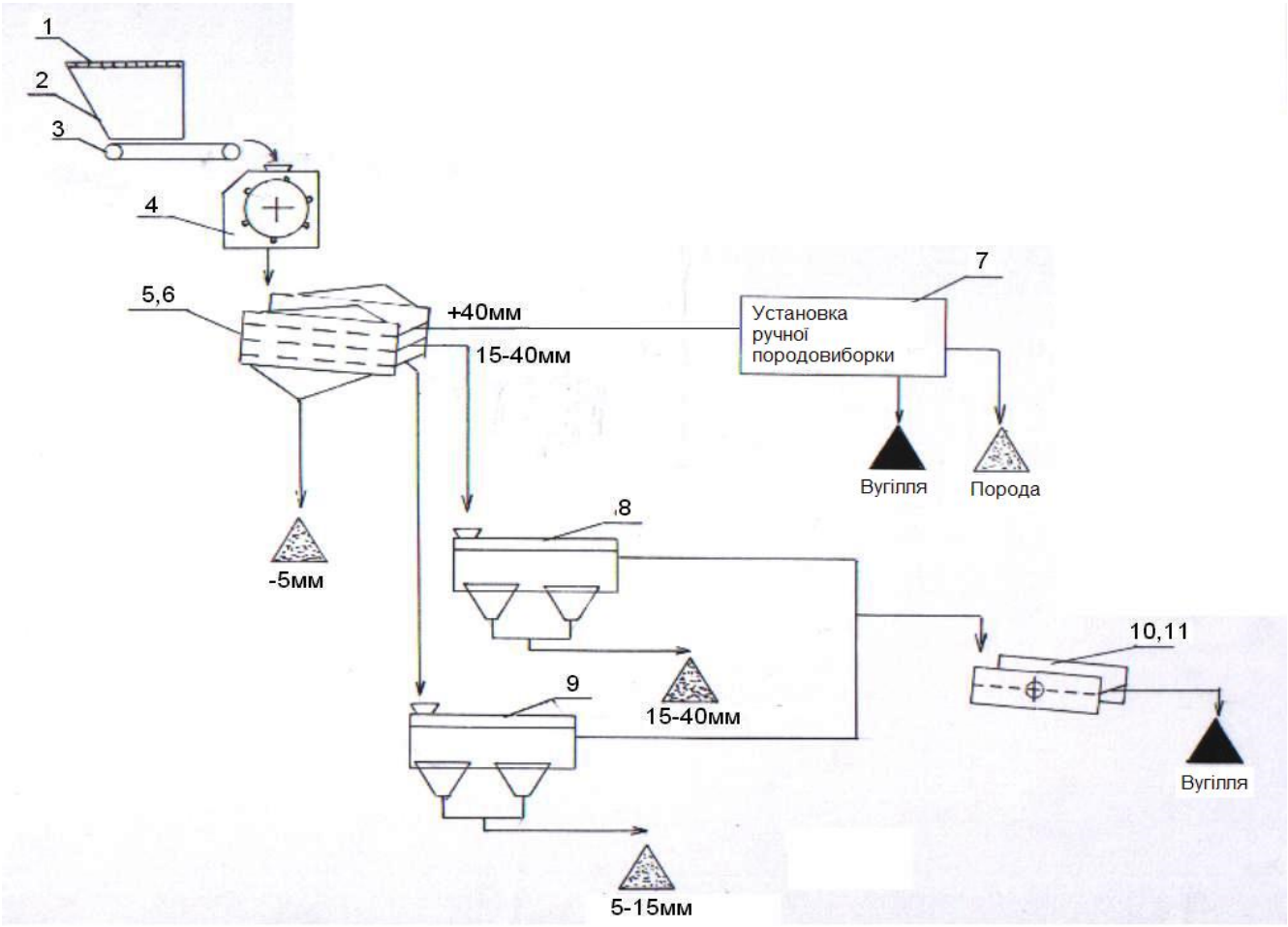


Рисунок 3.7 – Технологічна схема переробки териконів

На рис. 3.7 наведена технологічна схема переробки вугільних териконів. Вугільні продукти спочатку потрапляють на захисну сітку бункеру вихідної сировини і після бункеру живильником направляються на відцентрову дробарку. Подрібнений матеріал далі потрапляє на вібраційний грохот . Фракція крупності +40мм направляється на установку ручної породовиборки, а фракції крупності 15-40мм та 5-15мм на відповідні відсаджувальні машини, де здійснюється гравітаційне розділення вугільних продуктів. Після відсаджувальних машин збагачене вугілля направляється на вібраційний грохот для обезводнення , а потім на склад готової продукції.

3.5 Визначення режимних та конструктивних параметрів обладнання для глибокого збагачення кам'яновугільних шламів

Визначені режимні та конструктивні параметри обладнання для глибокого збагачення кам'яновугільних шламів та вугільної сировини. В залежності від крупності сировини виконується вибір обладнання та його технологічних параметрів. При переробці кам'яновугільних шламів на першій стадії застосовують захисне грохочення на вібраційних грохотах . Кут нахилу коробу грохоту не перебільшує значення 6^0 при амплітуді коливань 3 - 4,5 мм. Частота коливань коробу грохоту знаходиться у межах 12-16 Гц.

При дослідженні процесу гравітаційного збагачення на гвинтових сепараторах встановлено, що діаметр гвинтів в залежності від продуктивності по вугільній сировині, крупності та густині вихідного матеріалу знаходиться у межах 600-1000 мм, число витків складає 3-6, відносний крок (відношення кроку до діаметра) 0,4-0,6. Вміст твердого у пульпі складає 18-30%. Продуктивність гвинтових сепараторів на вугільних продуктах складає 10 – 15 т\год. Процес мокрої гвинтової сепарації дозволяє отримувати концентрати зольністю на рівні 10-23%, та відходи зольністю від 54 до 75 %.

Встановлено, що при збагаченні та очищенні кам'яновугільних шламів та вугільної сировини на високоградієнтних магнітних сепараторах фракцій 0,1-0,25 мм можливо отримати концентрат зольністю від 7,3 до 19% при його виході на рівні 51 % і вмісті сірки 1,4%. Магнітне збагачення фракції –0,1 мм дало наступні результати: вихід концентрату -54,6% із зольністю 20,9% і сіркою загальною 1,64%, вихід відходів –45,4% із зольністю 67,5% і вмістом сірки загальної 11,01%. Вилучення у магнітний продукт золи склало 72,8% , а вилучення сірки загальної на рівні 84,7%. Індукція магнітного поля у робочих зонах при випробуваннях знаходилась у межах 0,4-0,7 Тл.

4 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА

4.1 Комплексна технологія отримання твердого палива на основі використання вугільних відходів та продуктів переробки твердих побутових відходів

Комплексна технологія отримання твердого палива на основі використання вугільних відходів та продуктів переробки твердих побутових відходів передбачає декілька варіантів застосування сировинних компонентів для готування паливної суміші. Треба зазначити , що технологічні схеми виробництва твердого палива повинні містити у собі наступні переділи:

- доставку сировинних компонентів на промислову площадку;
- зберігання сировинних компонентів;
- дозування сировинних компонентів для готування шихтової суміші;
- готування сировинної суміші в змішувачах примусової дії;
- транспортування шихтової суміші до установки формування;
- формування брикетів на вальцових пресах або установках огрудкування шнекового типу;
- транспортування відформованої продукції до печі сушіння;
- сушіння й одержання міцності;
- пакетування готової продукції (при необхідності) і транспортування на склад готової продукції.

Технологічні схеми передбачають наступні варіанти сировинних сумішей для отримання твердого палива:

1. Використання відходів збагачення (кам'яновугільних шламів, відходів переробки бурого вугілля) з додаванням певної кількості зв'язуючих . При необхідності додаються відходи папіру та легка фракція переробки твердих побутових відходів.

2. Використання відходів вуглезбагачення з додаванням як збагаченого вугілля так і зв'язуючих компонентів. Можливо додавати також відходи папіру та легку фракцію переробки твердих побутових відходів.

3. Використання збагаченого вугілля з вугільних відходів з додаванням при необхідності зв'язуючих компонентів.

На рис. 4.1 наведена схема ланцюгу апаратів технологічної лінії отримання твердого палива з вугільних відходів. Вихідна сировина – вугільні відходи, завантажуються у приймальний бункер 1 , а далі дозатором- живильником 2 разом зі зв'язуючими компонентами з бункеру 4 дозатором- живильником 3 направляється у проміжний бункер 5, а далі у змішувач 6 , де досягається однорідний склад паливної суміші. Слід зазначити, що на даний час існує дозуюче й змішувальне устаткування, яке забезпечує необхідну точність дозування вугільних продуктів та в'яжучих матеріалів і дозволяє здійснювати їхнє змішування, регулюючи інтенсивність перемішування, тим самим забезпечуючи максимально можливий ступінь гомогенізації паливної суміші. Високий ступінь гомогенізації сприяє значному зниженню витрат в'яжучого у порівнянні з аналогічною витратою при використанні традиційних типів змішувального устаткування. Після змішувача матеріал поступає на установку для огрудкування 7, у якій відбувається формування паливних елементів. Після огрудкування паливні елементи направляються при необхідності у сушарку 8 , де відбувається сушіння твердого палива до необхідної вологості . Можливий варіант використання цієї технології і без застосування сушарки , коли сформовані паливні елементи поступають на промисловий майданчик для підсушки у повітряному середовищі. На кінцевій стадії процесу паливні елементи складуються у бункерах готової продукції або направляються на пакетування готової продукції (при необхідності).

На рис. 4.2 наведена схема ланцюгу апаратів технологічної лінії для виготовлення твердого палива з вугільних відходів та легкої фракції ТПВ. Вугільні відходи з бункеру 1 поступають на гравітаційне збагачення у гвинтовий сепаратор 2, де відбувається розділення продуктів на відходи та гравітаційний концентрат. Збагачений продукт далі направляється на магнітний сепаратор 3, на якому виділяється органічна (паливна складова) та відходи у вигляді золи, сірки та багатьох шкідливих та токсичних елементів. Після магнітного сепаратору матеріал поступає на установку згущення 4, де видаляються залишки води і підвищується концентрація твердої складової , а потім у бункер збагаченого вугілля 6. Водночас переробляються легкі фракції твердих побутових відходів у модулі переробки ТПВ, які концентруються

після переробки у аеросепараторі 8 і при необхідності разом з відходами паперу направляються у бункер 9. За допомогою дозаторів –живильників 10,11 через проміжний бункер 12 збагачені вугільні відходи разом з легкою фракцією ТПВ та паперовими відходами поступають у змішувач 13 , де досягається однорідний та рівномірний склад паливної суміші. Після змішувача матеріал поступає на установку для огрудкування 14, у якій формуються паливні елементи. Після огрудкування паливні елементи направляються у сушарку 15 , де відбувається сушіння твердого палива . Після сушарки паливні елементи поступають на складування у бункери готової продукції.

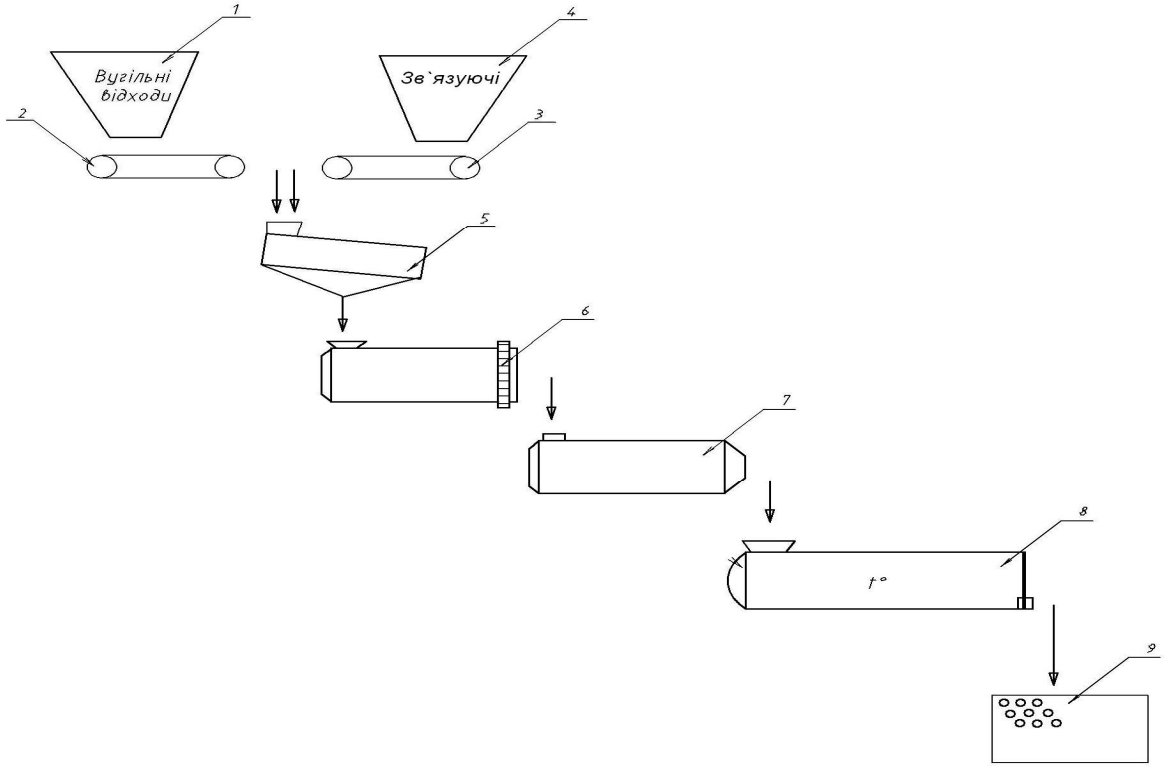
В залежності від вимог до якості паливних елементів можливі варіанти технологічних схем, які передбачають використання тільки високоякісних збагачених вугільних продуктів з додаванням зв язуючих компонентів.

Розроблена також технологічна схема вивантаження готових брикетів, що дозволяє скоротити до мінімуму (або відмовитися зовсім) від нагромадження брикетів на проміжних промислових площадках і замість цього робити негайне навантаження готової продукції в залізничний вагон або автотранспорт безпосередньо з конвеєру.

Дана робота передбачала також проведення досліджень з переробки відходів металургійного виробництва для отримання зв’язуючих компонентів паливних сумішей.

4.2 Раціональні технологічні варіанти переробки доменних шлаків для отримання зв’язуючих матеріалів

Доменні шлаки – складні оксидні з'єднання, що є відходами металургійного виробництва. В даний час в Україні накопичилися більше 2 млрд. т шлакових відвалів, які займають порядка 160 тис. га земель. Нарощування складування відходів продовжується. Утилізація відходів металургійного виробництва - шлаків, звільнення зайнятих ними земель і повернення їх в сільгоспвиробництво, є актуальним питанням, як з економічної, так і з екологічної точки зору.



1 - Бункер вугільних відходів
2,3 - Дозатори-живильники
4 - Бункер зв'язуючих
5 - Проміжний бункер
6 - Змішувач паливної суміші.
7 - Установка для огрудкування
8 - Сушарка
9 - Бункер готового продукту

Рисунок 4.1 – Схема ланцюгу апаратів технологічної лінії отримання твердого палива з вугільних відходів

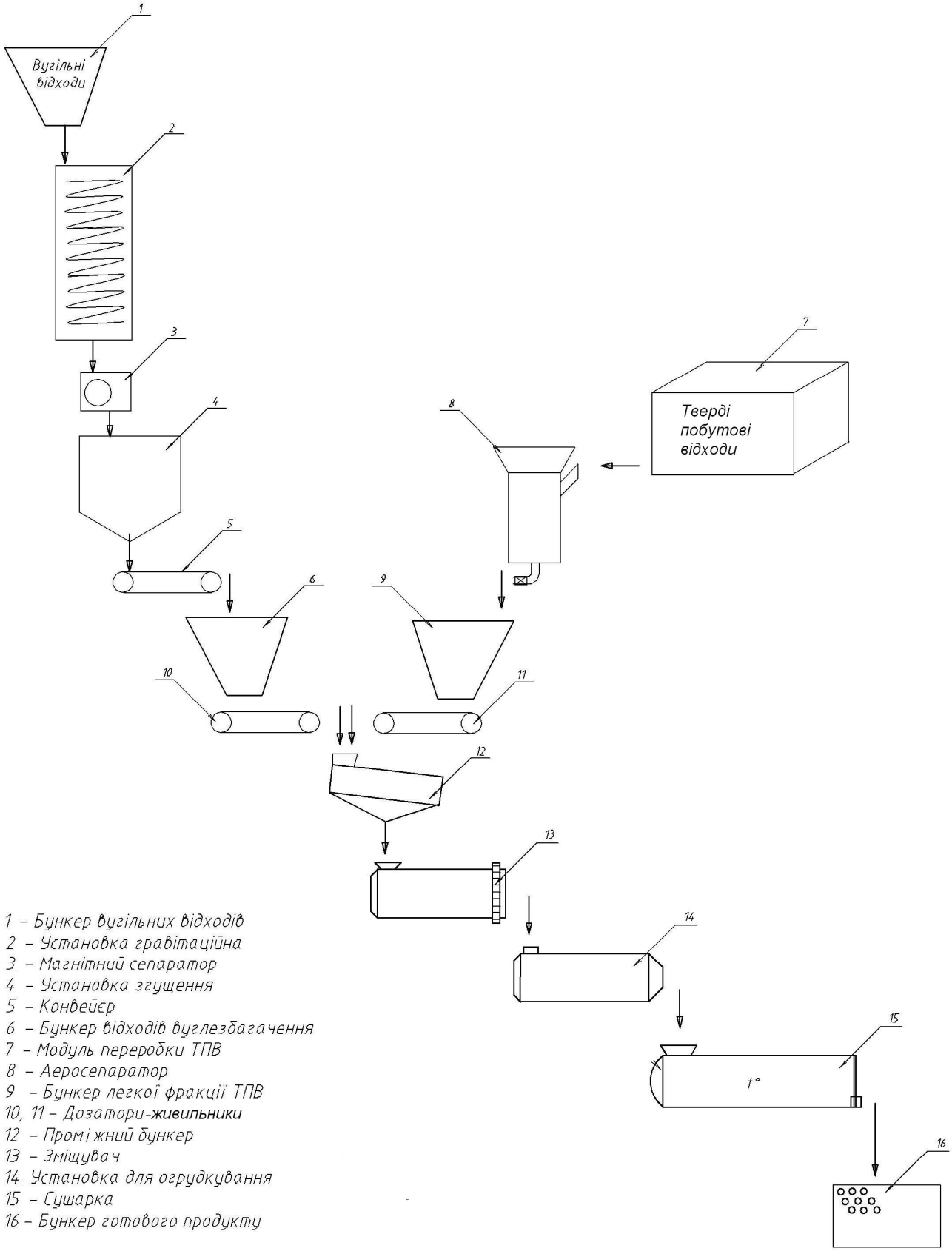


Рисунок 4.2 – Схема ланцюгу апаратів технологічної лінії отримання твердого палива з вугільних відходів та легкої фракції ТПВ

Для вирішення даної проблеми Маріупольським металургійним комбінатом (ВАТ «ММК ім. Ілліча») спільно з НГУ (м. Дніпропетровськ) була проведена науково-дослідна робота, метою якої було здобуття дешевих терпких матеріалів шляхом утилізації відходів металургійного виробництва - доменних шлаків методом їх тонкодисперсного подрібнення. При цьому була поставлена і вирішене актуальне наукове завдання, що полягало у встановленні закономірностей впливу тонкодисперсного подрібнення на ефективність процесів підвищення гідравлічної активності доменних шлаків через зміну гранулометричних і фракційних характеристик вихідного матеріалу. Ці закономірності послужили теоретичним обгрунтуванням досягнення поставленої мети.

