

УДК 621.924.93

## ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА ПРОМИСЛОВИМ ГІДРОТРАНСПОРТОМ

Баранов І.О.

## FORMATION OPTIMIZATION MODEL SELECTING PARAMETERS TRANSPORTATION OF WATER-COAL FUEL BY INDUSTRIAL HYDRO TRANSPORT

Baranov I.

*Виконано аналіз функціонування різних гідротранспортних систем промислових підприємств України та розвинених країн. Формалізована оптимізаційна модель вибору параметрів гідротранспортної системи промислового підприємства, що дозволяє вирішити задачу мінімізації витрат на транспортування водовугільного палива. Визначено оптимальний порядок транспортування водовугільного палива до пунктів споживання на маршруті обраної транспортної мережі. Оптимізована топологія транспортної мережі роздачі по пунктам споживання водовугільного палива і оптимізацією наведених сумарних витрат на трубопроводи, насосне та інше обладнання, електричної енергії на транспортування визначені діаметри трубопроводів елементів промислової гідротранспортної системи. Виконано аналіз і порівняння результатів отриманих при впровадженні промислової гідротранспортної системи для транспортування водовугільного палива. Виконано порівняння загальних капітальних та експлуатаційних витрат на транспортування водовугільного палива в залежності від варіанту гранулометричного складу і обраної схеми транспортування.*

**Ключові слова:** водовугільне паливо, транспортування, оптимізаційна модель, транспортна мережа, топологія, витрати енергії, гідротранспорт.

Вступ. Сталий розвиток паливно-енергетичного комплексу України тісно пов'язаний з використанням альтернативних видів палива, які є найбільш доцільними і економічно ефективними для енергетики країни. Найбільш перспективним напрямком розвитку вугільних технологій в Україні, є використання водовугільних суспензій (ВУС) в якості альтернативного виду палива для потреб теплоенергетичного комплексу України.

Водовугільне паливо (ВВП) широко використовується в таких країнах як Китай, США,

Росія, Італія, Швеція, Японія та Канада. Промислові гідротранспортні системи (ГТС) які використовуються для транспортування ВВП мають широкий спектр застосування: енергетика, металургія, виробництво будматеріалів, хімічна промисловість. Споживачами ВВП можуть бути як малі, середні, так і великі промислові підприємства, підприємства теплової енергетики та вугледобувного комплексу: шахти і збагачувальні фабрики. Промислові ГТС (ПГТС) можуть бути транспортними артеріями паливно-енергетичних або паливно-металургійних комплексів, постачати ВВП на опалювальні, опалювально-виробничі та виробничі котельні на території підприємства.

В Україні існує досвід експлуатації ПГТС для транспортування ВВП до об'єктів виробничого призначення. Реалізовано проект транспортування ВВП на території підприємства вугледобувного комплексу. Існують безліч проектів використання ПГТС для транспортування ВВП до об'єктів підприємства («ДТЕК Добропіллявугілля»), які на сьогоднішній день припинені.

Необхідність транспортування ВВП в ГТС промислових підприємств характеризується значним економічним ефектом, що досягає 3-х млн. грн. на рік.

Транспортування ВВП альтернативними трубопровідними видами транспорту в масштабах промислового застосування не представляється можливим через специфічні властивості висококонцентрованого ВВП як вантажу і відсутності спеціальних транспортних засобів універсальних видів транспорту України, апробованих під його перевезення.

Зниження кількості енергії, що споживається промисловим транспортом, необхідно, оскільки саме на його функціонування витрачається основна

частина продукції нафтовидобувних і нафтопереробних підприємств, а також значна частина електроенергії.

**Постановка проблеми.** В результаті виконання аналізу функціонування різних ГТС промислових підприємств України та розвинених країн було встановлено, що існуючі технології транспортування висококонцентрованого ВВП не враховували особливості технології його транспортування в ПГТС з точки зору властивостей вихідного вугілля і не враховували дотримання раціональних пропорцій різних фракцій гранулометричного складу ВВП. Витрати електроенергії на його транспортування при цьому перевищували розрахункові в 1,5-2 рази (67%). Складнощі функціонування ПГТС полягали у відсутності визначеного критерію для гранулометричного складу висококонцентрованого ВВП і рекомендацій його отримання, який забезпечить мінімальні витрати електроенергії на його транспортування та необхідну седиментаційну стійкість [1,2,3,4].

Відсутність достатньо точного методу і моделі визначення параметрів транспортування ВВП в ГТС промислових підприємств значно ускладнює процес транспортного обслуговування споживачів ВВП.

