

НАЗВА СПЕЦІАЛЬНОСТІ КОНКУРСУ: ОХОРОНА ПРАЦІ

ШИФР: МЕРЕЖІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

**НАЗВА РОБОТИ: ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ
ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСТ**

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 НЕБЕЗПЕКА ГАЗОПОДІБНИХ ВИКИДІВ З СПОРУД ВОДОВІДВЕДЕННЯ (аналіз літературних джерел)	5
1.1 Небезпека газоподібних сполук, які утворюються в спорудах водовідведення	5
1.2 Заходи із захисту міського середовища від екологічно небезпечних газоподібних викидів з каналізаційних мереж	7
2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
2.1 Об’єкти та методи експериментальних досліджень	9
2.2 Результати та обговорення	13
3 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ НА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ	18
3.1 Еколого-економічна оцінка збитків, спричинених викидами сірководню з каналізаційних мереж	19
3.2 Еколого-економічна оцінка використання теплових насосів	23
ВИСНОВКИ	27
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	28

ВСТУП

Робота присвячена техніки безпеки при експлуатації систем водовідведення.

Основними напрямками для запобігання надзвичайним ситуаціям і забезпечення безпеки населення і територій є:

- створення енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій, що значно зменшують можливість виникнення надзвичайних ситуацій та мінімізують їх вплив на навколишнє середовище;
- створення і розвиток науково-методичних засад управління ризиками надзвичайних ситуацій;
- розробка на економічних механізмів регулювання діяльності щодо зниження ризиків та зменшення масштабів надзвичайних ситуацій на базі нових інформаційних технологій;
- удосконалення матеріально-технічного забезпечення діяльності щодо зниження ризиків і пом'якшення надзвичайних ситуацій, а також підвищення ефективності заходів з їх усунення;
- розвиток і вдосконалення систем моніторингу, спостереження та лабораторного контролю за станом навколишнього середовища.

Відведення стічних вод каналізаційними мережами забезпечує екологічну безпеку технічного та господарсько-питного водокористування міста. Проте, трубопроводи мереж водовідведення й спонтанні процеси, що відбуваються в стічних водах, створюють інтенсивне техногенне навантаження на природні середовища, аж до створення екологічно небезпечних ситуацій в міському середовищі.

Експлуатація каналізаційних мереж та транспортування стічних вод самопливними трубопроводами водовідведення обумовлює утворення та викид через шахти і колодязі в міську атмосферу токсичних газоподібних сполук (сірководню, меркаптану, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, метану, оксидів азоту, аміаку та ін.). Найбільшу екологічну небезпеку за

кратністю перевищення ГДК в газоподібних викидах з каналізаційних мереж створює сірководень. Ця сполука до того ж ініціює розвиток на склепінцевій частині бетонних трубопроводів самого активного виду мікробіологічної корозії – біогенної сірчаноокислотної агресії, яка спричиняє надзвичайно швидке руйнування трубопроводів, зменшуючи їх виробничий ресурс з 100 років до 4-6. Обрушення трубопроводів водовідведення, зумовлені біогенною сірчаноокисlotною корозією призводять до забруднення підземного простору міст та об'єктів гідросфери токсичними сполуками. Отже, накопичення сірководню в атмосфері мереж водовідведення створює проблеми не тільки для екологічної безпеки цих технічних об'єктів, а й для їх експлуатаційної надійності.

Одним з заходів, що придушує утворення цієї сполуки в каналізаційних колекторах, є зниження температури стічних вод, які транспортуються. Наразі це рішення стає технічно можливим та економічно доцільним завдяки використанню теплових насосів. В Європейських країнах відбір низькопотенційного тепла активно впроваджується на каналізаційних об'єктах для зменшення споживання природного газу для опалення і як наслідку – зниження викидів парникових газів в атмосферу. Проте позитивний вплив охолодження стічних вод, що транспортуються, на техногенну безпеку водовідведення в результаті зниження емісії сірководню в міське середовище при цьому не розглядається.