Результати дослідження показали взаємозв'язок гранулометричного складу мікропорошків з гідравлічною активністю тонких і дисперсних фракцій доменного граншлаку залежно від способу подрібнення (шаровий, струменевий), вплив на активність граншлаков міри подрібнення.

Результати цієї роботи відбиті в публікаціях [20-22], докладалися на міжнародних конференціях [23-26], а спосіб підготовки доменних шлаків захищений патентами [27; 28].

Окрім дослідження активності тонкодисперсних фракцій граншлаків (S=0,6-0,8 м2/г) струменевого подрібнення, що показали вищу активність (30-40 МПа), проти фракцій кульового помелу (10 МПа), були проведені дослідження впливу активуючих добавок портландцементу до тонкодисперсних (ПСМ-шлаки) фракцій граншлаку, які показали, що ПСМ-шлаки з добавками 15-20 % ПЦ підвищували міцність до 400 кг/см^2 і вище, що рівнозначно по характеристиках міцності марці М400 ПЦ.

Проведена механоактивація граншлаків кульового помелу (ТГШ) і свіжих і старих цементів (2-х і 5-і літні) також показали позитивні результати,які представлені в табл. 4.1 і 4.2 і на рис. 4.1.

Таблиця 4.1-– Результати механоактивації домених шлаків (ТГШ)

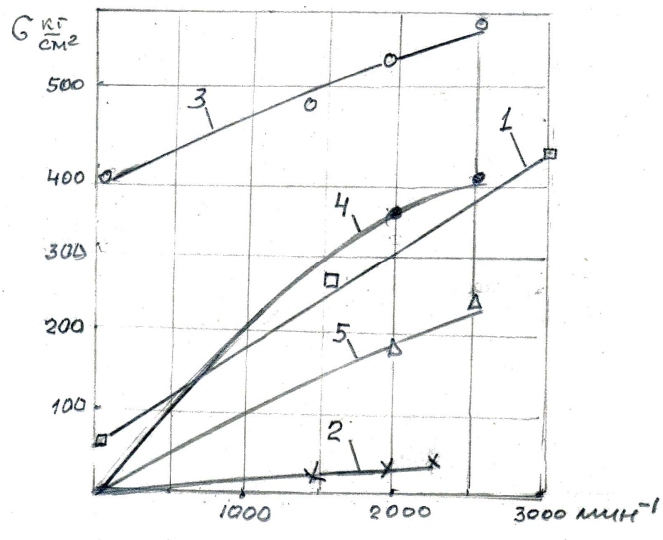
№ п/п	Лабор. ісход. №	Найменування матеріалу	Частота обертання ротору классиф., мин$^{-1}$	Межа міцності, кг/см^2
11	1800	Граншлак вихідний не подрібнений	-	50
12	1801	ТГШ (шаров. помел.)	-	271
13	1802	ТГШ (активован.)	3000	422
		Шлак відвальний (10 років)		
18	1807	Шлак відв. вихідний	-	1,2-2,5
19	1808	Шлак активов.	1500	5,3
20	1809	– - - –	1800	10,2
21	1810	– - - –	2000	29,0
22	1811	– - - –	2200	36,0

Таблиця 4.2 –Результати механоактивації цементів

№ п/п	Лабор. ісход. №	Найменування матеріалу	Частота обертання ротору классиф., мин$^{-1}$	Межа міцності, кг/см^2
Цемент свіжий (ПЦ)				
1	1790	ПЦ вихідний	-	382
2	1791	ПЦ активований	1500	426
3	1792	– - - –	2000	523
4	1793	– - - –	2500	596
Цемент 2006 (2 роки)				
5	1794*	ПЦ вихідний	-	-
6	1795	ПЦ активований	2000	350
7	1796	– - - –	2500	372
Цемент 2003 г. (5 років)				
8	1797*	ПЦ вихідний	-	-
9	1798	– - - –	2000	166
10	1799	– - - –	2500	225

* - проби не пройшли випробування, розсипались

Як випливає з результатів проведеної активації (таблиця. 4.1 і 4.2) доменні шлаки і цементи як свіжі, так і старі підвищили свою активність, причому свіжі шлаки і цементи у 1,5 рази. Характер зміни активності активованих шлаків і цементів представлений на рис. 4.3.



1 – свіжі граншлаки; 2 – відвальні шлаки (10 років); 3 – свіжі ПЦ;

4 – ПЦ 2006 р. (2 роки); 5 – ПЦ 2003 р. (5 років)

Рисунок 4.3 – Зміна активності шлаків та цементів під впливом процесу активації

Свіжі граншлаки, що мали у вихідному стані до кульового подрібнення міцність 50 кг/см^2, після кульового подрібнення - 271кг/см^2, після активації в струменевій установці мали міцність 422 кг/см^2 (табл. 4.1, рис. 4.3, крива 1), що рівнозначно за терпкими властивостями стандартним цементам. Про ефективність вживання процесу активації терпких матеріалів свідчать і результати активації свіжого цементу (рис. 4.3, крива 3, табл. 4.2), де в результаті активації марка цементу зростає від М400 до М600, що дозволяє в 1,5 разу скоротити витрати цементу у будівництві.

Старі цементи (табл. 4.2, рис. 4.3, криві 4 і 5), які не придатні для використання як терпкі, зразки після випробування розсипалися (табл. 4.2) після активації показали міцність 225 кг/см^2(5- літній) і 372 кг/см^2 (2-х літній), що дозволяє після активації використовувати їх в будівельних роботах, тобто механоактивація відновлює їх терпкі властивості.

Результати цих досліджень послужили основою для практичної реалізації поставленої мети - здобуття терпких матеріалів шляхом утилізації доменних шлаків методом їх тонкодисперсного подрібнення у пропонованих 3-х технологічних варіантах.

Варіант А - здобуття терпкого на безклинкерній основі.

Варіант Б - з добавкою до ПСМ-шлаків 15-20 % ПЦ.

Варіант В - здобуття клінкеру (цементу) з відходів металургійного виробництва з використанням тонкодисперсного подрібнення компонентів цементу.

Розглянемо ці варіанти детальніше.

Варіант А. Безклінкерне терпке, отримуване по цьому варіанту, передбачає подрібнення доменних граншлаків у пневмоструменевому млині до дисперсності з питомою поверхнею S=0,6-0,8 м^2/г. При цьому активність доменних шлаків зростає до 300 кг/см^2 і вище, що дозволяє їх використовувати для виготовлення будівельних матеріалів, легкомарочних бетонів, розчинів кладок і так далі.

Технологічна схема (лінія) здобуття безклинкерного терпкого з доменних граншлаків представлена на рис. 4.4.

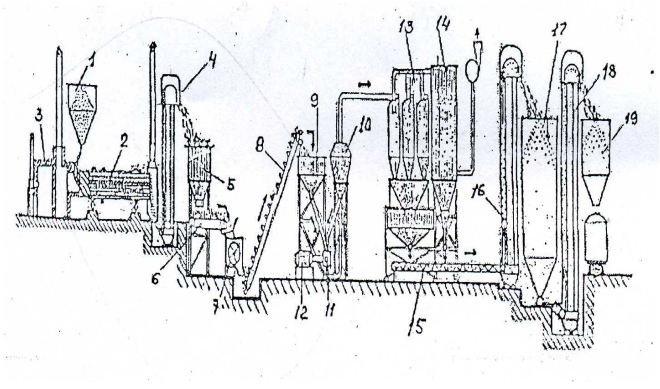


Рис. 4.4. Технологічна схема (лінія) отримання безклинкерного зв’язучого матеріалу

При даному варіанті вихідна сировина - гранульований доменний шлак завантажується в бункер 1, встановлений над сушильним барабаном 2, який зв'язаний газоходом з топкою 3. Далі в технологічній лінії розташовані послідовно елеватор 4, приймальний бункер 5, живильник стрічковий 6, роторна дробарка 7. Ковшовий

елеватор 8, струменевий млин 9 з сепаратором (класифікатором) 10, компресор 11 з приводом 12, циклон 13 з фільтром 14, живильник 15, елеватор 16, бункер готової продукції 17, перевантажувальний елеватор 18, бункер відвантаження 19.

Лінія працює таким чином.

Гранульовані доменні шлаки подаються з бункера 1 в сушильний барабан 2, куди для сушки граншлаку поступають з топки 3 нагріті гази - продукти горіння від використаних для цього різних видів палива.

Після сушки граншлак елеватором 4 передається в приймальний бункер 5, звідки стрічковим живильником 6 подається на роторну дробарку 7, після якої роздрібнюваний граншлак фракцією не більше 1 мм ковшовим елеватором 8 передається в приймальний бункер струменевого млина 9, в помольній камері якого здійснюється тонкодисперсний помел граншлаку за рахунок зіткнення часток під впливом стисло-го повітря, що подається компресором 11, який працює від приводу 12.

Зважені в повітряному потоці тонкодисперсні частки граншлаку, пройшовши сепаратор 10, осідають в циклоні 13 і тканинному фільтрі 14, звідки живильником 15 через елеватор 16 перевантажуються в бункер 17 готової продукції - тонкодисперсний граншлак (S = 0,6-0,8м^2/г). Завантажувальним елеватором 18 отримане терпке перевантажується в бункер відвантаження 19.

Розробка захищена патентами [29; 30].

Варіант Б. Даний варіант передбачає здобуття терпкого з незначними активуючими добавками 15-20 % ПЦ або ПЦ-клинкера до ПСМ-шлаків.

Технологічна схема (лінія) здобуття терпкого по цьому варіанту представлена на рис. 4.5.

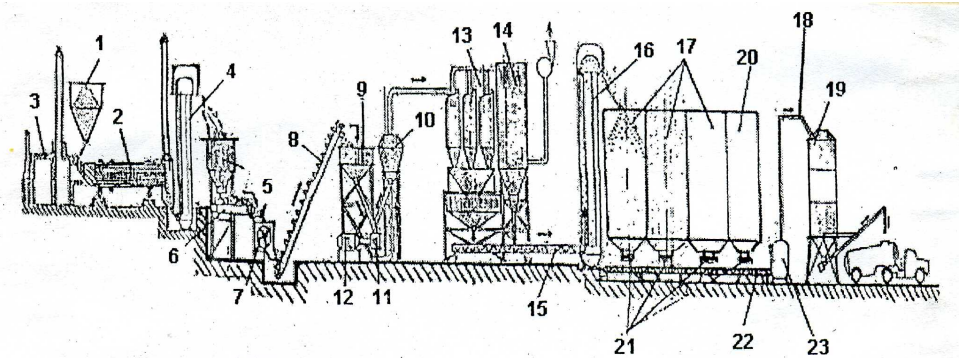


Рис. 4.5 –Технологічна схема (лінія) отримання зв’язуючих

У даному варіанті Б пристрій технологічної лінії до поз. 16 включно аналогічно лінії по варіанту А (рис. 4.4).

Після елеватору 16 встановлені бункери 17 для тонкодисперсного меленого граншлаку і бункер 20 для цементу (клінкеру), дозатори 21, живильник 22, пневмозмішувач 23, звідки терпке поступає в бункер готової продукції 19.

Для підвищення марки терпкого в технологічній лінії в граншлак струменевого подрібнення передбачається добавка певної частині цементу або клінкеру.

Для цього в неї додатково включені бункер 20, для цементу або клінкеру, дозатори 21, живильник 22, пневмозмішувач 23, встановлений між живильником 22 і елеватором 18, який перенавантажує отримане терпке у відвантажувальний бункер 19.

У технологічній лінії дрібномелений граншлак завантажується в бункери 17, а цемент (клінкер) - в додатковий бункер 20, звідки віддозований в певному ваговому співвідношенні через дозатори 21 дрібномелений шлак і цемент подаються живильником 22 у пневмозмішувач 23, після якого елеватором 18 в бункер готової продукції 19 для відвантаження споживачеві.

Таким чином, дана технологічна лінія дозволяє отримати на основі тонкоподрібнених доменних шлаків терпке високої марки (М400) шляхом добавки до тонкомолотого доменного граншлаку (S = 0,6-0,8м2/г) порівняно невеликої кількості цементу (ПЦ) або клінкеру (15-20 %).

У портландцементі – 95 % клінкеру. Отже, дана технологія, яка заснована на проведених дослідженнях, дозволяє отримати на основі доменних граншлаків високомарочне терпке з низьким вмістом клінкеру і при цьому значно (у 4-5 разів) понизити собівартість отримуваного терпкого (цементу), компенсуюючи енерговитрати на тонке подрібнення, і різко збільшити обсяг виробництва дешевого терпкого без нарощування об'ємів випуску дорогого клінкеру.

Використання тонкоподрібнених шлаків (S = 0,6-0,8 $м^2$/г - ПСМ-шлаки) дає можливість отримувати дешевий терпкий матеріал, який можна застосувати замість

цементу в будівельній індустрії як у виробництві будівельних матеріалів (цеглина, шлакоблок і ін.), так і у виробництві бетонних виробів.

Даний варіант технологічної лінії, що рекомендується, захищений патентом України [31].

Варіант В. У технологічному варіанті В передбачається здобуття клінкеру з 2-х компонентної суміші: відвальний доменний шлак + «хвости» вапняку - відходи підготовки вапняку для аглодоменного виробництва (фракція менше 10 мм). Виходячи з хімічного складу відвальних доменних шлаків і «хвостів» вапняку були виконані розрахунки сировинної суміші для виготовлення клінкеру з позначених відходів виробництва, які взяті за компоненти, по формулі [35]:

$$x = \frac{2{,}8 \times S_2 \times KH + 1{,}65A_2 + 0{,}35F_2 - C_2}{C_1 - 2{,}8 \times S_1 \times KH - 1{,}65A_1 - 0{,}35F_1},$$

где C_1, C_2, A_1, A_2, S_1, S_2, F_1, F_2 – процентний вміст основних окислів у компонентах сировинної суміші.

Дана формула характеризує яку кількість першого компоненту - «хвостів» вапняку необхідно узяти на 1 вагову частину іншого компоненту - відвального доменного шлаку, аби отримати клінкер із заданим коефіцієнтом насичення (КН). Отримані хімічні склади компонентів сировинної суміші і клінкеру приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 –Хімічний склад сировинної суміші і клінкеру при вихідних компонентах вапняк-шлак

№ п/п	Найменування		CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Інші	П.П.П. - втрати при прожаренні.	%
1	компоненти	Вапняк – 64,5 %	32,79	3,2379	0,8643	0,4063	4,264	22,936	64,5
2		Доменний шлак - 35,5 %	6,8412	13,9515	2,3288	0,1207	2,2081	0,0497	35,5
3	Сировинна суміш		49,6312	17,1894	3,1931	0,527	6,4721	22,9857	100
4	Клінкер розрахунковий		64,74	22,32	4,146	0,684	8,4	-	100
	Стандартний ПЦ-клинкер		63-67	21-24	4-8	2-4			

Враховуючи коливання хімічних складів відвальних шлаків і «хвостів» вапняку в межах декількох відсотків, оптимальне співвідношення їх як сировинних компонентів клінкеру знаходитиметься в межах:

«хвости» вапняку - 55-65 %

відвальні доменні шлаки - 35-45 %

Оцінку якості отриманого розрахунком клінкеру можна провести по величині його гідравлічного модуля, який визначається по формулі:

$$m = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1{,}7 \div 2{,}4 -$$ для портландцементного клинкеру [34].

Для даного варіанту В гідравлічний модуль клінкеру складе - 2,37, що свідчить про високу якість отримуваного за пропонованим способом клінкеру.

На підставі отриманих результатів була запропонована технологічна схема (лінія) здобуття клінкеру (цементу) з відходів металургійного виробництва, яка представлена на рис. 4.6

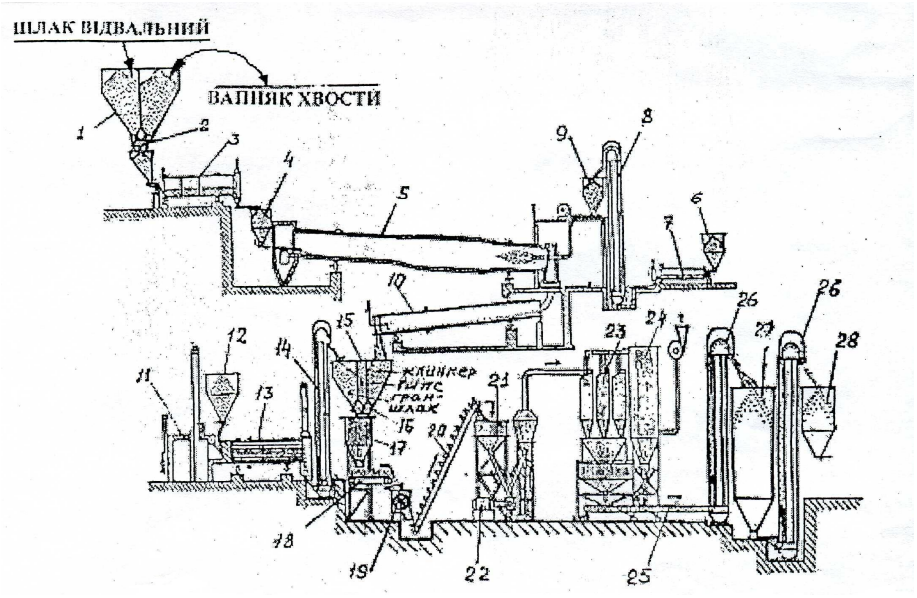


Рис. 4.6. Технологічна лінія отримання клинкеру-цементу

Технологічна лінія має ділянку виготовлення клінкеру і ділянку виготовлення цементу.

На ділянці здобуття клінкеру встановлений бункер 1, для вихідних компонентів відвальних шлаків і відходів від підготовки вапняку для аглодоменного вироб-

ництва, тобто «хвостів» - фракція менше 10 мм, дозатор 2, млин 3, для здобуття сировинної суміші, накопичувальний бункер 4, піч, що обертається, 5, бункер дрібного вугілля 6, млин помелу вугілля 7, елеватор 8, накопичувальний бункер пилоподібного вугілля 9, охолоджувач 10.

На ділянці помелу цементу розташовано сушильне відділення граншлаку, яке включає вугільну топку 11 для генерації гарячих газів для сушки граншлаку, бункер граншлаку 12, сушильний барабан 13, елеватор 14, бункер приймальний 15 для компонентів цементу, дозатор компонентів цементу 16, бункер накопичувальний 17 для сировинної цементної суміші, живильник 18, дробарка (наприклад, двороторна) 19, ковшовий елеватор 20, струменевий млин 21, компресор 22, циклон 23, рукавний фільтр 24, живильник 25, елеватори 26, бункер цементу накопичувальний 27, бункер відвантаження цементу 28.

Виготовлення цементу на пропонованій лінії з відходів металургійного виробництва здійснюється таким чином. Відвальні шлаки і відходи переробки вапняку «хвости» завантажуються в бункер 1, звідки через дозатор 2 подаються в млин 3 для помелу в сировинну суміш (муку), яка через накопичувальний бункер 4 подається в піч, що обертається, 5, де утворюються мінерали клінкеру при відповідній температурі, що створюється горінням, наприклад, що подається з бункера 9 пилоподібного вугілля, що отримується помелом в млині 7 дрібного вугілля з бункера 6 і що подається після помелу елеватором 8 в накопичувальний бункер 9. З печі, що обертається, 5, мінерали клінкеру, що утворилися, поступають в охолоджувач 10, звідки можуть подаватися як на склад клінкеру, так і на ділянку помелу цементу.