Таким чином, проблема підвищення ефективності транспортування висококонцентрованого ВВП в ГТС промислового підприємства є актуальною і потребує свого вирішення [1,12].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В даний час накопичено значний досвід, створена наукова база і розроблені методи підвищення ефективності транспортування ВВП. Вагомий внесок у створення науково-методичного забезпечення та вирішення зазначених завдань внесли роботи зарубіжних вчених EERC у США, Cape Breton Development Corporation в Канаді, Snamprogetti в Італії, Salzgitter у Німеччині, AB Carbolgel у Швеції, Elfsoilaize у Франції, Japan COM, JGC та Nissho Iwai Coal Corp. в Японії, Janri CWM Corp. у Китаї, ФГАОУ ВПО, ЗАО НПП «Сибэкотехника», СФУ у Росії. Значний внесок у розвиток «ВВП-технологій» в Україні внесли вчені ІГТМ НАН України, ДНТУ, НВО «Хаймек», СЧУ ім. В. Даля, ІВЕ НАН України, УкрНДГідровугілля, ІНФОУ НАН України та ІКХіХВ НАН України та інші

**Мета статті.** Метою роботи є формалізація оптимізаційної моделі вибору параметрів гідротранспортної системи промислового підприємства, що дозволяє вирішити задачу мінімізації витрат на транспортування водовугільного палива.

**Результати досліджень.** Для вирішення економічно і екологічно привабливого проекту по переведенню необхідного обладнання на ВВП в рамках підприємства «ДТЕК Добропіллявугілля» необхідно організувати транспортування ВВП промисловим гідротранспортом від пункту

відправлення до споживачів. Найбільш доцільно розмістити один пункт відправлення ВВП. Завдання зводиться до мінімізації витрат на транспортування.

При виборі варіанту транспортування ВВП між пунктом відправлення і споживачами підприємства, першим варіантом А1 є тільки променеве з'єднання пункту відправлення з кожним з пунктів споживання. Варіант А2 - це комбінація променевого з'єднання пункту відправлення з пунктом споживання і послідовного з'єднання. В результаті вирішення транспортної задачі необхідно визначити оптимальну схему транспортування ВВП і визначити оптимальні параметри роботи гідротранспортної системи підприємства (діаметри трубопроводів, параметри транспортних насосів, швидкості транспортування і втрат тиску на ділянках транспортної мережі) [5,6].

На першому етапі необхідно визначити оптимальну схему транспортування ВВП (топологію транспортної мережі) з урахуванням розміщення пунктів споживання, відстаней і потреб підприємства. Оптимізувати наведені сумарні витрати на трубопроводи, насосне та інше обладнання, електричної енергії на транспортування і визначити діаметри трубопроводів елементів ПГТС.

Визначення оптимального порядку транспортування ВВП до пунктів споживання на маршруті обраної транспортної мережі було виконано за допомогою алгоритму Прима і методу "гілок і меж", застосування якого дозволяє визначити найкоротші відстані між пунктами, що включаються в один маршрут (принцип мінімального остовного дерева) [7,8,9].

Представлення графа (рис.1.) було виконано за допомогою матриці суміжності. Алгоритм Прима (найближчого сусіда) для побудови мінімального остовного дерева представлений в роботах [8, 10,11,].

В результаті топологія вершин, ребер і відстаней має вигляд:

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\};$$

$$E_X = \{\{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 4\}, \{4, 6\}, \{6, 5\}\};$$

$$E_L = \{\{500\}, \{2500\}, \{6100\}, \{300\}, \{2100\}\},$$

Загальна довжина маршруту складає 11500м. Опір залежить від швидкості транспортування ВВП по наступній залежності [1,12]:

- для гранулометричного складу ВВП №3:

$$i_{50(3ep)} = 387,54v^2 + 2053,41v - 6,1 \text{ Па} / \text{м} \quad (1)$$

де  $i_{50}$  – питомий опір трубопроводу діаметром 50мм.;  $i(D)$  для 3-го гранулометричного складу:

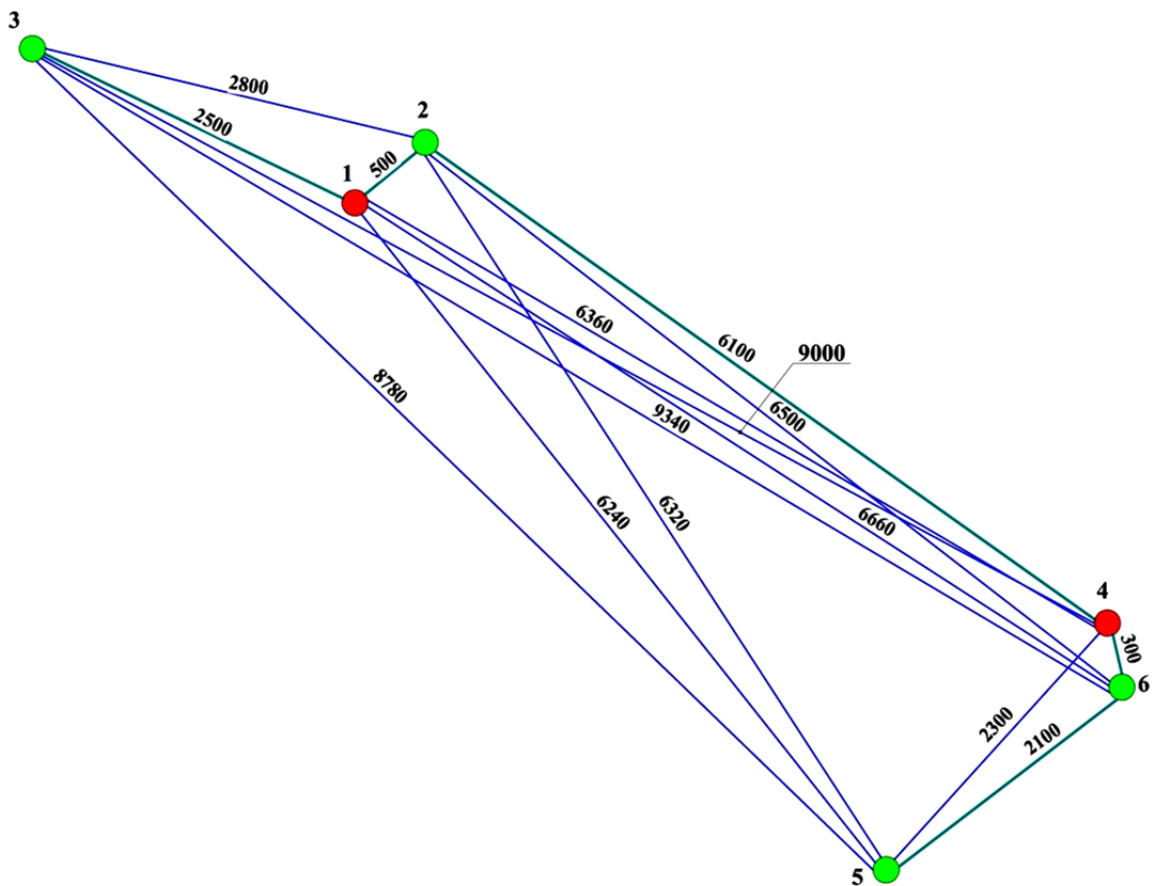


Рис. 1. Схема транспортної мережі підприємства: 1-6 - споживачі ВВП; 1 пункт відправлення ВВП

$$i(D) = a + \frac{b}{D} + \frac{c}{D^2} + \frac{d}{D^3} \frac{Pa}{m}; \quad (2)$$

Число насосів  $m$  визначається в залежності від сумарної подачі  $g$  споживачам:

$$a = -0,00285; b = 0,01146; c = 0,0019096; d = 1,2167 \cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{\sum_{j=1}^g Q_j}{Q_{K,l}}, \quad (4)$$

Таким чином, при збільшенні діаметра трубопроводу зменшується швидкість транспортування ВВП і знижується опір ділянки трубопроводу, яка з'єднує пункт відправлення (ПВ) і споживача або двох споживачів.

де  $Q_{k,l}$  - подача 1-го насоса на  $K(l)$  - ому ПВ ВВП.

Витрати потужності (електричної) на прокачування по  $i$ -му трубопроводу:

Функція мети складається з капітальних і експлуатаційних витрат:

$$N_{Tij} = \frac{l_{ij} \cdot i_{Dij} \cdot Q_{ij}}{3600 \cdot \eta_n}, \text{ Вт} \quad (3)$$

$$C(x, d, y) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=2}^K X_{ij} L_{ij} d_{ij} \cdot e(d_{ij}) + C_H(Q_{\max}, i_{\max}) + \sum_{i=1}^K \sum_{j=2}^K \frac{X_{ij} L_{ij} B(C^y, \Xi^y, V^y, A^{d^y}) \cdot Q_{ij} \cdot 365 \cdot 24}{3600 \cdot \eta_n} \cdot C_{el} \rightarrow \min \quad (6)$$

де  $l_{ij}$  - довжина з'єднувального трубопроводу (ділянки між споживачами або між ПВ і споживачем);  $i_{Dij}$  - опір трубопроводів різних діаметрів по ділянках ГТС;  $Q_{ij}$  - необхідна витрата ВВП, м<sup>3</sup>/год.;  $\eta_n$  - ККД насосу ( $\eta_n = 0,65$ ).