Мета роботи – визначення показників екологічно небезпечної емісії сірководню з споруд водовідведення в міську атмосферу та оцінка ефективності придушення цього процесу за допомогою охолодження стічних вод.

Задачі роботи:

- визначення в натурних умовах концентрації сірководню в газоподібних викидах з каналізаційних колекторів;
- розрахунок розсіювання сірководню з викидів з каналізаційних мереж в міському середовищі;

- дослідження впливу температури на викиди сірководню з каналізаційних мереж;
- еколого-економічна оцінка збитків, спричинених викидами сірководню з каналізаційних мереж.

1 НЕБЕЗПЕКА ГАЗОПОДІБНИХ ВИКИДІВ З СПОРУД ВОДОВІДВЕДЕННЯ (аналіз літературних джерел)

1.1 Екологічна небезпека газоподібних сполук, які утворюються в спорудах водовідведення

Газоподібні викиди з каналізаційних мереж створюють екологічну напруженість у прилягаючих міських регіонах, оскільки концентрація в них ряду сполук, головним чином сірковмісних, – сірководню, діоксиду сірки, меркаптану, диметилсульфіду (ДМС), багаторазово перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) не тільки для населених пунктів, але й для робочої зони (табл. 1.1). До того ж, викиди з каналізаційних мереж містять значні концентрації газів парникового ефекту - CO₂ та CH₄.

Таблиця 1.1 - Екологічна небезпека газоподібних сполук, що виділяються в процесі водовідведення

Речовина	Порядок концент рації за об'ємом	Токсикологічні характеристики				Парни - ковий ефект
		Клас небез- пеки	ГДК м.р., мг/м ³	ГДК р.з., мг/м ³	ГДК с.д., мг/м ³	
H ₂ S (сірководень)	0,2-10 ppm	2	0,008	10	0,008	
NH ₃ (аміак)		4	0,2	20	0,04	
CO (окис вуглецю)	0-500 ppm	4	5	20	3	
CO ₂ (двоокис вуглецю)	0,2-1,2 %	-	-	-	-	+
NO ₂	10 ppm	3	0,085	2,0	0,04	
CH ₄ (метан)	до 500 ppm	-	50 (ОБРВ)	1500, 7000	50	+
CH ₃ CH ₂ SH	10-50	3	10 ⁻⁴	1	-	

(етилмеркаптан)	ppb					
CH ₃ SH (метилмеркаптан)		2	9·10 ⁻⁶	0,8	-	

При підвищенні вимог до комфортності проживання в сучасному місті все більша увага приділяється не тільки безпеці повітряного середовища, але й присутності в ньому речовин (одорантів), які формують неприємні запахи навіть при концентраціях, які не уявляють собою загрозу для здоров'я. До таких забруднюючих речовин (ЗР) відносяться сполуки відновленої сірки (сірководень, легкі меркаптани), азотовмісні органічні речовини, ароматичні вуглеводні, органічні кислоти, аміак тощо [1].

Іноземними дослідниками леткі сполуки, що забруднюють атмосферу каналізаційних колекторів, були розділені на 4 групи (табл. 1.1). Розподіл речовин по групам залежав не лише від їх хімічної природи, але й від їх концентрації (аміак не був включений у цю схему) [2 - 4]:

- 1) діоксид вуглецю;
- 2) вуглеводні та їх хлорпохідні;
- 3) сірководень;
- 4) пахучі гази та пари, такі як меркаптани, аміни, альдегіди й ін.