На ділянці помелу цементу граншлак з бункера 12 подається в сушильний барабан 13, в якому використовується тепло газів, що відходять з вугільної топки 11.

Після сушки граншлак елеватором 14 подається в приймальний бункер 15, куди також подається гіпс і клінкер. Через дозатори 16 цементні компоненти подаються у накопичувальні бункери 17, звідки живильником 18 - в дробарку 19 для попереднього подрібнення компонентів цементу, що сприятиме підвищенню продуктивності млина тонкодисперсного подрібнення 21, яка завантажується ковшовим елеватором 20 і працює на стислому повітрі від компресора 22.

Подрібнений цемент проходить двоступінчате осадження в циклонах 23 і фільтрі 24, після яких цемент живильником 25 і елеватором 26 подається в бункер накопичувальний 27 і в бункер для відвантаження 28.

Спосіб здобуття клінкеру з відходів металургійного виробництва і технологічна лінія виготовлення цементу з використанням тонкодисперсного подрібнення доменних шлаків захищені патентами України [27; 28].

У техніко-економічній оцінці розроблених технологічних варіантів здобуття терпких матеріалів важливим чинником є їх еколого-економічний вміст.

Варіант А і Б - повністю виключають емісію CO_2 у атмосферу і в рази скорочується собівартість кінцевого продукту за рахунок спрощеної схеми виробництва і використання тонкодисперсного подрібнення.

По варіанту В в 4-5 разів знижується вміст клінкеру в 1 т цементу, отже, в стільки ж раз знижується його собівартість і в стільки ж раз знижується емісія CO_2 при виробництві 1 т цементу.

Все це свідчить про доцільність впровадження їх у виробництво.

4.3 Випробування струминного здрібнювання кварцової сировини для одержання високодисперсних порошків і отримання зв'язуючих матеріалів

Кварцові піски знаходять все більш широке застосування в промисловості. Крім будівництва і виробництва зв' язуючих матеріалів піски використовуються у виробництві скла, порцеляни й фаянсу, при виготовленні фарб, фільтруючих пристроїв, у хімічній промисловості, у системах очищення води. Для різних технологій існує припустимий вміст домішок окислів заліза, титану, алюмінію. При цьому використовуються піски, що відрізняються вмістом кремнію й розміром часток. Для створення таких технологій досліджуються властивості кварцових пісків й особливості їхнього подрібнення. При тонкому подрібнюванні зростає питома поверхня порошків, що надає їм нові технологічні властивості, зокрема, високу хімічну активність.

Одним з найбільш важливих завдань у технології тонкого здрібнювання є встановлення технологічних характеристик процесу здрібнювання, оскільки на їхній

основі можлива розробка системи моніторингу й керування процесом з метою досягнення необхідної дисперсності порошків з мінімальними енерговитратами.

Для одержання порошків мікронних розмірів варто застосовувати високодінамічні режими завантаження часток, особливо зі зменшенням їхніх вихідних розмірів до крупності 100 мкм. Необхідні режими забезпечує механізм струминного подрібнення. У цьому способі подрібнення джерелом енергії, що забезпечує процеси руйнування часток, їхній пневмотранспорт, поділ за крупністю, повернення циркулюючого навантаження, є взаємодіючий із частками газовий струмінь, що організує їхній рух й обумовлює не тільки високодінамічний механізм руйнування, але й зміну структури (механоактивацію) подрібненого порошку.

Для подрібнення кварцових пісків застосовується технологія струминного здрібнювання в зустрічних потоках повітря, що дозволяє досягти високодисперсних властивостей порошків без внесення домішок за рахунок самоподрібненняя часток і відсутністю мелючих елементів. Установки струминного подрібнення дозволяють досягти високого рівня дисперсності (1-10 мкм) з питомою поверхнею порядку 0,5-2 $м^2/г$ при питомій витраті енергії 200-1200 $Дж/м^2$ і продуктивності до 2000 кг/ч [1, 2].

При виконанні роботи досліджувались акустичні параметри струминного подрібнення кварцових пісків у їхньому зв'язку із гранулометричним складом й дисперсністю порошків. У даній роботі струминне подрібнення проб кварцового піску різних родовищ проводилось на експериментальних установках НГУ УСІ-20 і ЛСМ-01. На рис. 4.7 показана схема струминної подрібнювальної установки УСІ-20 продуктивністю 2-30 кг/ч.

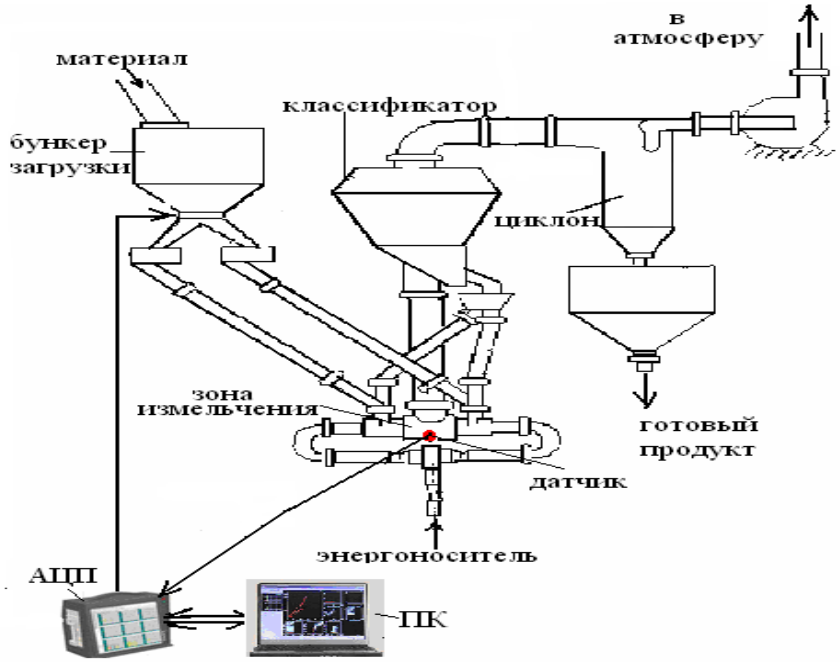


Рисунок 4.7 – Схема струминної подрібнювальної установки УСІ-20.

При виконанні роботи проводилися аналізи крупності вихідних матеріалів і питомої поверхні подрібнених продуктів у лабораторії кафедри збагачення корисних копалин НГУ. У таблиці 4.4 позначені вихідні проби і наведені дані вмісту характерних фракцій. У таблиці 4.5 наведений гранулометричний склад проб вихідних матеріалів.

Таблиця 4.4 – Вихідні проби кварцового піску

№ п/п	Назва	Позначення	Вміст класу -0,2 мм	Вміст класу+1,0 мм
1	Пісок дрібний Турбово	ТД	9,2	7,5
2	Пісок крупнозернистий Турбово	ТК	0	93,1
3	Пісок дрібний Глуховецький	ГД	17,6	4,3
4	Пісок іранський	І	0	0
5	Пісок бразильський	Б	9,5	0

Таблиця 4.5 –Гранулометричний склад вихідних матеріалів

№ проб	Сим-вол	Класи крупності								
		-3+2	-2+1,6	-1,6+1	-1+0,8	-0,8+0,63	-0,63+0,4	-0,4+0,2	-0,2+0,1	-0,1+0,063
1	ТД	0	0,9	6,6	6,1	16,0	28,3	34,9	9,2	0
2	ТК	15,0	32,4	45,7	6,9	0	0	0	0	0
3	ГД	2,4	1,9	13,3	9,7	19,5	25,5	23,4	4,3	0
4	І	0	0	0	25,8	61,4	9,1	3,7	0	0
5	Б	0	0	0	0	0	73,2	9,8	17,0	0,5

Проведено дослідження струминного подрібнення декількох видів кварцових пісків: іранського (і), бразильського(Б) і родовищ України: Глухово (Гд), Турбово (крупнозернистий пісок - Тк, дрібний, промитий - Тд), Вільногірськ (В).

На рис. 4.8 представлені гранулометричні характеристики досліджуваних пісків, з яких найбільші розходження в крупності мають бразильський пісок (3) і пісок родовища Турбово (дрібний - 1).

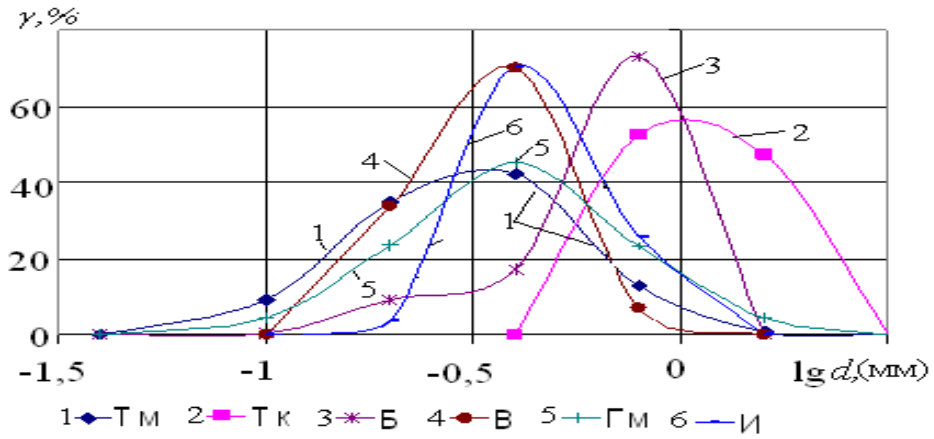


Рисунок 4.8 – Гранулометричні характеристики вихідних кварцових пісків

У таблиці 4.6 наведені режими струминного подрібнення (тиск енергоносія P (МПа), частота n (хв$^{-1}$) обертання ротора відбійно-вихрового класифікатора і показники кількості і якості отриманих порошків: продуктивність по готовому продукті G (кг/год), питома поверхня порошку S (см^2/г),яка обмірювалась на приладі Товарова Т-3.

Таблиця 4.6 – Результати струминного здрібнювання кварцових пісків на установці УСІ-20

№ з\р	Режимні параметри й показники					Вихід і дисперсність продуктів		
	Символ проби	№ продукту	Р, МПа	n, хв$^{-1}$	G, кг/год	S, см^2/г	Маса, м	Дата
Продукти циклона								
1	І	4-1	0,2-0,3	3000	2,2	8284	400	20.04
2	І	4-2	0,3	2500	3,54	5600	295	20.04
3	ТД	1-1	0,2-0,3	3000	1,78	7677	385	20.04
6	ТД	56	0,3	2500	3,06	5120	510	27.04
4	ГД	3-1	0,3	3000	2,05	7584	410	20.04
7	ГД	55	0,3	2500	4,29	4820	500	27.04
5	ТК	2-1	0,3	3000	2,2	7594	440	20.04
8	Б	11	0,3	2500	2,4	5506	320	11.05
9	Б	12	0,3	3000	2,25	7507	750	11.05
10	Б	ЛСМ	0,4	5000	-	6135	-	23.03

Оцінка дисперсності здрібнених продуктів проведена шляхом виміру питомої поверхні $S_{уд}$, величина якої корелює із вмістом β_{-10} (β_{-5}) найбільш тонких (менш 10 або 5 мкм) фракцій.

На рис. 4.9 показані графіки цієї кореляційної залежності,яка установлена за дослідними даними вимірів на приладі фірми «MALVERN» для різних порошків струминного млина: кварцовий пісок, циркон, шлаки, шамот. Видно, що незважаючи на розходження властивостей матеріалів, що подрібнюються, цей $S_{уд} = f(\beta_{-10}, \beta_{-5})$ зв'язок можна визнати практично лінійним.

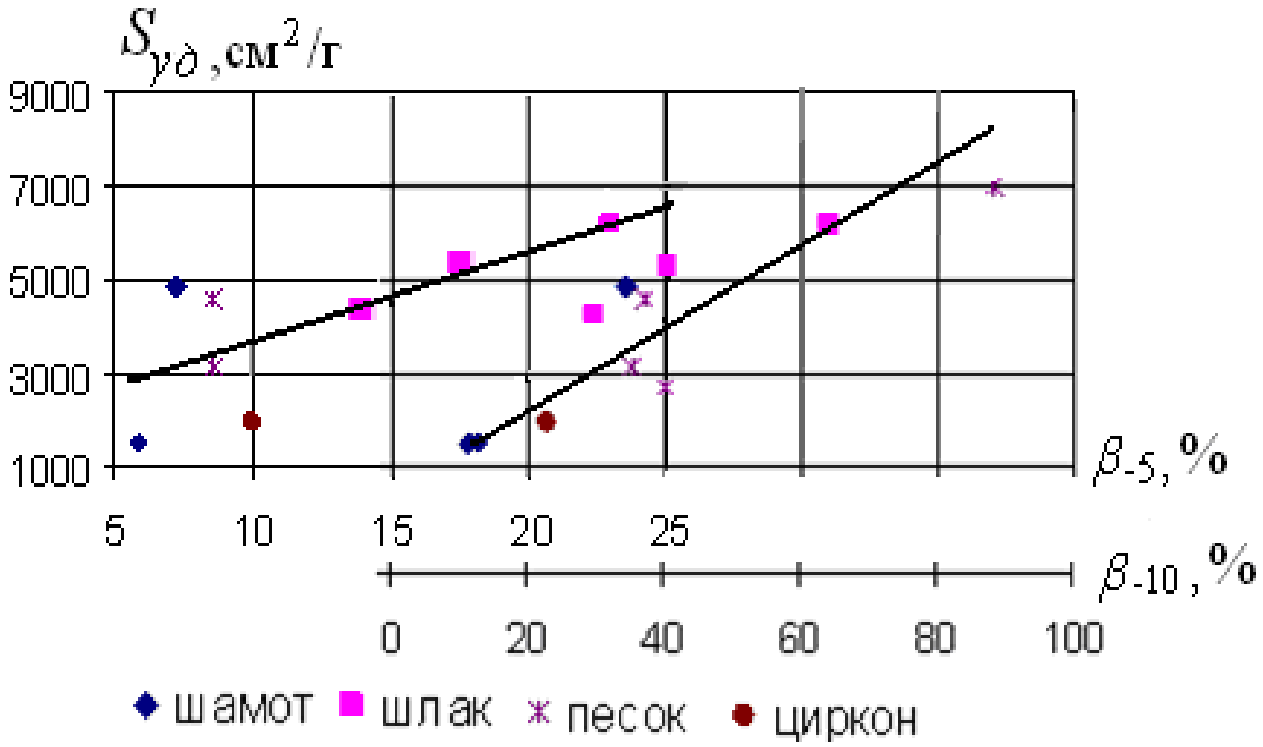


Рисунок 4.9 – Залежність питомої поверхні продуктів струминного здрібнювання від вмісту фракцій менш 5мкм (β_{-5}) і менш 10мкм (β_{-10}).

Із графіків можна бачити, що при питомій поверхні більше 7000-8000 см^2/г вміст найбільш тонких фракцій може скласти відповідно: β_{-10} – до 90%; β_{-5} – до 30%. Надалі доцільно експериментальне підтвердження цих прогнозних значень.

На рис. 4.10 надано приклад експериментальної залежності середнього розміру часток подрібненого струминним методом цирконового концентрату від величини його питомої поверхні. Видно, що для циркону (щільність – 4,7 г/см^3) у діапазоні $S_{уд}$ порядку 0,6-0,8 м^2/г середній діаметр часток склав d = 3-4 мкм. Для кварцового піску з урахуванням поправки на щільність (4,7/2,65=1,77) середній розмір часток d може скласти величину порядку 5-7 мкм.

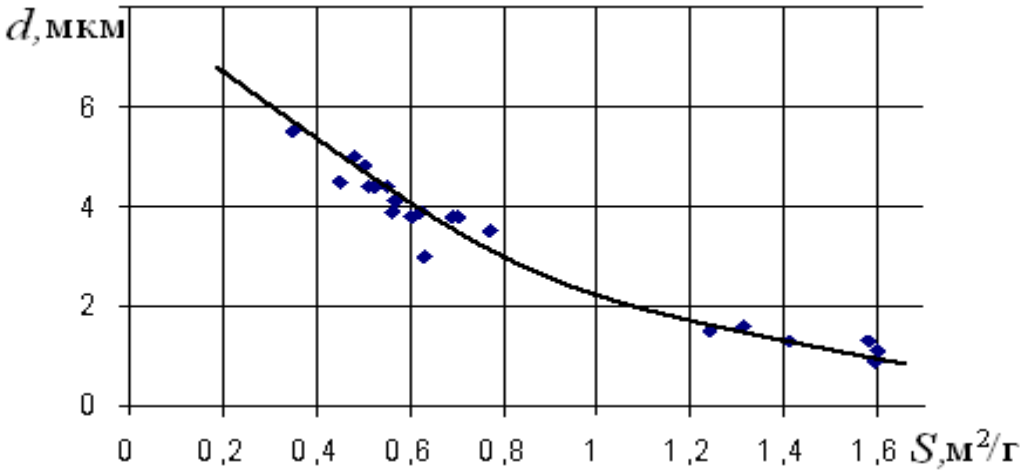


Рисунок 4.10 – Залежність середнього розміру часток від питомої поверхні здрібненого цирконового концентрату

Таким чином, у режимі струминного подрібнення із застосуванням енергоносія тиском 0,3 МПа при частоті обертання ротора класифікатора порядка 3000 хв$^{-1}$ можливе одержання із кварцового піску тонкодісперсних порошків з питомою поверхнею S = 7500-8200 см^2/г, середнім розміром часток порядку 5-7 мкм при вмісті фракції менш 10 мкм до 90%. Серед досліджених проб найбільш високою подрібнюваністю характеризується пісок Ірану.

Для промислової реалізації процесу струминного подрібнення придатна газоструменева установка продуктивністю 2 т/год із застосуванням продуктів згоряння природного газу в якості енергоносіїв.

Акустичну активність робочої зони противоточної струминної установки вимірювали за допомогою широкополосного п’єзокерамічного датчика, який з'єднаний з латунним хвилеводом і розташованим усередині помольної камери й на виході з класифікатора [3-5]. Запис і подальша обробка сигналів здійснювалися за допомогою аналого-цифрового перетворювача ,який з'єднаний з персональним комп'ютером.

На всіх стадіях завантаження струменів матеріалом реєстрували рівень акустичної активності $\dot{N}$ й значення амплітуд (середніх $A_{ср}$ і максимальних $A_{мах}$) акустичних сигналів. У режимі роботи млина з раціональним завантаженням матеріалу, що

подрібнюється, (коефицієнт завантаження ДО = 0,5-1) активність акустичного випромінювання зони млива $\dot{N}$ становить =(1,2-1,9).10^5з$^{-1}$, продуктивність Q = 1,9-5,8 кг/год (P = 0,3 МПа, n = 2000 - 3000 хв$^{-1}$), питома поверхня порошків $S_{уд}$ = 0,48-0,82 м^2/м.

В результаті акустичного моніторингу процесу струминного здрібнювання були встановлені величини максимальних амплітуд у режимі завантаження вихідного матеріалу й у режимі розвантаження подрібненого продукту. На рис. 4.11 зіставлені акустичний й гранулометричний розподіли відповідно амплітуд (а) і часток (б).