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^K \sum_{j=2}^K X_{ij} L_{ij} B(C^y, \Xi^y, V^y, A^{d^y}) \leq P_{nac} \\ \sum_{i=1}^K Q_i \leq Q_{nac} \end{cases}$$

де  $X_{ij}$  - топологія, отримана в результаті вирішення матриці суміжності графа (рис.1.);  $L_{ij}$  - суміжна матриця довжин (розрахунок) між пунктами мережі;

$d_{ij}$  - діаметр сегмента (ребра);  $e$  - узагальнена функція вартості прокладки трубопроводу і вартості труби (до 1 м.п. труби) залежно від діаметра;  $C_H(Q_{\max}, i_{\max})$  - функція вартості транспортного насоса в залежності від продуктивності та робочого тиску;  $B(C, \Xi, V, A^d)$  - опір транспортної мережі (визначається за рівнянням регресії (1,2) - варіюється в залежності від діаметру трубопроводу);  $K$  - кількість вершин споживачів ВВП;  $Q_{\text{нас}}$  - обмеження по продуктивності насоса;  $\sum_{i=1}^K Q_i$  - сумарна потреба в ВВП, м<sup>3</sup>/год.;  $P_{\text{нас}}$  - граничний робочий тиск насоса, Па.;  $C_{\text{ел}}$  - ціна одного кВт · год електроенергії.

Витрати на трубопровід:  $\sum C_{\text{тр}} = \sum C'_{\text{трху}} \cdot L_{\text{ху}}$ ,

де  $C'_{\text{трху}}$  - ціна 1 п.м. трубопроводу обраного діаметру.

Виходячи з потреби ВВП ( $Q_{\Sigma \text{ВВП}} = 50,4 \text{ м}^3 / \text{год}$ ) і параметрів транспортної мережі було обрано 2 транспортних насоса НП-100 з продуктивністю 30 м<sup>3</sup>/год і граничним робочим тиском  $P_{\text{нас}} = 1,5$  МПа. загальною вартістю 430 тис.грн.

В результаті вирішення транспортної задачі і формування оптимізаційної моделі вибору параметрів транспортування ВВП до пунктів споживання підприємства «ДТЕК Добропіллявугілля» була оптимізована топологія транспортної мережі роздачі по пунктам споживання ВВП і оптимізацією наведених сумарних витрат на трубопроводи, насосне та інше обладнання,

електричної енергії на транспортування визначені діаметри трубопроводів елементів ПГТС. Результати оптимізації представлені на рис. 2-3.

В якості прикладу на рис.2. представлені результати визначення оптимального діаметра трубопроводу, на ділянці 2-4, протяжністю 6100м, при порівнянні сумарних витрат на його спорудження і витрат електроенергії на транспортування ВВП. Оптимальний діаметр трубопроводу склав 182мм. з урахуванням існуючих ДСТУ на сортамент сталевих труб з товщиною стінок 6мм. Оптимальні діаметри трубопроводу склали: на ділянках 1-2 = 207мм; 1-3 = 121мм; 2-4 = 182мм; 4-6 = 121мм; 6-5 = 121мм. Оптимізація проводилася з урахуванням зниження загальної витрати потоку ВВП в процесі його транспортування між пунктом відправлення і всіма пунктами споживання по черзі, по загальному трубопроводу, зменшуючи діаметри труб по ділянках мережі.

Як показують результати дослідження (рис. 4.) Використання гранулометричного складу ВВП № 0, запропонованого в роботі (з критерієм бімодальності  $\Gamma_1/\Gamma_2=2,45$ ), дозволяє знизити витрати електроенергії на його транспортування в ГТС підприємства на 86,13 тис.грн/рік. в порівнянні з гранулометричним складом №5, який був обраний довільно як вихідний. При цьому топологія транспортної мережі включає ребра X = 1-2; 1-3; 2-4; 4-6; 6-5, загальна протяжність транспортної мережі складає 11500м. (рис.1.).

В результаті використання послідовної схеми транспортування ВВП, загальна вартість укладання трубопроводу знизилася на 893,89 тис.грн. в порівнянні з променевою схемою.