Хімічний склад газоподібних сполук в каналізаційних колекторах та мережах м. Харкова представлений у табл. 1.2. Концентрації деяких з цих сполук, як свідчать дані табл.1.2, перевищують ГДК робочої зони, являючи істотне джерело забруднення повітря міських регіонів. Особливу екологічну небезпеку за кратністю перевищення ГДК створює сірководень.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад атмосфери каналізаційних мереж в м. Харкові [10]

Сполуки	Концентрація	Кратність перевищення ГДК робочої зони
CO, мг/м ³	0-25	1,4
CO ₂ , об. %	0,1-3,5	-
CH ₄ , об. %	0,2-6,0	0
H ₂ S, мг/м ³	0-200	20

SO ₂ , мг/м ³	5-10	0,5-1,5
NH ₃ , мг/м ³	0-5,0	0-0,4

Він не тільки створює екологічну небезпеку для населення, але й спричиняє надзвичайно інтенсивну корозію склепіння каналізаційних колекторів, руйнуючи їх аж до аварійних ситуацій. Сірководень утворюється в результаті дисиміляційної сульфатредукції - мікробіологічного відновлення сульфатів протонами органічних речовин, що окисляються.

Наразі інтенсивно розвивається H₂S картографування, в тому числі в комплексі з доступним програмним забезпеченням для створення систем визначення екологічно безпечних територій в регіонах, де проходять каналізаційні мережі, та прогнозування розвитку ситуації із забруднення міської атмосфери сірководнем.

1.2 Заходи із захисту міського середовища від екологічно небезпечних газоподібних викидів з каналізаційних мереж

Заходи з запобігання газоподібних викидів з каналізаційних мереж можна розділити на дві групи [5]:

- запобігання або зведення до мінімуму утворення сірководню в стічних водах, що транспортуються;

- запобігання елюювання сірководню в атмосферу каналізаційних мереж.

Перший напрям включає [5, 6 - 8]:

- аерацію стічних вод на напірних ділянках, або введення окислювачів (технічного кисню, пероксиду водню, нітратів, нітритів, хлорпохідних та ін.);

- зниження концентрації органічних речовин у стічних водах;

- зниження температури стічних вод до 5-10⁰С або 15-18⁰С;

- проектування ухилів, що створюють швидкості, які перешкоджають утворенню відкладень;

- зменшення площ поверхні напірних трубопроводів;

- скорочення часу перебування стоків у приймальних резервуарах насосних станцій;

- механічне очищення для видалення відкладення слизу і мулу в колекторі і механічне очищення резервуарів насосних станцій.

Другий напрям включає [5, 6 - 8]:

- повне заповнення перерізу трубопроводу стічною водою;
- підлучення стічних вод;
- зниження турбулентності потоку;
- віддувка сірководню повітрям, збільшення поверхні розділу фаз;
- вентиляцію підсклепеневого простору.

Проте, лише 2-3 з перерахованих способів впроваджені, причому не масово, а лише на деяких підприємствах, решта розробок залишаються на рівні лабораторних досліджень. В даний час як вельми перспективний метод придушення утворення H_2S представляється зниження температури стічних вод. Відомо, що температура має великий вплив на розвиток мікробних популяцій і швидкість мікробіологічних процесів [6]. Зниження температури стічних вод в мережах каналізації до недавнього часу уявлялася складною і економічно дуже витратною операцією. Однак з поширенням використання теплових насосів, в тому числі і на каналізаційних спорудах, така задача стала абсолютно реальною. Відомо, що при використанні теплових насосів досягається екологічний ефект, обумовлений зменшенням споживання природного газу для опалення та як наслідок - зниження викидів парникових газів в атмосферу. Однак, на спорудах каналізації охолодження стічних вод, що транспортуються, дозволить досягти ще ряду позитивних результатів, що мають велике екологічне та експлуатаційне значення. Серед них - зниження викидів в міську атмосферу екологічно небезпечної газоподібної сполуки - сірководню.

Важливим чинником щодо розробки та впровадження технічних заходів із зниження викидів сірководню в міську атмосферу, служать економічні важелі. Так, визначення та стягнення збитків, спричинених викидами газоподібних речовин з каналізаційних мереж, повинно спонукати відповідні установи до вживання необхідних природоохоронних заходів.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкти та методи експериментальних досліджень

Об'єкти дослідження – газоподібне середовище в каналізаційних колекторах м.Харкова та газоподібні викиди з каналізаційних мереж.