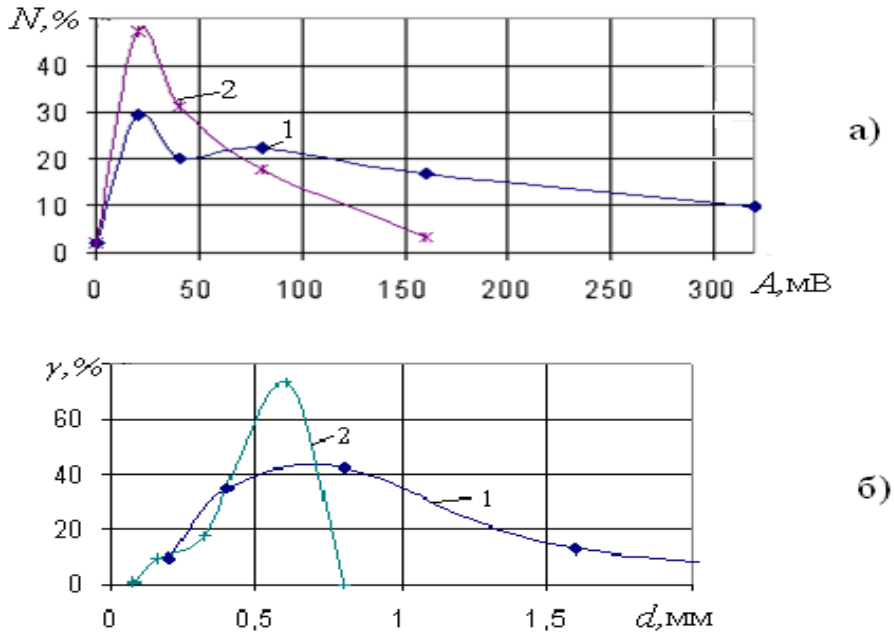


Рисунок 4.11 –Акустичні характеристики (а) і гранулометричні розподіли (б) у режимі завантаження струминного млина частками пісків (1 – Тд й 2 - Б).

Можна зробити висновок про те, що акустичні сигнали з переважною кількістю амплітуд високих значень (порядку 0,3 У) характеризують вміст у струмені більш грубозернистих фракцій пісків (порядку 0,6 мм).

На рис. 4.12 показані зв'язки акустичних параметрів з питомою поверхнею подрібнених продуктів: максимальної амплітуди *Amax* і відносної частки малоамплітудних сигналів у діапазоні 5-20 мв.

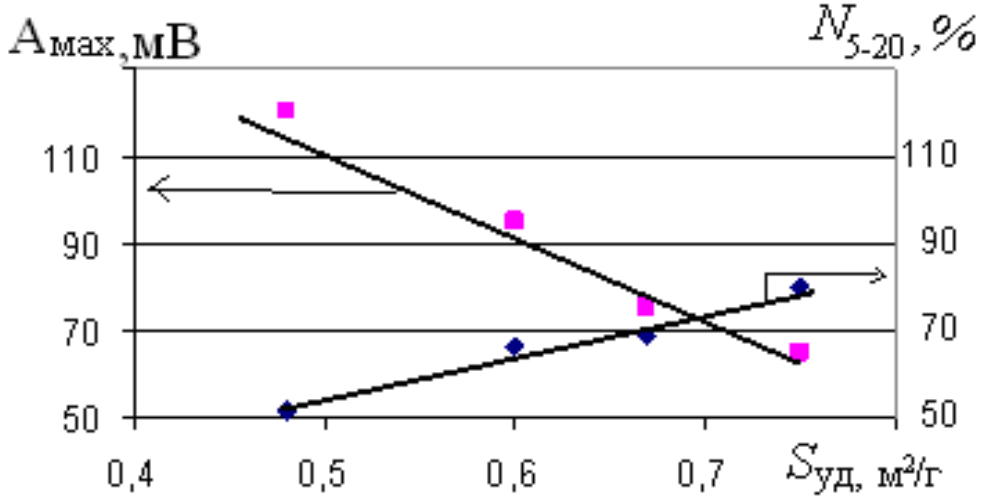
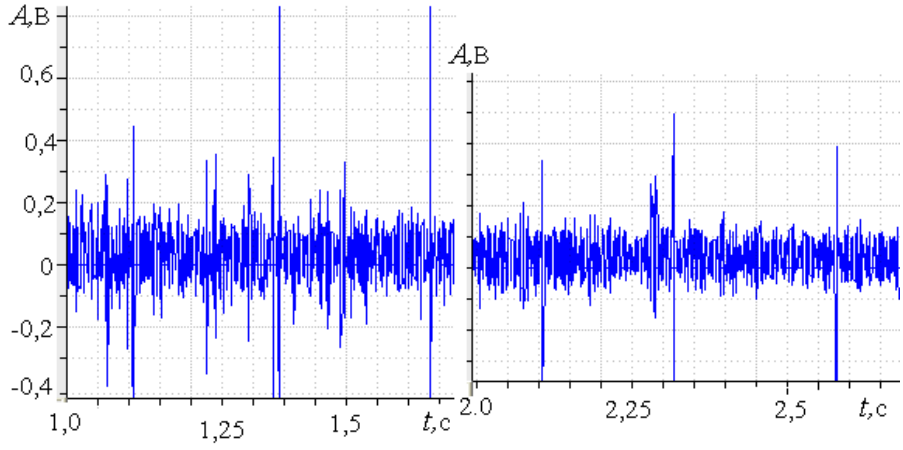


Рисунок 4.12 – Залежність величини максимальної амплітуди й числа малоамплітудних сигналів від питомої поверхні продуктів

Видно, що підвищення дисперсності порошку, що подрібнюється, супроводжується зменшенням характерної величини амплітуди Амах і зростанням долі малоамплітудних сигналів.

На рис. 4.13 показані записи амплітудних сигналів у різних режимах класифікації подрібненого кварцового вільногірського піску (В): частота обертання ротора класифікатора змінювалася від n = 2000 хв$^{-1}$ до 3000 хв$^{-1}$, що змінювало відповідно величину питомої поверхні продукту від $S_{уд}$ = 5670 до 6700 см^2/м.



а) б)

Рисунок 4.13 – Кінетика амплітуд акустичних сигналів при різних режимах класифікації а – n = 2000 хв$^{-1}$, $A_{ср} \approx$ 0,3 У, $S_{уд}$ = 0, 57 м^2/г,

б – n = 3000 хв$^{-1}$, $A_{ср} \approx$ 0,18 У, $S_{уд}$ = 0, 67 м^2/г

З рис 4.13 видно, що збільшення частоти n обертання ротора класифікатора супроводжується природним зменшенням переважних значень амплітуд акустичних сигналів у зоні млина. Графіки підтверджують зроблені висновки.

4.4 Визначення режимних та конструктивних параметрів обладнання для отримання твердого синтетичного палива.

4.4.1 Сутність процесу холодного огрудкування кам'яновугільних шламів

Процес холодного огрудкувания кам'яновугільних шламів полягає в тому, що компоненти вихідної сировинної шихти (кам'яновугільний шлам, буре вугілля, связуючі та добавки, що підвищують міцність) підлягають ретельному перемішуванню, після чого їх додатково зволожують до досягнення робочої вологості. У результаті цього одержують пластичну тістоподібну масу, яка далі направляється на огрудкування, відбувається її остаточне усереднення й здрібнювання. При продавлюванні крізь насадку-фільєру шихта ущільнюється й далі утворюється готовий огрудкований продукт у вигляді циліндричних стержнів, які мають достатню механічну міцність, не злипаються й можуть направлятися на складування в добре вентильовані штабелі для подальшого сушіння.

4.4.2 Холодне огрудкування кам'яновугільних шламів

Шнековий прес (рис.4.14) конструктивно виконано так: у циліндричному корпусі, що закритий конусом, у підшипниковому вузлі встановлений вал, на якому розташовані спіралі обертового шнека. Для запобігання провертання налиплого на поверхню шнекового вала матеріалу та виникнення тертя його по поверхні конуса, передбачене встановлення в конічній й циліндричній частині корпуса штирів. Для цього дві останні спіралі шнека мають пази, у які входять штирі .

Крім того, на конусі шнекового преса III-ого ступеню встановлений радіатор повітряного охолодження з вентилятором для запобігання розігріву стінок корпуса в'язкою пластичною сировинною сумішшю, що рухається.

Шнекові преси I-ого і II-ого ступеню комплектуються насадками-фільєрами висотою 35 мм із сьома отворами діаметром 30 мм. Шнековий прес III-ого ступеню

комплектуються насадкою-фільєрою висотою 85 мм із сьома отворами диаметром 30 мм.

Рисунок 4.14 – Шнековий прес

В зоні завантаження шнекового преса 1-ого ступеню вихідна сировинна шихта захоплюється шнеком і переміщується в напрямку циліндричної насадки-фільєри.

При проходженні сировини в робочому каналі шнекового преса відбувається додаткове подрібнення грудок кам'яновугільного шламу й бурого вугілля, руйнування їх внутрішньої структури й попереднє ущільнення. Підготовлена в такий спосіб шихта продавлюється через насадку-фільєру, розвантажується в проміжний бункер і далі надходить у зону завантаження шнекового преса П-го ступіню.

У прийомний бункер шнекового преса П-го ступеню дозатором подаються сипучі в'яжучі. Витрата в'яжучого залежить від якісно-кількісних характеристик вихідної сировини й становить 2–5%.

Для забезпечення необхідної формувальної пластичності сировинної суміші необхідно її додаткове зволоження, для чого в конструкції передбачено дозуючий пристрій, який складається із гнучких шлангів і форсунок, через які здійснюється подача певної кількості рідини в прийомний бункер установки. Витрата рідини підбирається залежно від вологості компонентів сировинної шихти й становить 0,1–0,15 м^3/т.

У шнековому пресі П-го ступеню відбувається подальше подрібнення й деструктуризація шихти, її змішування й взаємодія з добавкою сипучого в'яжучого, після чого вона надходить у шнековий прес Ш-ого ступеню, де і відбувається остаточне одержання огрудкованного палива.

Сформована сировинна суміш продавлюється через насадку-фільєру у вигляді безперервного пластичного стержня, який може бути розділений на частини наприклад різанням за допомогою ножів, сталевої струни, лопастів різаків, що обертаються, або за рахунок переламування стержня під впливом власної ваги.

4.4.3 Вимоги до сировинних матеріалів

У якості сировинних матеріалів технології огрудкування кам'яновугільних шламів використовують:

- кам'яновугільні шлами зольністю від 25 до 50%, природньою вологістю від 10 до 25 % і крупністю 0-1 мм;
- буре вугілля із природньою вологістю від 35 до 60%;
- сипучі добавки-в'яжучі: гашене вапно, портландцемент або шлакопортландцемент.

Співвідношення компонентів вихідної сировинної шихти (кам'яновугільний шлам – буре вугілля) вибирається залежно від їхніх якісно-кількісних характеристик, вимог до якості готової продукції.

4.4.4 Контроль процесу огрудкування кам'яновугільних шламів

До контрольованих режимних параметрів огрудкування твердого палива відносяться:

- зольність вихідного кам'яновугільного шламу;
- зольність вихідного бурого вугілля;
- природна вологість кам'яновугільного шламу;
- природна вологість бурого вугілля;
- зольність вихідної сировинної шихти;
- робоча вологість вихідної сировинної шихти;
- вологість огрудкованого палива;

- характеристики огрудкованого палива за міцністю;

- водостійкість огрудкованого палива.

4.4.5 Технічні характеристики

4.4.5.1 Технічна характеристика установки для огрудкування кам'яновугільних шламів

Продуктивність, кг/год (готової продукції) –1000–1200

Габаритні розміри, мм:

- висота	2820
- довжина	3350
- ширина	2205
Маса, кг	1950
Кількість ступенів шнекового преса	3

4.4.5.2 Технічна характеристика одного ступеню шнекового преса

Тип привода	електропривід
Потужність електродвигуна, кВт	4
Частота обертання, об/хв	1460
Номінальна частота струму, Гц	50
Номінальна напруга, В	380
Редуктор	циліндровий трьоступеневий Ц2У–160–25–21–КУ2
Швидкохідна передача	клиноременна
Тихохідна муфта	МАВП-1000-50-1.1-55-11.1Т2
Номінальна частота обертів шнека, об/хв	59
Діаметр циліндрової частини шнека, мм	200
Об’єм завантажувального бункеру, $м^3$	0,11
Продуктивність, кг/год	1000–1200
Діаметр брикету, мм	30
Маса брикету, кг	0,04–0,06

5 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

У проекті енергетичної стратегії України до 2030 р. визначається, що енергозбереження має суттєвий вплив на енергетичну безпеку держави, оскільки неефективне внутрішнє споживання паливно-енергетичних ресурсів вимагає великих обсягів (майже 50 %) їх імпорту, що призводить до значної залежності від країн-експортерів. Разом із тим, потенціал енергозбереження в Україні становить понад 45 % обсягу споживання паливно-енергетичних ресурсів. Його реалізація дозволить зменшити проблеми зовнішньої енергетичної залежності.

Необхідність енергозбереження та зниження забруднення навколишнього середовища змушує більш раціонально використовувати традиційні енергоресурси, а також шукати інші, бажано поновлювані і недорогі джерела енергії, до яких останнім часом все частіше відносять тверді побутові відходи (ТПВ). Побутові відходи, що утворюються в значних кількостях, як правило, не знаходять застосування і забруднюють навколишнє середовище, є поновлюваними вторинними енергетичними ресурсами. При розкладанні побутових відходів виділяється біогаз, який містить до 60% метану, що дозволяє його використовувати в якості місцевого палива. У середньому при розкладанні однієї тонни твердих побутових відходів може утворюватися 100-200 $м^3$ біогазу. Залежно від вмісту метану нижча теплота згоряння звалищного біогазу становить 18-24 МДж/$м^3$ (приблизно половину теплотворної здатності природного газу).

Впровадження когенераційних технологій є одним із перспективних напрямків подолання дефіциту енергоносіїв в Україні та забезпечення надійного енергопостачання споживачів, а також економії паливно-енергетичних ресурсів, оскільки проблема поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) на протязі повного періоду їх існування є надзвичайно актуальною для України. Щорічно в містах та селищах міського типу утворюється близько 40 млн $м^3$ (10 млн. т) ТПВ. На одного мешканця приходиться близько 0,8 $м^3$ ТПВ щорічно. Щонайменше 90% ТПВ виво-

зяться на більш ніж 700 офіційно існуючих полігонів та звалищ. Згідно даним Міністерства екології та природних ресурсів України, на 80% з них не виконуються вимоги екологічної безпеки стосовно забруднення підземних вод та повітряного басейну.

Таким чином, когенераційні технології є не лише економічно обґрунтованими, але й екологічно значимими для України.

5.1 Когенерація як ефективний спосіб отримання електричної енергії і тепла

Звичайний (традиційний) спосіб отримання електричної енергії і тепла полягає в їх роздільній генерації (електростанція і котельня). При цьому значна частина енергії первинного палива не використовується. Можна значно зменшити загальне споживання палива шляхом застосування когенерації (спільного виробництва електроенергії та тепла).

Когенерація – це процес, при якому відбувається одночасне виробництво тепла та електричної енергії всередині одного пристрою. Пристрої, в яких протікає цей процес, називаються когенераційними установками.

Когенерація являє собою більш ефективне використання первинного джерела енергії - газу, для отримання двох форм корисної енергії - теплової та електричної.

Головна перевага когенерації перед звичайними теплоелектростанціями полягає в тому, що перетворення енергії тут відбувається з більшою ефективністю. Іншими словами, система когенерації дозволяє використовувати те тепло, яке зазвичай просто губиться. При цьому знижується потреба в покупної енергії на величину вироблюваних теплової та електричної енергії, що сприяє зменшенню виробничих витрат.

Когенераційні установки мають ефективність використання палива на 30% -40% вище, ніж устаткування, що виробляє тільки електроенергію або тільки тепло.

Виробництво енергії – головне джерело забруднення. Когенерація, використовуючи первинне паливо, в два-три рази ефективніше традиційної енерге-

тики, знижує викиди забруднюючих речовин (оксиду азоту, двоокису сірки та інш.) у 2-3 рази, залежно від конкретного випадку.

Сучасні когенераційні біогазові установки виробляють електрику і теплоту за рахунок утилізації відходів підприємств аграрного сектора і міської каналізації, сміттєвих звалищ. Ця технологія займає пріоритетні позиції по всій Європі. В якості палива когенераційних установок використовується біогаз.

Біогаз виникає при ферментації органічних речовин. У ферментерах і в гнильних баштах в результаті анаеробної ферментації (анаеробно – без кисню) утворюється біогаз.

Якщо органічний матеріал складується без доступу повітря, то, при дії пов'язуючих метан бактерій, починається біологічний процес, при якому утворюється з біогаз. Хімічний склад біогазу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Хімічний склад біогазу

Речовина	Хімічна формула	Вміст, %
Метан	CH_4	40—75
Вуглекислий газ	CO_2	25—55
Водяна пара	H_2O	0—10
Азот	N_2	<5
Кисень	O_2	<2
Водень	H_2	<1
Сірководень	H_2S	<1
Аміак	NH_3	<1

Принципова схема комплексного вирішення енергопостачання з використанням біогазу (на прикладі звалища твердих побутових відходів) представлена на рис. 5.1. Середній час експлуатації однієї свердловини становить 15 років, орієнтовний термін окупності проекту складає 4-5 років.

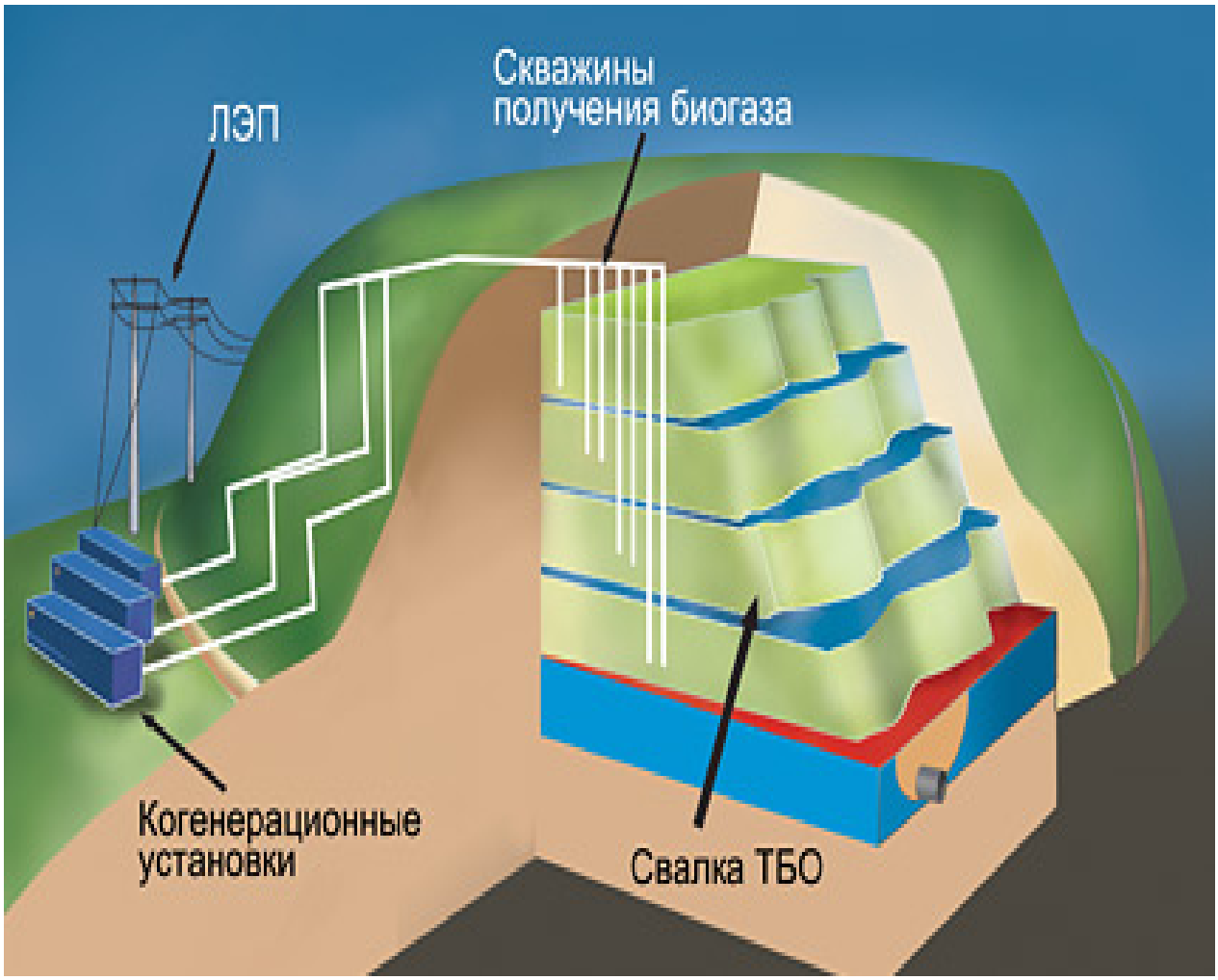


Рисунок 5.1- Принципова схема комплексного вирішення енергопостачання з використанням біогазу

5.2 Режимні та конструктивні параметри, що впливають на генерування біогазу

На генерування біогазу впливає вік полігону, склад, щільність укладання, температура і вологість відходів, а також товщина тіла поховання та способи експлуатації полігону.