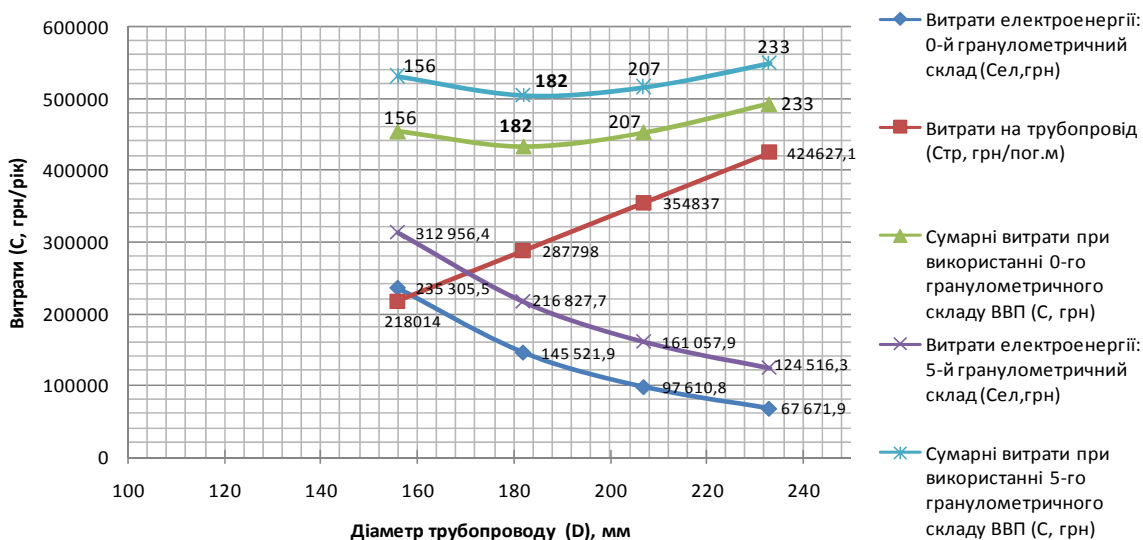


Рис. 2. Залежність витрат на спорудження трубопроводу і транспортування ВВП від діаметра трубопроводу і варіанту гранулометричного складу

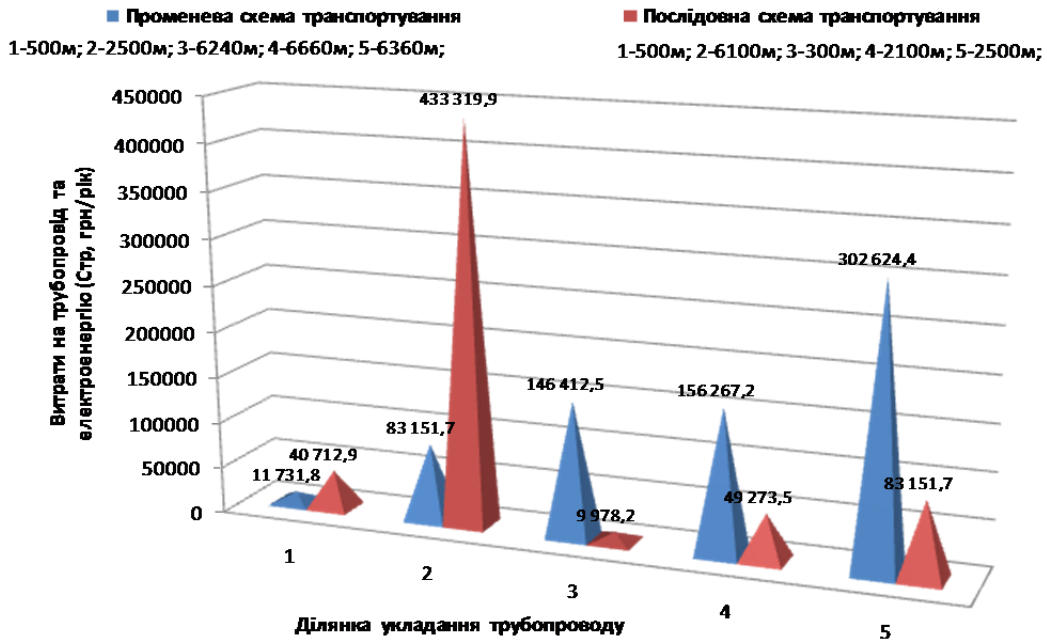


Рис. 3. Порівняння витрат при визначенні оптимальної схеми транспортування ВВП (грн./рік)  
1-5 - ділянки укладання трубопроводу