2.1.1 Методи дослідження складу газо-повітряного середовища в колекторах міської каналізаційної мережі

Аналіз складу газоподібного середовища в каналізаційних колекторах виконує спеціальний підрозділ лабораторії на каналізаційних мережах КП «Харківводоканал» за певним графіком і обов'язково перед проведенням робіт співробітниками Комплексу водовідведення. Разом з ними дослідили три контрольні шахти на одному з тунельних каналізаційних колекторів м.Харкова. В атмосфері каналізаційних шахт кількісно вимірювали концентрацій наступних екологічно небезпечних газоподібних речовин: SO_2 , H_2S , CO , CO_2 , CH_4 . Вимірювання проводили за допомогою трьох газоаналізаторів: УГ-2, «Дозор», шахтного інтерферометра ШИ-11 (рис.2.1.).



Універсальний
газоаналізатор УГ-2



Шахтний
інтерферометр
ШИ-11



«Дозор»

Рисунок 2.1 – Газоаналізатори, за допомогою яких виконували аналіз газоповітряного середовища в каналізаційних колекторах

Принцип роботи газоаналізатора заснований на просмоктуванні аналізованого газу через індикаторну трубку повітрезбірним пристроєм сифонного типу [9]. Силіконова трубка, що передує індикаторній трубці, має довжину, яка забезпечує її занурення на повну глибину шахти до каналізаційної камери. При наявності в аналізованому повітрі H_2S , наповнювач індикаторної трубки змінює свій колір з білого на чорний за довжиною, пропорційною концентрації домішок в аналізованій суміші. Для вимірювання H_2S в роботі відбиралися проби повітря об'ємом 100 см^3 .



Рисунок 2.2 – Проведення вимірювань концентрацій небезпечних газоподібних речовин на контрольних шахтах

2.1.2 Метод розрахунку розсіювання H_2S , що викидається з каналізаційних шахт, в міському середовищі

Розрахунок розсіювання H_2S проводили на підставі ОНД-86 „Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств” при обробці даних на ЕОМ в програмі для розрахунку розсіювання „ЭОЛ+”. Вихідні дані для розрахунку представлені в табл. 2.1 та 2.2.

Розрахунки здійснювалися при середньозважених небезпечних, швидкостях вітру $U_{0.01}$, $0,5 U_{0.01}$, $1,5 U_{0.01}$, $0,5 \text{ м/с}$, $4,0 \text{ м/с}$. Перебір напрямків вітру здійснювався із кроком, рівним 10 градусів. Розрахунок проводився для

території місцезнаходження шахт №4 та №4а, представленої у вигляді розрахункового прямокутника 250 м х 250 м, із кроком 5 м уздовж осей X і Y, з ГДК=0,8 ГДК селітебної зони. Контрольні точки розташовані поблизу житлової забудови.

Таблиця 2.1 - Метеорологічні характеристики й коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері м. Харкова

Найменування характеристик	Величина
1	2
Коефіцієнт, що залежить від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу в місті	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця, ТЛ, °С	26,1
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця, ТЗ, °С	-7,3
Середньорічна роза вітрів, %	
Пн	10
ПнСх	11
Сх	20
ПдСх	12
Пд	10
ПдЗах	12
Зах	15
ПнЗах	11
Швидкість вітру U* (за середніми даними), повторюваність перевищень якої становить 5%, м/с	8,0-9,0

Таблиця 2.2 - Параметри джерел викидів сірководню в атмосферне повітря

№ Джерела	Найменування джерела	Параметри джерела викиду	Характеристика пилегазоповітряної суміші на виході	Потужність викиду,
--------------	-------------------------	--------------------------------	--	-----------------------