Для великих полігонів ТПВ характерна підвищена температура в анаеробній зоні, зазвичай вона коливається від 25 до 35 ° С, досягаючи іноді на поверхневих ділянках 50-55 ° С.

Оптимальна температура становить 25-30 ° С, кислотність середовища повинна відповідати pH = 7-8. Гниття має відбуватися в анаеробних умовах (за відсутності кисню повітря), тобто утворення біогазу можливо тільки при достатній товщині тіла, утвореного ущільненими ТПВ.

Вологість ТПВ звичайно приймається рівною 35%, середня кількість органічної речовини, яка може утворювати біогаз, для ТПВ складає біля 75% маси сухих відходів. Середня щільність ТПВ в місцях їх збору - 140-180 кг/м^3, але при спеціальному механічному ущільненні на полігонах вона збільшується до 600-800 кг/м^3 і більше. У більшості розвинених країн ТПВ при захороненні ущільнюють до 900-1000 кг/м^3. Це дозволяє не лише ефективно використовувати об'єм полігону і продовжити термін його служби, але й забезпечити більш раннє утворення метану і стабільний його вихід протягом багатьох років.

Органічна речовина розкладається на звалищах приблизно протягом 20 років. Активне газоутворення в товщі відходів починається приблизно з третього року від початку їх складування, поступово наростаючи, і продовжується 10-15 років, після чого процес поступово сповільнюється. Тому, при середньому виході газу 115 м^3 /т ТПВ середня швидкість виходу його приймається, як правило, 5 м^3 з тони ТПВ за рік.

5.3 Організація робіт з вилучення звалищного газу

Система вилучення звалищного газу складається з мережі вертикальних свердловин, зв'язаних разом горизонтальними трубами, які збирають одержуваний звалища газ і передають його в обладнання для комерційного використання.

Принципова схема утилізації біогазу за допомогою когенераційної установки представлена на рисунку 5.2.

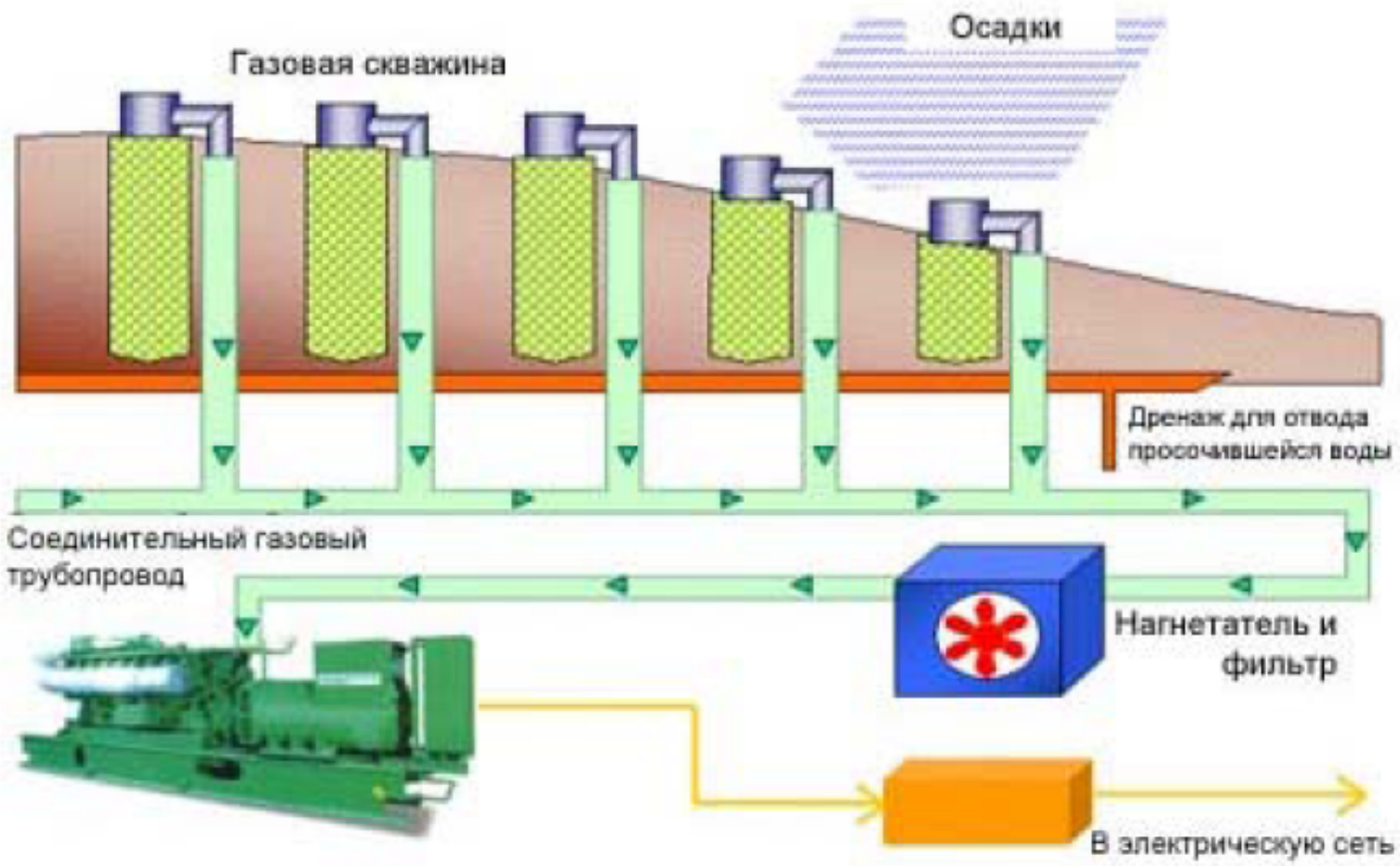


Рисунок 5.2 – Принципова схема утилізації біогазу за допомогою когенераційної установки

Всередині вертикальної свердловини, виконаної в шарі ТПВ, встановлюється пластикова труба діаметром 12-25 см (рис. 5.3).

Рисунок 5.3 – Загальний вигляд свердловини для видобутку біогазу

Труба перфорована прорізами у вигляді щілин шириною 3-6 мм від нижнього краю до відстані 3-5 м від верху насипу. Діаметр свердловини - 0,6- 1,2 м, глибина - мінімум 7 м і відповідає 50-90% товщі шару ТПВ. Об'єм свердловини навколо перфорованої збірної труби засипаний гравієм. Верхні 0,5 м свердловини ущільнені бетоном або глиною з метою запобігання припливу атмосферного повітря в свердловину і витоку в атмосферу звалищного газу (рис. 4.4).

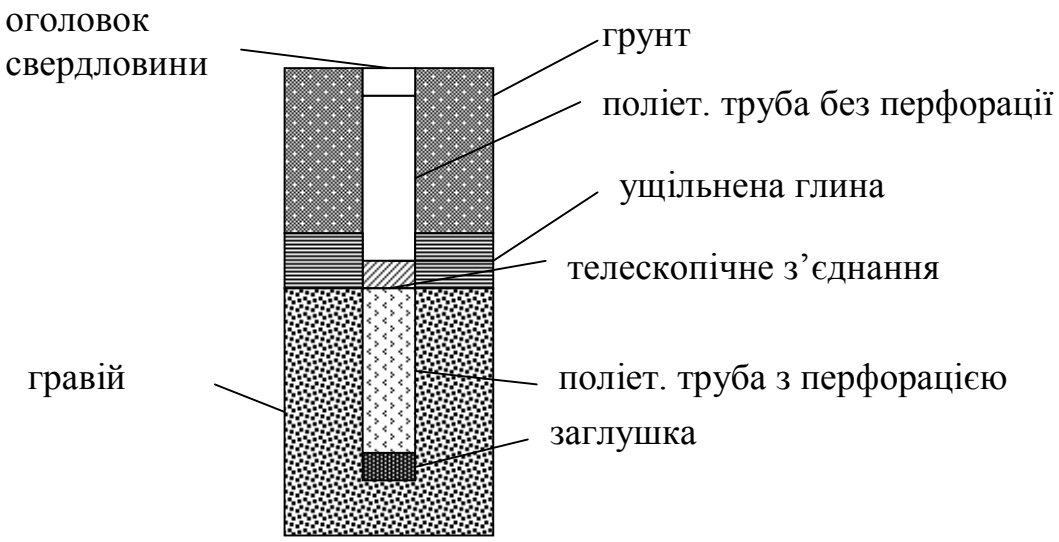


Рисунок 5.4 – Установка свердловини для видобутку біогазу

Радіус впливу свердловини для відкачування звалищного газу змінюється в межах 8-80 м із середнім значенням 30-35 м. Відстань між свердловинами не повинна бути менше подвоєного радіуса впливу (рис. 5.5). Залежно від місцевих умов швидкість відкачування звалищного газу з однієї свердловини - від 5-50 до 250 $м^3$/год.

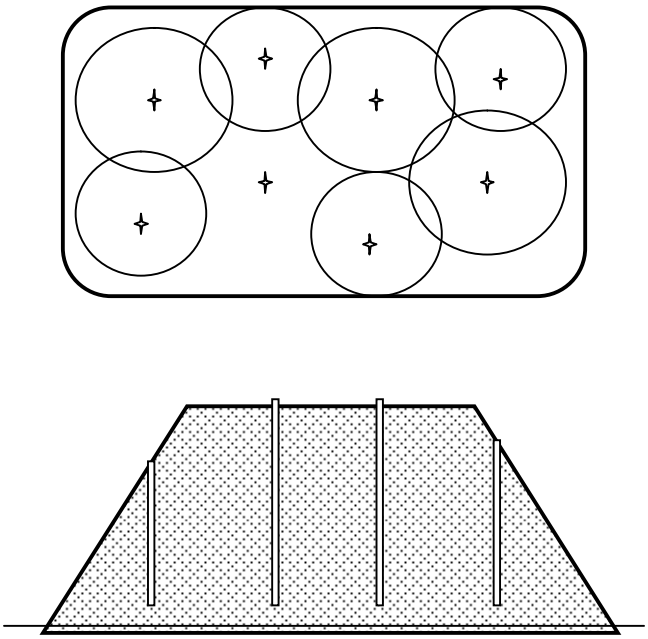


Рисунок 5.5 – Схема розміщення газових свердловин

Коли система збору газу встановлюється при заповненні звалища, перевага надається мережі горизонтальних труб для його відкачування. Горизонтальні системи для вилучення звалищного газу можуть бути розміщені в поверхневих частинах звалища під верхньою частиною засипаних відходів, тому що звалищний газ переміщується у напрямку до поверхні звалища. На глибоких звалищах для збільшення впливу всмоктування спільно використовують вертикальні свердловини і горизонтальні труби. Якщо масив звалища має верхнє покриття, можуть бути встановлені також системи поверхневого збору.

Звалище осідає до 5-20 і навіть до 30-35% її глибини. Тому свердловини для добування звалищного газу з'єднують з колектором за допомогою гнучкого з'єднання. Найбільш широко використовуваним матеріалом для збору звалищного га-

зу є поліетилен низького тиску (для наземного і підземного використання) та полівінілхлорид (для підземного використання).

Система збору біогазу також включає конденсатозбірники, кількість яких визначається геометрією звалищного тіла і газозбірних колекторів. У разі розташування конденсатозбірників за межами дільниці захоронення ТПВ, конденсат повинен повертатися на полігон або ж подаватися в систему обробки і видалення фільтрату.Збір біогазу здійснюється за допомогою малопотужної повітродувки або вентилятора продуктивністю 300-700 $м^3$/год.

Когенераційна установка. Когенераційна установка складається з чотирьох основних частин:

1. Первинний двигун.
2. Електрогенератор.
3. Система утилізації тепла.
4. Система контролю і управління.

Когенераційні системи, як правило, класифікуються за типом первинного двигуна, генератора, а також за типом споживаного палива.

Залежно від існуючих вимог, роль первинного двигуна може виконувати поршневий двигун, парова, газова турбіна або парогазова установка. Найбільш поширений випадок - застосування поршневого двигуна (рис. 5.6).

Поршневий двигун - двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). ДВЗ виробляє потужність за рахунок перетворення хімічної енергії палива в теплоту, яка потім перетвориться в механічну роботу. Перетворення хімічної енергії в теплоту здійснюється при згорянні палива, а подальший перехід теплоти в механічну роботу здійснюється за рахунок внутрішньої енергії робочого тіла, яке, розширюючись, виконує роботу.

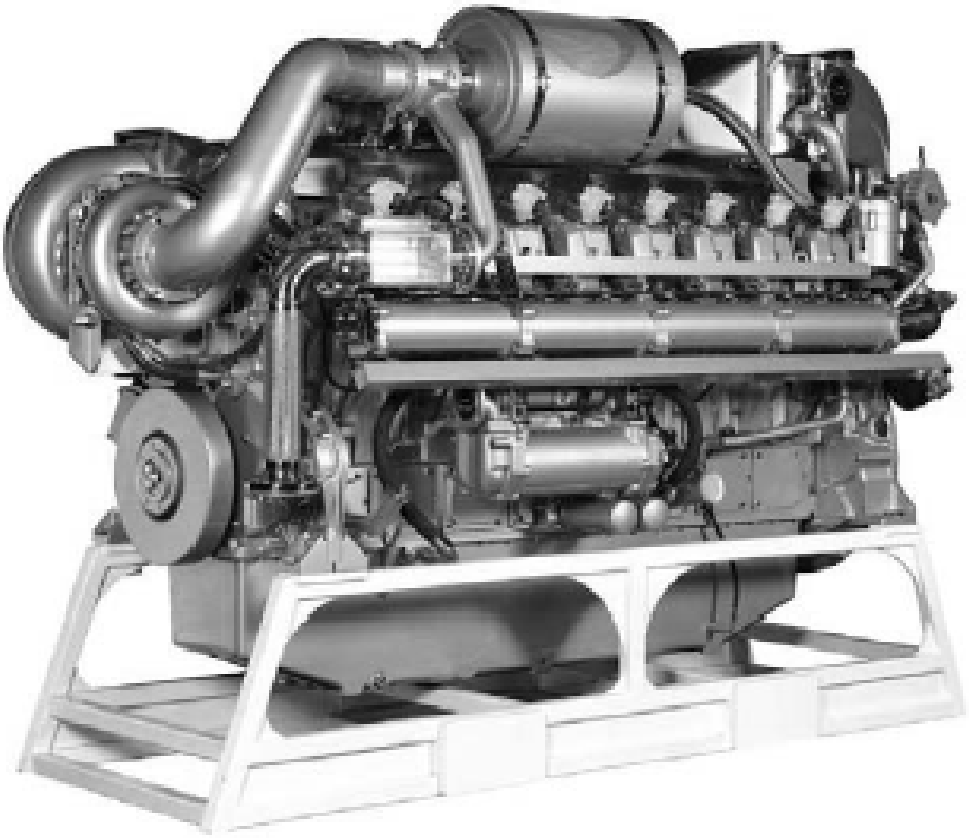


Рисунок 5.6 - Загальний вигляд поршневого двигуна

Постійне отримання механічної роботи можливе циклічно (поршневий двигун) або безперервно (газотурбінний двигун), робочий процес при цьому складається з стискання робочого тіла, підведення до нього теплоти, здійснення роботи за рахунок його розширення і повернення в початковий стан.

Генератори призначені для перетворення механічної енергії обертового вала двигуна в електроенергію. Генератори можуть бути синхронними або асинхронними. Синхронний генератор може працювати в автономному режимі або паралельно з мережею. Асинхронний генератор може працювати тільки паралельно з мережею. Якщо стався обрив або інші неполадки в мережі, асинхронний генератор припиняє свою роботу. Тому, для забезпечення гнучкості застосування розподілених когенераційних енергосистем частіше використовуються синхронні генератори.

Система утилізації тепла. Теплоутилізатори є основним компонентом будь-якої когенераційної системи. Принцип його роботи заснований на використанні енергії гарячих газів двигуна електрогенератора (турбіни або поршневого двигуна). Найпростіша схема роботи теплоутилізатора полягає в наступному: гази проходять через теплообмінник, де проводиться перенесення теплової енергії рідинному теплоносію (воді, гліколю). Після цього охолоджені гази викидаються в атмосферу, при цьому їх хімічний і кількісний склад не змінюється.

Система контролю й керування дозволяє здійснювати ручний і автоматичний запуск/ зупинку генератора. Системи управління забезпечують автоматичний захист генератора від надмірно високої температури двигуна, низького тиску масла в системі змащення, надмірно високій швидкості обертання вала двигуна і невдач при спробах запуску. Причому, кожна несправність при автоматичному вимиканні генератора висвічується відповідною червоною лампочкою індикаціїї, що вказує на вид несправності.

Панель управління оснащена лічильником годин роботи генератора, стрілочними вимірювальними приладами - вольтметром і амперметром з перемикачами фаз, частотоміром, покажчиком температури охолоджувальної рідини, вольтметром акумуляторної батареї, манометром тиску масла в системі змащення і індикаторними лампочками вказівки несправностей.

5.4 Перспективи застосування когенераційних систем на полігонах ТПВ

Для аналізу місця когенераційних систем у забезпеченні енергетичної безпеки держави необхідно дослідити можливі напрями їх використання в економіці України, а також ефективність застосування цих установок у порівнянні з зарубіжними аналогами.

Серед вітчизняних машинобудівних підприємств когенераційні установки є продукцією АТВТ „Первомайськдизельмаш” та ВАТ „Південьтрансенерго”.

Для дослідження ефективності застосування когенераційних установок використано відомості про когенераційні установки АТВТ „Первомайськдизельмаш” електричною потужністю 500, 630, 800 кВт та тепловою потужністю відповідно

0,62; 0,77 і 0,9 Гкал/годину, оскільки вони наразі мають значні обсяги застосування в галузях господарської діяльності України.

Когенераційні установки мають перспективи застосування у різних сферах економіки України. Основним напрямом застосування когенераційних установок є їх використання для комунальних цілей на підприємствах із теплопостачання, оскільки вони здатні поєднати виробництво тепла із виробництвом енергії, що, по-перше, забезпечить стабільне постачання гарячої води (ця проблема є надзвичайно актуальною в малих містах та селищах), а також електроенергії, по-друге, дасть змогу знизити собівартість тепла за рахунок високого ККД когенераційної установки; по-третє, за рахунок зменшення ціни та надання більш якісних послуг, а також зниження шкідливих викидів дозволить покращити показник якості життя населення.