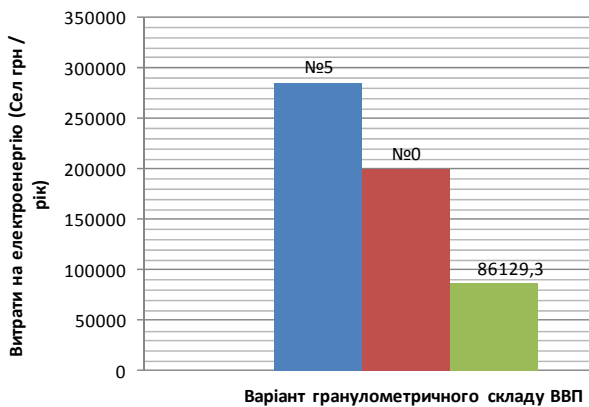


Рис. 4. Порівняння витрат на електроенергію при транспортуванні ВВП в залежності від обраного гранулометричного складу (№5, №0)

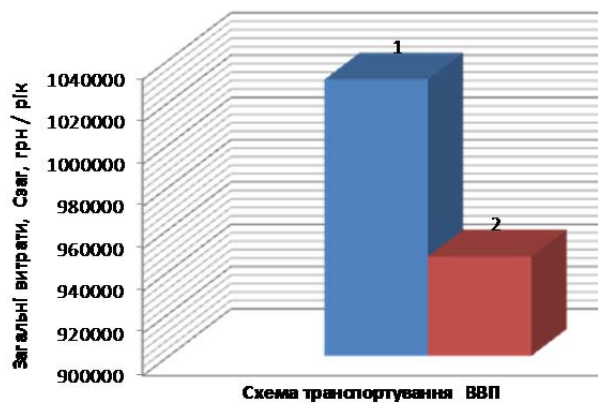


Рис. 5. Порівняння загальних капітальних та експлуатаційних витрат на транспортування ВВП в залежності від обраної схеми транспортування (Сзаг, грн./рік):  
1 – променева схема; 2 – послідовна схема

Таблиця 1

Порівняння витрат промислової ГТС до і після впровадження результатів дослідження (на прикладі підприємства ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля»)

Витрати на електроенергію, грн./рік		Капітальні і експлуатаційні витрати на транспортування грн/рік.		Капітальні і експлуатаційні витрати при використанні автомобільного транспорту для доставки ВВП, грн/рік
При використанні гранскладу ВВП №5 (до впровадження)	При використанні гранскладу ВВП №0 (запропонований)	При використанні променевої схеми транспортування (до впровадження)	При використанні послідовної схеми транспортування	
286016,52	199887,26	1030687,69	946936,26	1910000,0

Як видно з діаграми (рис.5), використання послідовної схеми укладання трубопроводів ПГТС і транспортування ВВП дозволяє знизити загальні капітальні та експлуатаційні витрати на 83,75 тис.грн/рік.

Для запропонованої ГТС промислового підприємства обсяг капітальних вкладень складається з: 1) вартості трубопроводу; 2) вартості монтажних робіт; 3) вартості насосного та іншого обладнання. Експлуатаційні витрати складаються з вартості електроенергії на прокачування ВВП, вартості обслуговування і експлуатації ПГТС протягом сезону.

Загальний обсяг капітальних вкладень в проект запропонованої ГТС склав 7,47 млн.грн, річні експлуатаційні витрати складуть 199,89 тис.грн. Загальний економічний ефект від впровадження ПГТС складе 36 млн.грн / рік.

Ефект від оптимізації топології транспортної мережі роздачі по пунктам споживання ВВП, оптимізації наведених сумарних витрат на трубопроводи, обладнання та електричної енергії на транспортування і вибору гранулометричного складу ВВП склав 169,88 тис. грн./рік.

В результаті порівняннн трубопровідного та автомобільного транспорту при реалізації перевезень ВВП від пункту відправлення до споживачів на території підприємства ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля» було встановлено, що загальні капітальні витрати на інфраструктуру і транспортні засоби для автомобільного транспорту склали 8,1 млн.грн., а експлуатаційні витрати 1,1 млн.грн./рік. Використання трубопровідного транспорту, в якості ГТС підприємства, для транспортування ВВП дозволяє знизити капітальні витрати на 0,63 млн.грн і експлуатаційні витрати на 0,9млн.грн/рік. в порівнянні з автомобільним транспортом.