На сьогодні в Україні працює близько 200 когенераційних систем на котельних установках, які підлягають модернізації згідно Державної, галузевої та регіональних програм підвищення енергоефективності на 2010-2014 рр. Упровадження за останні 5 років більш ніж 30 когенераційних установок у містах Хмельницький, Вінниця, Тернопіль, Донецьк, Івано-Франківськ та інших, які працюють на природному газі, дозволило покращити економічний стан цих підприємств та створити умови для утримання різкого зростання тарифів на послуги тепло-, та гарячого водопостачання для населення.

На підприємствах з переробки твердих побутових відходів (ТПВ) під час використання звалищного газу застосовується до 150 когенераційних установок. За відомостями Інституту технічної теплофізики НАН України та НТЦ “Біомаса” (м. Київ) одним із основних джерел біогазу є продукти розкладання твердих побутових відходів (ТПВ). За проведеними дослідами встановлено, що міста України генерують понад 40 млн. $м^3$ ТПВ на рік. При цьому, у результаті природних процесів відбувається виділення понад 100 $м^3$ газу на 1 тону ТПВ. На майбутнє до промислового використання придатні 90 великих полігонів ТПВ, де і можливе застосування когенераційних установок (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 - Перспективи використання когенераційних установок на полігонах ТПВ

Кількість придатних до використання полігонів ТПВ, од.	Можливі обсяги видобування біогазу, млн. м3/рік (при Q – 19,8 МДж/м^3)	Необхідна кількість когенераційних установок для утилізації газу, шт.	Електричний потенціал біогазу, млн. кВт/рік	Зменшення викидів CO_2 за рахунок утилізації біогазу, млн.т./рік.
4.90	400	150	745	3,26

Ринок когенераційних установок на базі поршневих двигун-генераторів в Україні представлений імпортерами: Jenbacher (Австрія), Deutz (Німеччина), Caterpillar (США), Wilson (Англія), які за допомогою „маркетингових інтервенцій", а саме: запровадженням особливих тендерних процедур із залученням коштів Світового банку реконструкції та розвитку згідно цільових програм, проведенням окремих урядових рішень поступово просувають свою продукцію до України. Разом із тим, когенераційні установки виробництва АТВТ „Первомайськдизельмаш" за основними техніко-економічними показниками не поступаються закордонним аналогам, а за ціновими пропозиціями є кращими. Порівняльний аналіз когенераційних установок представлений у таблиці 5.3.

Здійснений аналіз свідчить, що вітчизняні когенераційні установки за показниками надійності, загального моторесурсу, коефіцієнту корисної дії та ціновими є найкращими, за економічними показниками — не поступаються закордонним аналогам.

Залучення вітчизняних підприємств до Державної програми із створення нових зразків когенераційної продукції, які в якості палива будуть використовувати альтернативні його види, дасть можливість розширити географію експортних поставок. У цілому, застосування когенераційних установок вітчизняного виробництва дозволить:

Таблиця 4.3 - Порівняльний аналіз світових та вітчизняних когенераційних установок

Характеристики	**Виробник продукції**			
	АТВТ "Первомайськдизельмаш"	Jenbacher (Янбахер)	Caterpillar (Катерпілер)	Волжск. дизель ім. Маміних
Марка двигун –генератора (двигуна)	ДвГА-500 (6ГЧН25/34)	J312GS (12ГЧН13,2/17)	CAT 500SP	ГДГ 90 (6ГЧН21/21)
Потужність електрична, кВт	500	526	519	500
Потужність теплова, кВт	720	642	653	650
Частота обертів к/в, об/хв.	600	1500	1500	1000
Питомі витрати палива, нм3/кВт в год.	0.266	0.255	0.262	0.286
Загальний коефіцієнт корисної дії установки, %	91,7	87,4	86	80,5
КПД електричний, %	37,6	39,4	38,1	35
КПД тепловий, %	54,1	48	47,9	45,5
Ступінь автоматизації	1-2	2-3	2-3	1-2
Ресурс до капремонту, год.	80 000	60 000	60 000	60 000
Загальний ресурс, год.	200000	120000	120000	120000
Питома ціна , у залежності від варіанту виконання замовлення (без модульн. блоку), $/кВт	~550	~700-1050	~750	~700
Питомі річні експл. витрати, $/кВт	~500	~1000	~800	~500

– використовувати велику гаму альтернативних видів палива із низькою теплоутворюючою спроможністю (малим змістом метану, від 25%), низьким ступенем детонації та високою теплоутворюючою спроможністю;

– економити біля 30% палива, які використовуються під час виробництва електричної та теплової енергії у порівнянні з традиційним їх роздільним виробництвом;

– майже втричі знизити витрати на електроенергію, питома вага яких, наприклад, лише в теплоенергетиці в середньому складає до 40% тарифу на послуги теплого та гарячого водопостачання населенню;

– знизити втрати під час транспортування енергоносіїв у зв'язку з розташуванням джерела енергії безпосередньо біля споживача;

– підвищити енергонезалежність вітчизняних підприємств;

– знизити рівень викидів шкідливих речовин та можливість отримати одиниці скорочень викидів парникових газів – до 3,3 тис. тон CO_2 на 1 МВт встановленої електричної потужності;

– уже через 2-3 роки, після закінчення терміну окупності капіталовкладень по їх впровадженню в експлуатацію, отримувати щорічний прибуток;

– на 20-30% нести менші затрати на впровадження когенераційних установок;

– нести значно нижчий рівень експлуатаційних витрат, у тому числі і на сервісне обслуговування;

– отримати раціональну схему підключення когенераційних установок до існуючих електро- та теплопостачаючих систем із виконанням проектних робіт від виробника та постачальника продукції;

– розраховувати на мінімальні терміни постачання обладнання на будівельний майданчик, виконання монтажних, пуско-, еколого-налагоджувальних робіт „під ключ" та здачу в експлуатацію;

– отримувати гарантійне та післягарантійне сервісне обслуговування в стислі строки.

Економічні підрахунки (таблиця 5.4) і фактичний досвід експлуатації довели, що, наприклад, тільки для комунальних та промислових підприємств собівартість однієї кВт- години електричної енергії,яка вироблена когенераційною установкою з використанням в якості палива природного газу по діючій на цей час ціні, складає приблизно 20 коп., при цьому строк окупності витрат на впровадження когенераційної установки не перевищує двох років. А враховуючи те, що ціна альтернативного виду палива буде нижчою за ціну на природний газ, то і економічний ефект буде вищий.

Таблиця 5.4 - Розрахунок економічного ефекту від впровадження когенераційних установок на базі двигун-генераторів ДвГА-500

	Найменування показника	**Умовне позначення**	**Од. виміру**	**Значення**
	1.Вихідні відомості			
1	Потужність:			
	електрична	Ne	кВт	500
	Теплова	Nт	кВт	720
2	Кількість часів експлуатації на рік	Т	годин	6500
3	Коефіцієнт використання потужності	Км		0,85
4	Питомі витрати оливи	Qм	г/кВт г	0,70
5	Кількість оливи в системі	Gм	кг	500
6	Ціна оливи	Цм	грн/кг	12
7	Термін служби оливи до заміни	Тм	годин	1500
8	Витрати газового палива з тепловіддачею Qн=8000 кКал/нм3	Gг	нм3/год	140
9	Ціна газового палива	Цг	грн/нм3	2,18
10	Ціна теплової енергії	Цт	грн/1 Гкал	400
11	Термін до капремонту	Rкр	годин	80000
12	Коефіцієнт витрат на капремонт від ціни ДвГА-500	Вкр		0,3
13	Ресурс до першої переборки	Rпер	годин	10000
14	Коефіцієнт витрат першої переборки від ціни ДвГА-500	Впер		0,05
15	Ціна ДвГА-500 без модуля	Ц	грн	2235000
16	Ціна електроенергії	Цее	грн/кВт*г	0,62
	2.**Розрахунок річних експлуатаційних витрат**			
17	Витрати на паливо	Зг=Gг*t*Цг*Км	грн	1686230,0
18	Витрати на оливу	Зм=Цм*t*(Ne*Км*gm*0,001+Gм/Тм)	грн	49205,0
19	Витрати на капремонт	Зкр=Вкр*Ц*t/Rкр	грн	54478,1
20	Витрати на переборку	Зпер=Впер*Ц*t/Rпер	грн	72637,5
21	Витрати на зарплату	Ззарп=4*1500*12	грн	72000,0
22	Загальні витрати, які відносяться до експлуатації ДвГА-500	Здвг=Зг+Зм+Зкр+Зпер+Ззарп	грн	1934550,6
	3. **Розрахунок річного економічного ефекту та терміну окупності**			
23	Кількість електроенергії виробленої за рік	Сее=Ne*t*Км	кВт*год	2762500,0
24	Кількість теплової енергії виробленої за рік	Сте=Nт*t*Км*10-6*860	Гкал	3421,1
25	Загальна ціна електроенергії	Цег=Сее*Цее	грн	1712750,0
26	Загальна ціна теплової енергії	Цтг=Сте*Цт	грн	1362432,0
27	Річний економічний ефект	Ер=Цер+Цтр-Здвг	грн	1146631,4
28	Термін окупності ДвГА-500	Токуп=Ц/Ер	років	1,9
29	Собівартість 1 кВт*ч електроенергії	С=(Здвг-Цтг)/Сее	грн/кВт*г	0,205

5.5 Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, встановлено, що використання когенераційних установок є перспективним як для забезпечення виробничих потреб, так і потреб населення.

Також використання когенераційних установок дозволяє отримати ефект у трьох напрямах:

1) економічному (зниження собівартості електроенергії та тепла, підвищення ефективності використання паливних ресурсів, і, як наслідок, підвищення енергонезалежності підприємств);

2) соціальному (покращення життя населення за допомогою утримання росту тарифів, покращення якості послуг та децентралізації опалення);

3) екологічному (зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, переробка небезпечних відходів виробництва).

Використання когенераційних установок може бути застосовано і як елемент стратегії підвищення енергетичної безпеки країни, зважаючи на наступні аспекти:

1) низький термін окупності когенераційної установки;

2) високий коефіцієнт корисної дії палива, використаного для роботи когенераційної установки;

3) можливість роботи на екологічно чистому та відносно недорогому паливі.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз сучасного стану проблеми отримання нових видів палива на основі сировини техногенного походження. Розглянуто питання сучасних технологій переробки відходів вуглезбагачення та технологій виробництва твердих видів палива на основі отриманої сировини.

2. Вивчено особливості складу та властивостей різних видів відходів вуглезбагачувальних фабрик з точки зору можливостей їх подальшої переробки.

3. В лабораторних та напівпромислових умовах виконані дослідження зі збагачуваності відходів вуглезбагачувальних фабрик Донбасу та запропоновані магнітні та магнітно-флотаційні схеми, що забезпечують ефективне видалення золи та сірки з цих відходів. Показано ефективність розроблених схем для зниження концентрацій шкідливих супутніх елементів.

4. Розглянуті способи розробки й схеми розкриття сухих хвостів і мокрих шламів відходів вугілля.

5. Розроблена класифікація технологічних схем розробки вугільних хвостів і мокрих шламів, виходячи з аналізу стану масиву по обводненості, застосовування основного гірничотранспортного устаткування й виду транспорту.

6. Розглянуті питання оцінки продуктивності земснаряду при розробці мокрих шламів вугілля.

7. Розглянуті питання вибору параметрів розробки засобів гідромеханізації при освоєнні мокрих шламів вугілля, наведені різні технологічні схеми розробки шламосховищ земснарядами й гідромоніторами.

8. Встановлена ефективність процесів підвищення гідравлічної активності доменних шлаків при їх тонкодисперсному подрібненні, що дозволило отримати з доменних шлаків дешеві зв’язуючі матеріали для застосування в технологіях переробки техногенної сировини і отримання нових видів палива.

9. Розроблена інформаційна система контролю акустичних параметрів струминного млина складає основу регулювання процесу подрібнення шляхом своєчасного завантаження струменів матеріалом, з одного боку, і регулювання частоти обе-

ртання ротора класифікатора, з іншого боку, для досягнення необхідної дисперсності готового продукту.

10. Виявлені залежності акустичних параметрів від гранулометричних характеристик вихідної сировини і питомої поверхні отриманих продуктів рекомендуються для використання при контролі якості одержуваних високодисперсних порошків струминним здрібнюванням.

11. Розроблена комплексна технологія отримання твердого палива з вугільних відходів, легкої фракції твердих побутових відходів та паперових відходів.

12. Визначені технологічні параметри підготовки вихідної сировини до переробки. Створені ефективні технологічні схеми розробки вугільних териконів.

13. Отримані режимні та конструктивні параметри обладнання для глибокого збагачення та очищення кам'яновугільних шламів та інших вугільних відходів. Встановлені параметри гравітаційної та високогадієнтної магнітної сепарації при переробці вугільної сировини.

14. Визначені режимні та конструктивні параметри обладнання для отримання твердого палива. Встановлені діапазони припустимих значень вологості, зольності та дисперсності компонентів вихідної сировини з необхідними показниками якості кінцевих паливних елементів.

15. Визначені режимні та конструктивні параметрів обладнання для когенерації твердих побутових відходів. Застосування когенераційних установок вітчизняного виробництва дозволить:

– використовувати різні види палива із низькою теплоутворюючою спроможністю (малим змістом метану, від 25%), низьким ступенем детонації та високою теплоутворюючою спроможністю та економити біля 30% палива, які використовуються під час виробництва електричної та теплової енергії у порівнянні з традиційним їх роздільним виробництвом;

– майже втричі знизити витрати на електроенергію, питома вага яких, наприклад, лише в теплоенергетиці в середньому складає до 40% тарифу на послуги теплого та гарячого водопостачання населенню.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Глинкин И.А., Кутакова Д.А., Хайдайкин В.И. Теоретические основы утилизации шламов шламонаконакопителей методом катализа. – Збагачення корисних копалин, 2005 – Вип. 22(63). – С. 169-173.
2. Білецький В.С., Круть О.А., Світлий Ю.Г. Утилізація вугільних шламів шляхом виготовлення водовугільного палива. – Збагачення корисних копалин, 2005 – Вип. 24(65). – С. 111-118.
3. Папушин Ю.Л., Рябушенко Е.В. Энергетическое использование техногенных угольных месторождений Донбасса. – Збагачення корисних копалин, 2005 – Вип. 23(64). – С. 13-16.
4. Филиппенко Ю.Н., Купченко И.П. Состояние и перспективы развития углеобогащения в Украине. – Збагачення корисних копалин, 2008 – Вип. 33(74). – С. 31-39.
5. Егурнов А.И., Борук Д.С., Макаров А.С. Получение водоугольного топлива на основе твердых отходов и сточных вод коксохимического производства. – Збагачення корисних копалин, 2008 – Вип. 33(74). – С. 129-137.
6. Макаров А.С., Егурнов А.И., Борук Д.С. Получение высоконцентрированного водоугольного топлива на основе отходов углеобогащения для использования в энергетическом комплексе Украины. – Збагачення корисних копалин, 2008 – Вип. 33(74). – С. 138-147.
7. Целуйко О.В., Волкова Т.П. До питання використання відходів вуглезбагачення. – Наукові праці Донецького Національного Технічного Університету. – Серія "Гірничо-геологічна"– Донецьк, 2007. – С. 43-47.
8. Чернегов Ю.А. Методы изучения и освоения техногенных месторождений/ Чернегов Ю.А.// Горный информационно - аналитический бюллетень №3.- М.: Недра, 2009.- С. 371 – 375.
9. Варийчук М.И. Оптимизация параметров открытой разработки россыпей / М.И. Варийчук, В.И. Натоцинский. – М.: Недра, 1985. – 197с.

10. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей / Арсентьев А.И.- М.: Недра, 1981. – 278 с.
11. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ / Ржевский В.В. - М.: Недра, 1980. – 672 с.
12. Новожилов М.Г. Повышение эффективности усложненной бестранспортной системы разработки при замене выездных траншей временными съездами /М.Г. Новожилов, В.С. Эскин, Я.Ш. Ройзен //Сб. статей ИГТМ АН УССР . – М: Недра, 1969.- Вып. 2.- С. 132-140.
13. Коваленко В.С. Технологические аспекты экологизации открытых горных работ при освоении перспективных угольных месторождений Кузбасса // Вопросы теории открытых горных работ: (сб. науч. тр.): статьи /В.С. Коваленко - М.: МГГУ, 1994.- С. 106-121.
14. Томаков П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах/ П.И. Томаков // Вопросы теории открытых горных работ. – М.: Из-во МГГУ, 1994. – С.51-61.
15. Томаков П.И. Рациональное землепользование при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко. - М.: Недра, 1984. - 213с.
16. Барсуков М.И. Повышение эффективности поточной технологии на карьерах с мягкими породами / И.М. Барсуков - Киев: Наукова думка, 1984.- 232 с.
17. Барсуков М.И. Охрана земель при открытой разработке месторождений / М.И. Барсуков, И.М. Барсуков. – К.: Техника, 1987.- 150 с.
18. Нурок Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. - М.:Недра, 1979.- 549с.
19. Кочергина А.В. Зависимость производительности гидромонитора и удельного расхода воды от класса пород, высоты забоя, напора воды и уклона плотика при разработке россыпей гидравлическим способом.- М., 1960.- С. 20-31. - /Труды ЦНИГРИ; вып. 36/.
20. Кравченко В.П., Струтинский В.А. / Гидравлическая активность доменных шлаков / М. Сталь, 1/2007, с. 94-95.

21. Струтинский В.А., Савощенко А.В., Кравченко В.П. / Актуальные проблемы рециклинга и утилизации шлаков металлургического производства / Металл и литье Украины – 2007, № 1-2, с.14-16.

22. Горобец Л.Ж., Коваленко В.В., Шуляк И.А., Кравченко В.П./ Улучшение технологических свойств строительных материалов на основе измельчений и механоактивации/ Нациіональний гірничий університет «Збагачення корисних копалин» Науково-технічний збірник. Дніпропетровськ, 2008, Випуск 34 (75). – с. 75-81.

23. Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Бовенко В.Н., Стрельников Г.А., Прядко Н.С., Гаевой В.В., Кравченко В.П., Верхоробина И.В., Шуляк И.А. Струйная технология измельчения металлургических шлаков //Тезисы докл. I Международного научно-практического семинара памяти Олевского В.А. «Проблемы дезинтеграции минерального и техногенного сырья в горной промышленности и строительной индустрии 10-16 сентября 2007 г.» - г.Ставрополь, 2007, с. 1-3.

24. Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Прядко Н.С., Верхоробина И.В., Бевзенко Б.Ф., Кравченко В.П. // Мониторинг изменений технологических и режимных параметров в процессе струйного измельчения строительных материалов. // Матер. научно-технической конференции «Применение ультра(нано)-дисперсных порошковых систем в промышленных технологиях. - 8-10 июля 2008». С.-П. – Изд-во Политехнического университета. – 2008. – С. 112-127.

25. Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Гаевой В.В., Верхоробина И.В., Кравченко В.П., Цибулько Л.А. Влияние дисперсности на гидравлические свойства доменного шлака. // Междунар. 16 научно-техн. конф. «Теория и практика процессов измельчения, разделения, смешения и уплотнения материалов». - 18-23 2008 г, г. Одесса. – Вестник НТУ «ХПИ». – 2008. – № 38. – С. 58-67.

26. Горобец Л.Ж., Коваленко В.В., Прядко Н.С., Кравченко В.П. Упрочнение строительных материалов при обработке в струях / Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Динаміка та міцність машин, будівель, споруд», Полтава-2009» (16-19 июня 2009 р.). – Полтава. – 2009.

27. Патент Украины № 18575, С04В 7/147. Способ подготовки гранулированного доменного шлака / Кравченко В.П., Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Климанчук В.В., Струтинский В.А., Трубников В.И. – опубл. в бюл. 15.11.2006, № 11.

28. Патент Украины № 18107, В03С 1/00. / Способ переработки отвальных металлургических шлаков / Кравченко В.П., Фентисов И.Н., Струтинский В.А., Черкасин О.В. – опубл. в бюл. 16.10.2006, № 10.

29. Патент Украины № 35336 С04В 7/00. / Способ получения вяжущего / Кравченко В.П., Мацегора С.С., Струтинский В.А., Трубников В.И., Пилов П.И., Горобец Л.Ж. – опубл. в бюл. 10.09.2008, № 17.

30. Патент Украины № 36034 С04В 7/00. Технологическая линия для изготовления вяжущего / Кравченко В.П., Мацегора С.С., Струтинский В.А., Трубников В.И., Пилов П.И., Горобец Л.Ж. – опубл. в бюл. 10.10.2008, № 19.

31. Патент Украины № 36035 С04В 7/00. Технологическая линия для изготовления вяжущего / Кравченко В.П., Матвиенков С.А., Струтинский В.А., Савощенко А.В. – опубл. в бюл. 10.10.2008, № 19.

32. Патент Украины № 35038 С04В 7/00. Способ изготовления клинкера / Кравченко В.П., Бойко В.С., Струтинский В.А., Трубников В.И., Савощенко А.В. – опубл. в бюл. 26.08.2008, № 16.

33. Патент Украины № 36800 С04В 7/00. Технологическая линия для изготовления цемента / Кравченко В.П., Матвиенков С.А., Струтинский В.А., Трубников В.И., Савощенко А.В. – опубл. в бюл. 10.11.2008, № 21.

34. Колокольников В.С., Осокина Т.А. / Производство цемента. М: Высшая школа, 1974, с. 8-20, 178-211.

35. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. – М. 1986.– с. 147.

36. Аналіз стану енергетичної безпеки / Рада національної безпеки і оборони України [Електронний ресурс]: — Режим доступу: http://www.rainbow.gov.ua/news/1012.html.

37. Уход от газовой зависимости. Энергосберегающие установки производства АООТ „Первомайскдизельмаш” / АТВТ „Первомайськдизельмаш” [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://www.dieselmash.com.ua.

38. Матвеев Ю.Б. Перспективы добычи и использования биогаза на украинских полигонах твердых бытовых отходов. Матеріали міжнародної конференції “Інвестиції та зміна клімату: можливості для України”, 10-11 липня 2002 року, Київ, С. 186-190 .

39. Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине. Экотехнологии и ресурсосбережение. – 4. - 1999, С. 6-14.

40. Горобець Л.Ж. Розвиток наукових основ здрібнювання твердих корисних копалин. Автореферат дисс. д-ра техн. наук по спец. 05.15.08: НГУ: Дніпр-ськ. - 2004. - 35 с.

41. Горобець Л.Ж., Прядко Н.С., Краснопер В.П., Цибулько Л.А., Бакум П.А. Характеристики дисперсності продуктів струминного здрібнювання. ЗКК, № 41-42, 2010, стор. 111-121.

42. Дослідження акустоеміссійних властивостей природних матеріалів у режимі високих тисків/ Л.Ж. Горобець, В.Н. Бовенко, С.Б. Дуброва, О.Ф. Панченко // Фізика й техніка високих тисків. - 1995. - №3. - С. 65-73.

43. Пілов П.І., Горобець Л.Ж., Бовенко В.Н., Щербаков А.Е., Прядко Н.С., Верхоробина І.В., Параметри акустичного випромінювання промислової газоструменевої установки //Вісник нац. техн. ун-та «ХПІ». - Харків, 2007. - Вып. № 27. - С. 33-41.

44. P.I. Pilov, L.J.Gorobets, V.N. Bovenko, N.S. Pryadko /An acoustic monitoring of the sizes changes of grinded particles// Науковий вісник НГУ. - 2008. - №6. - С. 23-26.

ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"
(Державний ВНЗ "НГУ")

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

_____О.С. Бешта

"___" _____ 2011р.

ЗВІТ

про патентні дослідження

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Тема ГП – 438

Начальник НДЧ, канд. техн. наук	Р.Дичковський
Зав. каф. ЗКК, науковий керівник НДР, д-р техн. наук, проф.	П. Пілов
Зав. патентно-ліцензійного відділу	О. Філонова
Нормоконтроль	Л. Шломіна

2011

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий співробітник	Н.Г. Кабакова (форми Г 1.1, Г 1.4, Г 1.5, Г 2.4, висновки)
Науковий співробітник	В.Ю. Шутов (форми Г 1.1, Г1.2, Г 1.4, Г 1.5, Г 2.4, висновки)

ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Організація – виконавець розробки: Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет"

Початок розробки – 2010 р., січень.

Закінчення розробки – 2011 р., грудень.

Об'єкт дослідження –обладнання для отримання нових видів твердого палива техногенного походження.

Область застосування –нові і удосконалені існуючі технологічні схеми переробки мінеральної сировини, а також комплекси з утилізації техногенних родовищ.

Робота передбачає отримання режимних та конструктивних параметрів обладнання для отримання твердого палива при застосуванні комплексної технології одержання твердого палива на основі глибокого збагачення та огрудкування бурого вугілля, кам’яновугільних шламів та когенерації органічної складової твердих побутових відходів.

ЗМІСТ

Довідка про пошук № 1

Довідка про пошук № 2

Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

Г.1.2 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

Г.1.4 Техніко-економічні показники ОГД та об’єктів аналогічного призначення

Г.1.5 Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності ОГД

Г.2.4 Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об’єктів промислової власності

Довідка №1 про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР

Довідка №2 про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР

Висновки

Додаток А.1 Завдання на проведення патентних досліджень

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № 1

Завдання на проведення патентних досліджень №1 від 12.01.2010 р.

ОГД: обладнання для отримання нових видів твердого палива техногенного походження.

Початок пошуку 14.01.2010 р. Закінчення пошуку 01.11.2011 р.

Таблиця В.1 Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Обладнання для отримання нових видів твердого палива техногенного походження.	Україна	МПК B03B, B09B 1/00-5/06, C04B 18/04, C10L 5/48, B03B 7/00;	Офіційний бюлетень державного департаменту інтелектуальної власності «Промислова власність», 2001 – 2011.	№1 2001 – №7 2011	Збірник «Збагачення корисних копалин» №1 (42) 1998 №46(87) 2011
	Росія		Материалы сайта Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2009-2011	№1 2001 – №11 2011	

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № 2

Завдання на проведення патентних досліджень №1 від 12.01.2010 р.

ОГД: обладнання для переробки, збагачення та отримання нових видів твердого палива техногенного походження.

Початок пошуку 14.01.2010 р. Закінчення пошуку 01.11.2011 р.

Таблиця В.2 Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Обладнання для переробки, збагачення та отримання нових видів твердого палива техногенного походження.	Україна	МПК B02 C 4\02 B03B, B09B 1/00-5/06, C04B 18/04, C10L 5/48, B03B 7/00; B07 B 1\46	Офіційний бюлетень державного департаменту інтелектуальної власності «Промислова власність», 2001 – 2011.	№1 2001 – №7 2011	Збірник «Збагачення корисних копалин» №1 (42) 1998 №46(87) 2011
	Росія		Материалы сайта Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2009-2011	№1 2001 – №11 2011	

Форма Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо його діяльності
1	2	3
1. Обладнання для отримання нових видів твердого палива техногенного походження.	53346А (51) С04В26/00 15.01.2003 2002043690 (22) 30.04.2002 Момотов Ю.Л. СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ	Діє
	а200712549 С10L5/40 12.05.2009 Гриценко В.Т.,Чехов А.В., Ситченко Є.І. Інститут олійних культур Української академії аграрних наук СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ	Діє
2. Обладнання для переробки та збагачення вугільних продуктів техногенного походження _____	37586 В07 В 1\00 05.01.2000 200010084 15.02.2005 Младецький І.К., Мостика Ю.С., Шутов В.Ю.. СИТО	Діє
	15495 В03 С 1\10 31.10.2005 200510250 17.07.2006 Мостика Ю.С. та ін. СПОСІБ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ	Діє
	51596 В03С 1\08, 15.11.2002 2002086867 20.08.2002 Гілунг В.Ф. та ін. ТОВ "Укрекологія" БАРАБАННИЙ МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР	Діє

Форма Г.1.2 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Обладнання для переробки та збагачення вугільних продуктів	Trommel magnet\\ Mining Equipment Dig., -2000, № 4,С.7	Барабанний магніт компанії Eriez
	Гірничий інформаційно-аналітичний бюллетень/Моск. держ .гірн. ун-т ,-2000 р., № 1,С.55-59	Кармазін В.І., Кармазін В.В., Замицький О.В. Розробка безперервного камерного магнітного сепаратору з сильним полем
	Уголь Украины, №7,2011, с.40-42	Зубова Л.Г., Верех-Білоусова К.Й. Удосконалення утилізації відвальної породи вугільних шахт
	Mineral Eng. 2009, 22, № 7-8, с. 625 – 632	Powell M.S., van der WesthuizenA.P., Mainza A.N. Оптимизация процессов дробления
	Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Наукові основи та практика розвідки і переробки руд та техногенної сировини”, -2003р., Видво УДГА, м. Катеринбург, С.43-47	Ожогіна Є.Г.,Рогожин А.А. Особливості технологій переробки низькоякісних руд кольорових ,чорних металів та техногенної сировини

Форма Г.1.4 Техніко-економічні показники ОГД та об’єктів аналогічного призначення

Найменування та одиниці виміру	Техніко-економічні показники				
	об’єкта за стандартом або техніч-ними умо-вами	об’єкта-аналога (держава, фірма, організація, модель, рік освоєння)	ОГД	перспективного зразка	
1	2	3	4	5	
		[Способ брикети-рования угля] Горная энциклопедия, Москва, изд-во «Советская энцик-лопедия», 1991, с. 285	Обладнання для отриман-ня нових ви-дів твердого палива з си-ровини тех-ногенного походження.	Обладнання для отриман-ня нових видів твердого палива техногенного по-ходження, що діє в умовах промислового виробництва.	
Можливість огрудкування вихідної сирови-ни в природних умовах		Відсутнє	Можливе огрудкування 95–98 % си-ровини (за-лежно від во-логості)	Можливе огрудкування 95–98 % сировини	
Енерговитрати на стадії сушіння		18–55% загальних енерговитрат	Відсутнє	Відсутнє	
		Удосконалення утилізації відваль-ної породи вугіль-них шахт «Уголь Украины» №7, 2011, с.40-42	Обладнання для перероб-ки та збага-чення сиро-вини техно-генного по-ходження	Технології переробки та утилізації вугільних про-дуктів	
Ефективність розділення		54,4	66,5	67,2	
Якість збагаче-них продуктів -вміст золи -вміст сірки -		11-25 1,4-1,8	7-24 1,2-1,6	7-22 1,1- 1,4	
Напруженість магнітного поля у робочій зоні , Тл		0,45- 0,58	0,55-0,65	0,6-0,68	

Форма Г.1.5 Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності ОГД

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використан-ня у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
1	2	3	4	5	6	7
Обладнання для переробки промислових відходів (вугільних відходів)	-застосування процесів селективного подрібнення матеріалу та сепараторів з підвищеними магнітними х-ками	Ожогіна Є.Г., Рогожин А.А. Особливості технологій переробки низькоякісн. руд кольорових ,чорних металів та техногенної сировини Мат-ли міжн. наук.-техн. конф. , Вид-во УДГА, 2003,м.Катеринбург	-процес селект подрібнення відсутній	Якість збагачених продуктів вміст золи (7-24%) -вміст сірки (1,2-1,6%)	Вугільна і металург. промисловіст	09731
Барабанний сепаратор для переробки промислових відходів	- магнітна індукція на рівні 0,65 Тл	Барабанний магніт компанії Eriez, Trommel magnet\\ Mining Equipment Dig., -2000, № 4, С.7	- магнітна індукція до 0,62 Тл			32106

Форма Г.2.4 Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об'єктів промислової власності

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності (бібліографічні дані)	Суть об'єкта промислової власності	Очікуваний результат від застосування
1	2	3	4
Обладнання для отримання нових видів твердого палива на основі сировини техногенного походження	Патент України №38747 7С10L5/12, 5/14 від 15.03.2005 Пілов П.І., Бондаренко В.І. та ін.	Спосіб згрудкування мінеральної сировини, що включає змішування її із зв'язуючим , що твердіє, який відрізняється тим, що як сировину вибирають лігніт при його природної вологості, а змішування ведуть зі зв'язуючим на основі негашеного вапна на повітрі до одержання однорідної пастоподібної маси й у такому стані суміш піддають формуванню. Шихта на основі бурого вугілля, яка містить зв'язуючи, що твердіє, яка відрізняється тим, що як зв'язуючи вона містить негашене вапно з рідким склом з таким співвідношенням компонентів, мас. %: лігніт 90-98 негаш. вап. 5-1 рід. скло 5-1	Отримання твердого палива при застосуванні комплексної технології одержання твердого палива на основі глибокого збагачення та огрудкування бурого вугілля, кам'яновугільних шламів
	Патент України №65923А 7С10L5/12, від 15.04.2004 Пілов П.І., Бондаренко В.І. та ін.	Спосіб згрудкування твердого палива органічного походження, що включає змішування дрібного палива із зв'язуючим з отверджувачем, формування шихти, який відрізняється тим, що змішування ведуть із зв'язуючим на основі тонко дисперсної фракції органічного походження до одержання в'язкопластичного стану шихти і у такому стані шихту піддають формуванню. Шихта, що включає дрібне паливо органічного походження, зв'язуючє із отверджувачем, яка відрізняється тим, що як дрібне паливо має зернисту фракцію кам'яного вугілля, а як зв'язуючє містить тонко дисперсну фракцію органічного походження - буре вугілля або мулисту фракцію кам'яного вугілля, з таким співвідношенням компонентів, мас.%: зерниста фракція кам'яного вугілля 30-50; тонко дисперсна фракція органічного походження (буре вугілля або мулиста фракція кам'яного вугілля) 54,5-69,2; отверджувач (гашене або негашене вапно, цемент) 0,8-2,2	Отримання твердого палива при застосуванні комплексної технології одержання твердого палива на основі глибокого збагачення та огрудкування бурого вугілля, кам'яновугільних шламів

Продолжение форма Г.2.4

Обладнання для підготовчих процесів переробки вугільних продуктів та отримання нових видів твердого палива	(11) 2011 09731 (51)B02 C 4\02 (22) 05.08. 2011 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Мостика А.Ю.	1.Валкова дробарка , що містить раму, пару привідних валків, вертикальні важелі, які верхньою частиною встановлені на рамі з можливістю повороту, а в їх нижній частині на підшипникових вузлах встановлені валки, при цьому важелі підпружинені один до одного і задемпфовані один від одного , яка відрізняється тим, що принаймні один із валків обладнаний де балансним віброзбудником. В якому вал з дебалансами встановлений співвісно валку. 2. Дробарка за п.1. яка відрізняється тим що дебаланси розміщені з боку торця валка. 3. Дробарка за п.1. яка відрізняється тим що дебаланси розміщені в порожнині валка	
	(11) 68848 (51)B07 B 1\46 (22) 11.11. 2003 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю.,	1.Сито грохота, що містить еластичну основу з отворами, армуючи нитки, яке відрізняється тим,що знизу еластичної основи виконані поперечні ребра, розташовані поміж отворами, а армуючи нитки заформовані в поперечних ребрах. 2.Сито грохота за п.1.яке відрізняється тим,що знизу еластичної основи додатково виконані повздовжні ребра, розташовані поміж отворами, які при- стиковані до поперечних ребер, при цьому в повздовжні ребра заформовані додаткові армуючи нитки, які в місцях пересічення ребер з'єднані з армуючими нитками поперечних ребер. 3.Сито грохота за п.1.2, яке відрізняється тим, що кінці армуючих ниток заведені в еластичну основу.	
Обладнання для переробки вугільних відходів	(11) 15493 (51)B03 C 1\10 (22) 17.07. 2005 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Сосєдка В.Л., Мостика А.Ю,	Спосіб магнітної сепарації, який включає подачу первинного матеріалу на поверхню обертового барабану сепаратора, переміщення первинного матеріалу в сталому магнітному полі обертовим барабаном, відділення немагнітних частинок барабаном до місця вивантаження , який відрізняється тим ,що барабан сепаратора обертають з пульсацією частоти обертання.	Використання технічних рішень доцільно лише в сполученні з новими технічними рішеннями (НОУ-ХАУ) по НДР ГП-438
	(11) 32106 (51)B03 C 1\00 (22) 26.10. 2007 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Мостика А.Ю,	Магнітний сепаратор , що містить обертовий немагнітний барабан з внутрішньою магнітною системою, бункер подачі первинного матеріалу, навантажувальне сковзало, що розташоване нижче бункера і обернене кінцем біля барабана вздовж напрямку обертання барабана, а з протилежного боку виконане з вертикальною стінкою, приймачі немагнітних і магнітних частинок, який відрізняється тим, що обладнаний проміжним похилим сковзалом, яке своїм нижнім кінцем розташоване з проміжком відносно вертикальної стінки навантажувального сковзала і встановлене з можливістю регулювального зміщення , при цьому бункер подачі первинного матеріалу своїм випускним отвором розташований над проміжним похилим сковзалом. 2. Магнітний сепаратор за п.1 , який відрізняється тим, що проміжне похиле сковзало встановлене з можливістю регулювального вертикального зміщення за допомогою рамки , що розміщена в вертикальних напрямних і обладнана стопорами.	-||-

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Проректор з наукової роботи НГУ
_____ О.С. Бешта

"___"_____2011 р.

ДОВІДКА №1

про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР

ГП – 438

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

ОГД – Обладнання для отримання нових видів твердого палива техногенного походження.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМИЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування та одиниця виміру	Значення техніко-економічних показників	
	кращого аналога	розробленого об'єкту
Можливість огрудкування сировини в природних умовах	Відсутнє	95 – 98% (залежно від вологості)
Енерговитрати на стадії сушіння	18 – 55% загальних енерговитрат	Відсутнє

Патент України № 38747 7С10L5/12, 5/14 від 15. 03. 2005 р.
«Спосіб згрудкування мінеральної сировини і шихти на основі бурого вугілля» Пілов П.І., Бондаренко В.І., Бугайов І.В. та ін.

Патент України №65923А 7С10L5/12 від 15.04.2004 р.
«Спосіб згрудкування твердого палива органічного походження та шихти»
Пілов П.І. та ін.

Патент України №68251А 7В30В11/22, 11/24 від 15.07.2004 р.
«Установка для брикетування матеріалів» Пілов П.І. та ін.

Відомості НОУ-ХАУ містять методику вибору технологічних параметрів.

ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ НДР

Науково технічний рівень результатів НДР перевищує рівень кращих аналогів, що відомі.

Керівник ПЛВ О.О. Філонова

Керівник НДР П.І. Пілов

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи НГУ
_____ О.С. Бешта
"___"_____2011 р.