**Висновок.** Запропонована в роботі оптимізаційна модель вибору параметрів гідротранспортної системи промислового підприємства дозволяє вирішити задачу мінімізації витрат на транспортування водовугільного палива.

Виконано аналіз і порівняння результатів, отриманих в результаті виконання досліджень, при впровадженні промислової ГТС для транспортування ВВП до об'єктів підприємства. Встановлено, що запропоновані критерії гранулометричного складу для ВВП дозволяють знизити витрати електроенергії на його транспортування промисловим гідротранспортом на 86129,2 грн/рік. Запропонована в роботі топологія транспортної мережі роздачі по пунктам споживання водовугільного палива, оптимізація наведених сумарних витрат на трубопроводи, насосне та інше обладнання, електричної енергії на транспортування і визначення діаметрів трубопроводів елементів ПГТС дозволило знизити капітальні та експлуатаційні витрати на транспортування на 83751,4 грн/рік. Економія капітальних і експлуатаційних витрат при використанні

трубопровідного транспорту для доставки ВВП в порівнянні з автомобільним, склала 963063,7 грн/рік.

#### Л і т е р а т у р а

1. Чернецкая-Белецкая, Н. Б. Исследование влияния гранулометрического состава водоугольного топлива на его реологические и гидродинамические характеристики [Текст] : Н. Б Чернецкая-Белецкая., И. О. Баранов, В. Н. Остапенко., М. В. Мирошникова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2017. – №3(233). – С. 117–125. – ISSN 1542-1278.
2. Семеновко, Е. В. Обоснование методики расчета гидравлического уклона при течении пульпы с концентрацией пасты [Текст] : Е. В. Семеновко, С. Н. Кириченко // Геотехнічна механіка: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ. – 2013. – Вып. 110. – С. 154–165. – ISSN 6781-5598.
3. Huettenhain, Horst. Premium Coal-Water Fuel (CWF) [Текст] / Horst Huettenhain, M. V. Chari // The Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1998. – Clearwater, Florida, USA, 1998. – p. 1099 – 1108.
4. Смолдырев, А. Е. Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей [Текст] : учебное пособие для вузов / А. Е. Смолдырев, Ю. К. Сафонов. – Изд. М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.
5. Семериков, А.В. Решение транспортных задач [Текст]: учеб. пособие / А. В. Семериков. – Ухта : УГТУ, 2013. – 58 с.
6. Кадыров А.С., Бестембек Е.С., Кокенова А.Т. Решение транспортной задачи на примере строительства протяженных объектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6 - 2. – С. 224-227; URL: [https:// applied-research.ru/ru/article/view?id=6877](https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6877).
7. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. Издание 2-е стереотипное, “Техніка”, 1977, 768с.
8. Иванов Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы: Учеб. пособие / Б. Н. Иванов. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. — 288 с.: ил.
9. Берж К. Теория графов и ее применения. — М.: ИЛ, 1962.
10. Харрари Ф. Теория графов. - М.: Мир, 1973.
11. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Сортировка и поиск. Т.3. - М.: Мир, 1978.
12. Chernetskaya-Beletskaya, N. Improving industrial pipeline transport using research regularities of flow of mixtures in material pipeline [Текст] : N. Chernetskaya-Beletskaya, O. Guschin, A. Shvornikova, I. Baranov, M. Miroshnikova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 106790. – P. 156–162. – ISSN 1729-3774.

#### References

1. Chernetskaya-Beletskaya, N. B. Issledovanie vliyaniya granulometricheskogo sostava vodougolnogo topliva na ego reologicheskie i gidrodinamicheskie karakteristiki [Tekst]: N.B Chernetskaya-Beletskaya., I.O. Baranov, V.N. Ostapenko., M.V. Miroshnikova // Visnik Skhidno-ukraïnskogo nacionalnogo universitetu imeni Volodimira Dallya. – 2017. – №3 (233). – С. 117–125. – ISSN 1542-1278.
2. Semenenko, E. V. Obosnovanie metodiki rascheta gidravlicheskogo uklona pri techenii pul'py s koncentraciej pasty [Tekst] : E. V. Semenenko, S. N. Kirichenko //