ДОВІДКА №2
про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР
ГП – 438
РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

ОГД – Обладнання для переробки, збагачення та отримання нових видів твердого палива техногенного походження.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМИЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування та одиниця виміру	Значення техніко-економічних показників	
	кращого аналога	розробленого об'єкту
Ефективність розділення	54,4	66,5
Якість збагачених продуктів -вміст золи -вміст сірки	11-25 1,4-1,8	7-24 1,2-1,6
Напруженість магнітного поля у робочій зоні , Тл	0,45 -0,58	0,55 – 0,65

Патент України № 37586 B07 B 1\00 від 05.01.2000
« СИТО »
Младецький І.К., Мостика Ю.С., Шутов В.Ю..

Патент України № 09731 B02 C 4\02 від 05.08. 2011
« Валкова дробарка»
Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Мостика А.Ю.

Патент України № 15495 B03 C 1\10 від 31.10.2005
«Спосіб магнітної сепарації»
Мостика Ю.С. , Шутов В.Ю та ін.

Відомості НОУ-ХАУ містять методику вибору технологічних параметрів та способи переробки сировини.

ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ НДР
Науково технічний рівень результатів НДР перевищує рівень кращих аналогів, що відомі.

Керівник ПЛВ О.О. Філонова

Керівник НДР П.І. Пілов

ВИСНОВКИ

У роботі доведено, що на основі винаходів за патентами України № 38747, № 65923А, №68251А, № 32106 ,№37586, № 15495, № 09731 можуть бути розроблені нові ефективні технологічні схеми для переробки сировини техногенного походження , а також модульні пересувні комплекси для переробки, збагачення та утилізації промислових відходів і вдосконалені існуючі технологічні схеми переробки бурого вугілля, торфу, кам'яновугільних шламів. Це дозволить отримати нові види синтетичного твердого палива (вугільні брикети, пелети), а також нові менш дорогі та більш екологічно безпечні технології з виробництва альтернативних видів палива.

Розроблені технічні рішення є патентноспроможними і на даному етапі НДР складають відомості НОУ-ХАУ.

Науково дослідна робота перевищує рівень аналогів, що відомі.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи НГУ
_____ О.С. Бешта
" 12 " січня 2011р.

Завдання №1
на проведення патентних досліджень
по темі ГП-438
"Розробка нових видів твердого палива на основі сировини техногенного походження"

Етап: Розробка технології отримання твердого палива.

Мета патентних досліджень: патентні ситуації відносно об'єкту господарчої діяльності – обладнання для отримання нових видів твердого палива техногенного походження.

Таблиця А.1 Види робіт при проведенні патентних досліджень та виконавці:

Види робіт	Підрозділи-виконавці	Відповідальні виконавці (П.І.П.)	Строки виконання робіт	Звітний документ
1	2	3	4	5
1.Визначення патентоспроможності	Каф. ЗКК	Кабакова Н.Г. Шутов В.Ю.	I – II квартал 2011 р.	Довідка про пошук Форми Г 1.1, Г 1.2
1.1.Аналіз техніко-економічних показників		-||-	I – II квартал 2011 р.	Форма Г 1.4
1.2.Виявлення новизни та винахідницького рівня		-||-	I – II квартал 2011 р.	Форма Г 1.5
2.Визначення ситуації відносно використання прав на об'єкти промислової власності		-||-	III квартал 2011 р..	Г 2.4
3.Визначення науково-технічного рівня ОГД		-||-	III квартал 2011 р.	Довідка про НТР, звіт про патентні дослідження

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР, проф. П.І. Пілов

Керівник ПЛВ О.О. Філонова

ДОДАТОК Б

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 4
засідання кафедри збагачення корисних копалин НГУ

м. Дніпропетровськ 12 грудня 2011 р.

ПРИСУТНІ: зав. каф. Пілов П.І., професори: Младецький І.К., Полулях О.Д., Мостика Ю.С.; доценти: Цибулько Л.О., Левченко К.А., Березняк О.О. ; ст. н. с. Дементьєв В.В. та ін.

СЛУХАЛИ: повідомлення проф. П.І. Пілова, керівника теми ГП-438 "Розробка нових видів твердого палива на основі сировини техногенного походження ".

Питання задали: доц. Березняк О.О., проф. Полулях О.Д.

Виступили: проф. Полулях О.Д., проф. Младецький І.К.

УХВАЛИЛИ:

1. Робота виконана у повному обсязі відповідно календарному плану і технічному завданню.

2. Робота відноситься до прикладних, має теоретичне та практичне значення і відповідає технічному рівню кращих вітчизняних та світових аналогів.

3. Отримано наступні наукові результати згідно тематики роботи:

- визначені склад та властивості вугільних відходів, які в подальшому придатні для переробки і використання в якості твердого палива;
- досліджені кількісно-якісні показники вугільних відходів, зокрема таких як кам'яновугільні шлами, відходи флотації, золи теплових електростанцій. Визначена найбільш приваблива сировина для переробки і використання у нових видах палива;
- розроблена класифікація вугільних відходів, до яких відносять відходи при здобичі, збагаченні та спалюванні твердого палива. Встановлені властивості та особливості різних вугільних відходів як по вологості, вмісту огранічної маси та т.і.;
- розглянуті способи розробки вугільної сировини техногенного походження. Зроблена оцінка продуктивності земснаряду при розробці мокрих шламів вугілля , виконаний вибір параметрів розробки засобів гідромеханізації при освоєнні мокрих шламів вугілля, наведені різні технологічні схеми розробки шламосховищ;
- створені технологічні схеми глибокого збагачення та очищення кам 'яновугільних шламів та їх огрудкування. Варіанти технологічних схем передбачають переробку вугільних відходів як в умовах збагачувальних фабрик, теплових електростанцій, так і в окремих установках та технологічних лініях переробки. В якості основних процесів переробки та збагачення вугільних відходів обґрунтовані гідравлічна класифікація та зневоднення, гравітаційне збагачення , зокрема на гвинтових сепараторах та високоградієнтна магнітна сепарація. Технологічні схеми передбачають вилучення з вугільних відходів породної складової до 65 %, сірки загальної у кількості 55-65% , у тому числі сірки піритної на рівні 85-92 %, а також цілого ряду шкідливих та токсичних елементів (ртуті, свинцю, миш'яку, фтору, хрому – на рівні 50-80 %);
- розроблена комплексна технологія отримання твердого палива на основі використання збагачених продуктів із вуглевідходів, яке представляє собою суміш високодисперсних частинок кам'яновугільних шламів, бурого вугілля та твердих побутових відходів..

-визначені технологічні параметри підготовки вихідної сировини до переробки. Створені ефективні технологічні схеми розробки вугільних териконів з використанням гравітаційних способів збагачення.

-отримані режимні та конструктивні параметри обладнання для глибокого збагачення та очищення кам'яновугільних шламів.Визначені режимні та конструктивні параметри обладнання для отримання твердого палива. Технологічні схеми передбачають використання вібраційних грохотів для тонкої класифікації і зневоднення, гравітаційних та магнітних сепараторів, змішувачів паливної сировини, установок огрудкування твердого палива;

-визначені режимні та конструктивні параметрів обладнання для когенерації твердих побутових відходів із застосуванням когенераційних установок вітчизняного виробництва, які дозволять суттєво підвищити показники використання і економії електричної та теплової енергії. .

.

4. Виконану роботу ухвалити і рекомендувати до затвердження.

5. Рекомендувати подальший розвиток тематики в напрямку розвитку технології переробки техногенної сировини і підвищення якості концентратів, що виробляються на даний час та отримання надчистої мінеральної сировини .

Заст. зав. каф. ЗКК, к.т.н, доц. К.А. Левченко

Вчений секретар, к.т.н**,** доц.. Ю.І. Тюря

ДОДАТОК В

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ №
засідання ради секції за науковим напрямом
"Прогресивні технології видобутку і переробки
корисних копалин"

м. Дніпропетровськ 22 грудня 2011 р.

ПРИСУТНІ:

члени ради д.т.н., проф. Пілов П.І., Бондаренко В.І., Бузило В.І., Симоненко В.І., Голінько В.В., Шашенко О.М.; вчений секретар к.т.н., доц. Тюря Ю.І., виконавці тем.

СЛУХАЛИ:

повідомлення відповідальних виконавців теми ГП-438 " Розробка нових видів твердого палива на основі сировини техногенного походження ".

Етап 2011 р. "Обґрунтування режимних та конструктивних параметрів технології отримання твердого палива"

УХВАЛИЛИ:

1. Робота відноситься до прикладних і виконана у повному обсязі у відповідності з технічним завданням.

2. НДР має теоретичне і практичне значення і відповідає технічному рівню кращих вітчизняних та світових аналогів.

3. Визначені технологічні параметри підготовки вихідної вугільної сировини до подальшої переробки. В залежності від крупності сировини виконується вибір обладнання та його технологічних параметрів. При переробці крупного вугілля необхідно застосовувати валкові та валково-зубчасті дробарки . При переробці кам'яновугільних шламів на першій стадії застосовують захисне грохочення на вібраційних грохотах для виключення з подальшої технології сторонніх предметів зі шламосховищ та отримання верхньої межі початкового живлення , яке в подальшому направляється на процесс гравітаційного збагачення у гвинтових сепараторах. У випадку, коли необхідне отримання високоякісних вугільних продуктів для нових видів твердого палива, треба здійснювати подрібнення сировини у барабанному млині. Для підвищення продуктивності млинів і зменшення переподрібнення матеріалу процес подрібнення треба виконувати у замкненому циклі з класифікатором . При цьому з матеріалу , що розвантажується з млина , виділяється готовий подрібнений продукт (злив), який у подальшому буде направлений на високоградієнтну магнітну сепарацію , а крупний матеріал (піски) повертається до млина.

4.Розроблені технологічні схеми переробки вугільних териконів. Порода з териконів після екскавації підвозиться автомобільним транспортом на близько розташований збагачувальний комплекс. Спочатку сировина проходить стадії дроблення , а далі обов'язково подається на залізовідокремлювач, на якому видаляються болти , цвяхи та інші металеві предмети . Далі матеріал подається на гравітаційну сепарацію, після якої важка порода видаляється , а отримане вугілля відвантажується споживачам.

5. Визначені режимні та конструктивні параметри обладнання для глибокого збагачення кам'яновугільних шламів та вугільної сировини . В залежності від крупності сировини виконується вибір обладнання та його технологічних параметрів. При переробці кам'яновугільних шламів на першій стадії застосовують захисне грохочення на вібраційних грохотах . Кут нахилу коробу грохоту не перебільшує значення 6^0 при амплітуді коливань 3 - 4,5 мм. Частота коливань коробу грохоту знаходиться у межах 12-16 Гц.

6. При дослідженні процесу гравітаційного збагачення на гвинтових сепараторах встановлено, що діаметр гвинтів в залежності від продуктивності по вугільній сировині , крупності та густині вихідного матеріалу знаходиться у межах 600-1000 мм, число витків складає 3-6, відносний крок (відношення кроку до діаметра) 0,4-0,6. Вміст твердого у пульпі складає 18-30%. Продуктивність гвинтових сепараторів на вугільних продуктах складає 10 – 15 т\год . Процес мокрої

гвинтової сепарації дозволяє отримувати концентрати зольністю на рівні 10-23%, та відходи зольністю від 54 до 75 %.

7. Встановлено, що при збагаченні та очищенні кам'яновугільних шламів та вугільної сировини на високоградієнтних магнітних сепараторах фракцій 0,1-0,25 мм можливо отримати концентрат зольністю від 7,3 до 19% при його виході на рівні 51 % і вмісті сірки 1,4%. Магнітне збагачення фракції –0,1 мм дало наступні результати: вихід концентрату -54,6% із зольністю 20,9% і сіркою загальною 1,64%, вихід відходів –45,4% із зольністю 67,5% і вмістом сірки загальної 11,01%. Вилучення у магнітний продукт золи склало 72,8% , а вилучення сірки загальної на рівні 84,7%. Індукція магнітного поля у робочих зонах при випробуваннях знаходилась у межах 0,4-0,7 Тл.

8.Для отримання твердого синтетичного палива запропоновано використовувати установки холодного огрудкування кам'яновугільних шламів . Установка складається із приймального бункеру, трьохступеневих шнекових пресів, дозуючих пристроїв та системи керування.

Шнекові преси І-ого і П-ого ступеню комплектуються насадками-фільєрами висотою 35 мм із сьома отворами діаметром 30 мм. Шнековий прес Ш-ого ступеню комплектуються насадкою-фільєрою висотою 85 мм із сьома отворами •диаметром 30 мм. Витрата сипучого в'яжучого становить порядку 2–5%. Витрата рідини для зволоження підбирається залежно від вологості компонентів сировинної шихти й становить 0,1–0,15 $м^3$/т.

9. В якості сировинних матеріалів технології огрудкувания кам'яновугільних шламів використовують кам'яновугільні шлами зольністю від 25 до 50% природньою вологістю від 10 до 25% і крупністью 0-1 мм; буре вугілля із природньою вологістю від 35 до 60% та сипучі добавки-в'яжучі: гашене вапно, портландцемент або шлакопортландцемент.

Співвідношення компонентів вихідної сировинної шихти (кам'яновугільний шлам - буре вугілля) вибирається залежно від їхніх якісно-кількісних характеристик та вимог до якості готової продукції.

10. При переробці біогазу , який одержаний з твердих побутових відходів (ТПВ) , доцільно використовувати додатково енергію тепла, котре відводиться при спалюванні біогазу в двигунах внутрішнього згоряння.

11. Використання когенераційної установки дозволяє збільшити коефіцієнт корисної дії палива (біогазу), яке одержується в умовах полігону ТПВ на 20%.

12. Заключний звіт за темою ухвалити.

13. Рекомендувати подальший розвиток тематики в напрямку обґрунтування і розробки технологій отримання чистих мінеральних продуктів із сировинних матеріалів.

Заступник голови секції
ради, д-р техн. наук, професор В.І. Бондаренко

Вчений секретар
секції ради, канд. техн. наук, доцент Ю.І. Тюря

ДОДАТОК Г

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Директор СП «Укрпромекологія»
_____ Давиденко Г.І.
16 грудня 2011 р.

АКТ
про впровадження результатів НДР

ГП-438
"Розробка нових видів твердого палива на основі
сировини техногенного походження "

СПІЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО «Укрпромекологія» підтверджує, що результати науково- дослідної роботи мають високе науково-практичне значення. Використання результатів роботи дозволяє отримувати нові види твердого палива на основі вугільних продуктів. В якості сировини використовується як збагачене вугілля так і продукти переробки вугільних відходів. Встановлено, що при збагаченні та очищенні кам'яновугільних шламів та вугільної сировини на високоградієнтних магнітних сепараторах фракцій 0,1-0,25 мм можливо отримати концентрат зольністю від 7,3 до 19% при його виході на рівні 51% і вмісті сірки 1,4%. Магнітне збагачення фракції –0,1 мм дозволяє отримати концентрат із зольністю 20,9% при його виході 54,6% і сіркою загальною 1,64%, а також відходи із зольністю 67,5% при їх виході на рівні 45,4% з вмістом сірки загальної порядку 11,01%. Вилучення у магнітний продукт золи склало 72,8%, а вилучення сірки загальної на рівні 84,7%. Індукція магнітного поля у робочих зонах сепараторів знаходилась у межах 0,4-0,7 Тл.

СП «Укрпромекологія» приймає до впровадження розробки НГУ, які використовуються у проектних роботах при створенні принципових схем сепараційного модуля та сепаратора залізовідокремлювача при переробці та збагаченні вугільних продуктів.

від СП «Укрпромекологія»
Заступник директора по науковій
роботі , проф. Іономопуло В.П.

від ДВНЗ « Національний гірничий університет »
Керівник наукової групи, проф. Мостика Ю.С.

ДОДАТОК Д

РЕЦЕНЗІЯ
на НДР ГП-438

"РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ СИРОВИНИ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ"

У рамках роботи розглянуті задачі розробки нових видів твердого палива на основі сировини техногенного походження.

Постійно зростаючі ціни на вугілля, рідке паливо та природний газ спричиняють постійний ріст витрат на виробництво теплової й електричної енергії. Крім того, безпосереднє пряме спалювання традиційних твердого, рідкого та газоподібного видів палива пов'язане з високим рівнем шкідливих викидів в атмосферу. Сполучення цих факторів робить актуальним завдання пошуку і розробки технологій отримання та спалювання менш дорогих і більш екологічно безпечних альтернативних видів палива. Одним з таких видів енергоносіїв є огрудковане паливо, отримання якого може здійснюватися з кам'яного та бурого вугілля різних марок, торфу, з відходів збагачення й переробки вугілля, які користуються досить обмеженим попитом на ринку у зв'язку з їхньою підвищеною вологістю та дисперсністю. Крім того, додатковим джерелом палива є тверді побутові відходи, у складі яких містяться компоненти, що можуть бути використані як енергетична сировина. Їх використання дуже важливе на фоні зростання потреби людства в енергії та зменшенні запасів традиційних видів палива.

В роботі вирішені наступні питання:

Виконаний аналіз сучасного стану проблеми отримання нових видів палива на основі сировини техногенного походження; вивчено склад та властивості відходів вуглезбагачення в лабораторних та напівпромислових умовах, виконані дослідження зі збагачуваності відходів вуглезбагачувальних фабрик та запропоновані магнітні та магнітно-флотаційні схеми, що забезпечують ефективне видалення золи та сірки з цих відходів; показано ефективність розроблених схем для зниження концентрацій шкідливих супутніх елементів; розроблена класифікація технологічних схем розробки вугільних хвостів і мокрих шламів ; розроблена методика отримання з доменних шлаків дешевих зв’язуючих матеріалів з відходів металургійного виробництва ; розроблені варіанти технологічних схем збагачення вугільних шламів та отримання з них твердого палива на основі збагачених кам’яновугільних шламів і органічної складової твердих побутових відходів. Розроблені нові технологічні схеми та обладнання для огрудкування. Обґрунтовані технологічні параметри обладнання для глибокого збагачення кам’яновугільних шламів та очищення їх від шкідливих та токсичних елементів, а також технологічні параметри обладнання для огрудкування вугільних відходів та органічної складової твердих побутових відходів. Визначені режимні та конструктивні параметри обладнання для глибокого збагачення вугільних продуктів та отримання синтетичного палива з використанням установок когенерації твердих побутових відходів.

Створена комплексна технологія отримання твердого палива дозволяє використовувати у якості вихідної сировини як збагачене вугілля , так і різні види вугільних відходів і на перевагу від інших аналогів не потребує високовитратної стадії сушіння. Завдяки цьому використання даної технології тільки на стадії холодного огрудкування паливних компонентів суттєво зменшує загальні енерговитрати. Слід зазначити, що у розробленій комплексній технології отримання твердого палива вирішуються проблеми видалення значної кількості шкідливих та токсичних елементів, таких як ртуть , свинець, миш’як, сурма, ванадій, молібден, свинець та багатьох інших важких та небезпечних металів на рівні 65-90%.

При переробці вугільних відходів дуже важливими є досягнення раціональних конструктивних та режимних параметрів обладнання для глибокого збагачення та отримання твердого синтетичного палива. Якісні показники збагачення отримані на розроблених роликовому магнітному сепараторі з сильними магнітами та експериментальному високоградієнтному магнітному сепараторі.

Робота спрямована на рішення актуальних задач створення альтернативних видів твердого палива з вугільних відходів та компонентів переробки твердих побутових відходів і виконана згідно з технічним завданням та календарним планом.

Результати науково-дослідної роботи представляють науковий та практичний інтерес і можуть бути використані як в наукових, так і в практичних цілях.

Зав. відділом механіки машин та процесів
переробки мінеральної сировини ІГТМ НАН України,
докт. техн. наук, проф. В.П. Надутий