- Geotekhnichna mekhanika: Mezhd. sb. nauch. tr. – Dnepropetrovsk: IGTM NANU. – 2013. – Vip. 110. – S. 154–165. – ISSN 6781-5598.
- Huettenhain, Horst. Premium Coal-Water Fuel (CWF) [Text] / Horst Huettenhain, M. V. Chari // The Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1998. – Clearwater, Florida, USA, 1998. – p. 1099 – 1108.
  - Smoldyrev, A. E. Truboprovodnyj transport koncentririvannyh gidromesej [Tekst] : uchebnoe posobie dlya vuzov / A. E. Smoldyrev, YU. K. Safonov. – Izd. M.: Mashinostroenie, 1989. – 256 s.
  - Semerikov, A.V. Solution of transport problems [Text]: Textbook. allowance / A.V Semerikov. - Ukhta: USTU, 2013. - 58 p.
  - Kadyrov A.S, Bestembek E.S, Kokenova A.T. Solution transport problem by example of building long objects // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2015. - No. 6 - 2. - P. 224-227; URL: <https://applied-research.ru/en/article/view?Id=6877>.
  - Sigorskij V.P. Matematicheskij apparat inzhenera. Izdanie 2-e stereotipnoe, "Tekhnika", 1977, 768s.
  - Ivanov B.N. Diskretnaya matematika. Algoritmy i programmy: Ucheb. posobie / B.N. Ivanov. — M.: Laboratoriya Bazovyh Znaniy, 2003. — 288 s.: il.
  - Berzh K. Teoriya grafov i ee primeneniya. — M.: IL, 1962.
  - Harrari F. Teoriya grafov. - M.: Mir, 1973.
  - Knut D. Iskusstvo programmirovaniya dlya EHM. Sortirovka i poisk. T.Z. - M.: Mir, 1978.
  - Chernetskaya-Beletskaya, N. Improving industrial pipeline transport using research regularities of flow of mixtures in material pipeline [Text] : N. Chernetskaya-Beletskaya, O. Guschin, A. Shvornikova, I. Baranov, M. Miroshnikova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 106790. – P. 156–162. – ISSN 1729-3774.

**Баранов І.О. Формирование оптимизационной модели выбора параметров транспортирования водоугольного топлива промышленным гидротранспортом.**

Выполнен анализ функционирования различных гидротранспортных систем промышленных предприятий Украины и развитых стран. Формализована оптимизационная модель выбора параметров гидротранспортной системы промышленного предприятия, которая позволяет решить задачу минимизации расходов на транспортирование водоугольного топлива. Определен оптимальный порядок транспортирования водоугольного топлива к пунктам потребления на маршруте выбранной транспортной сети. Оптимизирована топология транспортной сети задачи по пунктам потребления водоугольного топлива и оптимизацией приведенных суммарных затрат на трубопроводы, насосное и другое оборудование, электрической энергии на транспортирование определены диаметры трубопроводов элементов

промышленной гидротранспортной системы. Выполнен анализ и сравнение результатов полученных при внедрении промышленной гидротранспортной системы для транспортирования водоугольного топлива. Выполнено сравнение общих капитальных и эксплуатационных затрат на транспортирование водоугольного топлива в зависимости от варианта гранулометрического состава и выбранной схемы транспортирования.

**Ключевые слова:** водоугольное топливо, транспортирование, оптимизационная модель, транспортная сеть, топология, затраты энергии, гидротранспорт.

**Baranov I. Formation optimization model selecting parameters transportation of water-coal fuel by industrial hydro transport.**

Analysis functioning various hydrotransport systems industrial enterprises of Ukraine and world is carried out. Optimal order delivery coal-fired fuel points of consumption on route selected transport network is determined. Optimized topology transportation network for points consumption of water-coal fuel and optimization total cost pipelines, pumping and dust preparation equipment, electric energy for transportation, diameters pipelines elements of industrial hydrotransport system are determined. Formalized optimization model for selecting parameters hydraulic transport system an industrial enterprise, which allows solving problem of minimizing costs transportation water-coal fuel. Analysis and comparison results obtained with introduction an industrial hydrotransport system for transport of water-coal fuel is carried out. Comparison total capital and operating costs for transportation of coal-fired fuel is performed, depending on variant granulometric composition and selected transportation scheme.

It is established proposed parameters granulometric composition allow to reduce cost electricity for transportation by industrial hydrotransport by 86129,2 UAH/year. The topology distribution network for points consumption of coal-fired fuel, optimization mentioned total pipeline costs, pumping, dust preparation equipment, electric energy for transportation and determination diameters pipelines elements has been proposed in work, has allowed to reduce capital and operating costs transportation by 83751.4 UAH/year. Saving capital and operating costs when using pipeline transport deliver boilers compared automobile, amounted to 963063.7 UAH/year.

**Keywords:** water-coal fuel, transportation, optimization model, transport network, topology, energy consumption, hydrotransport.

**Баранов І.О.** – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля. mail: baranov\_90@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 06.05.2018