	викиду	діаметр, м	об'єм, м ³ /с	швид- кість, м/с	темпе- ратура, °С	г/с
1	Шахта №4	0,7	1	0,35	18	0,0081
2	Шахта №4а	0,7	1	0,35	18	0,0063

2.2 Результати та обговорення

2.2.1 Газоподібні сполуки в натурному газо-повітряному середовищі каналізаційних колекторів

У табл. 2.3 наведені результати вимірювання концентрацій небезпечних газоподібних речовин в газо-повітряному середовищі каналізаційних колекторів, встановлені при обстеженні цих об'єктів спільно з співробітниками спеціалізованої лабораторії на мережах водовідведення.

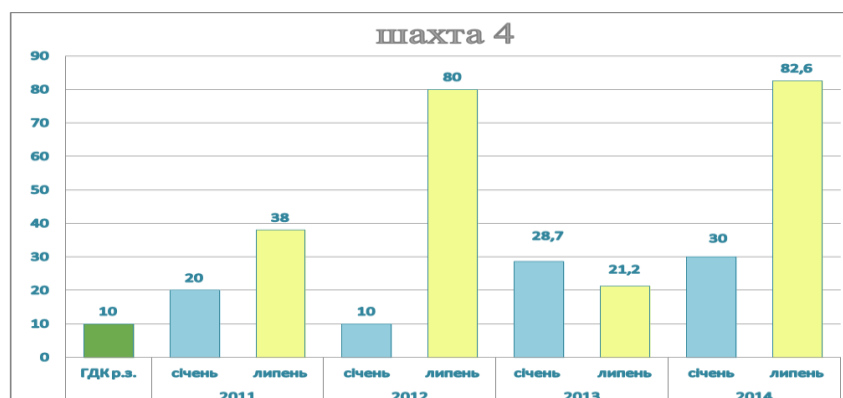
Таблиця 2.3 - Концентрація небезпечних газоподібних сполук в газо-повітряному середовищі каналізаційних мереж

№ контр. шахти	Глибина шахти, м	Концентрація газоподібних сполук				
		SO ₂ , мг/м ³	H ₂ S, мг/м ³	CO, мг/м ³	CO ₂ , Об. %	CH ₄ , Об. %
15	8	0	2	0,36	0,2	0
4	10	35	82,6	2,6	0,73	1,1
4а	11	35	73,4	2,1	0,73	1,1

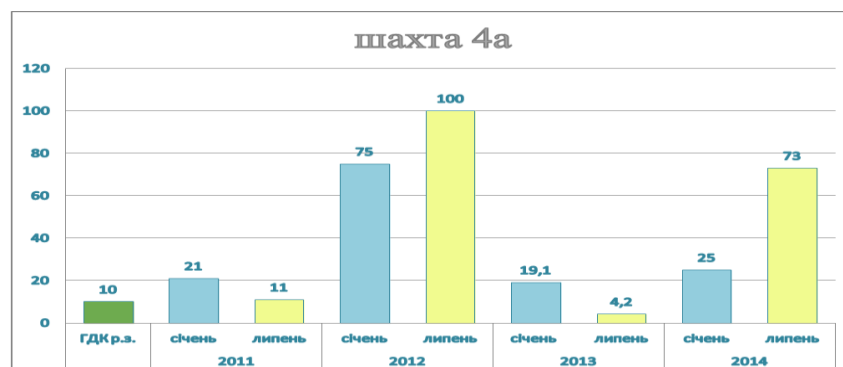
Як видно з наведених результатів, концентрації CO, CO₂ та CH₄ в газо-повітряному середовищі на обстежених об'єктах каналізаційної мережі не перевищують ГДК робочої зони. Концентрація SO₂ в шахтах 4 та 4а в 3,5 рази перевищує ГДК для робочої зони (10 мг/м³). А концентрації H₂S (клас небезпеки 2) в газо-повітряному середовищі шахт 4 та 4а перевищують ГДК для робочої зони (10 мг/м³) в 7-8 разів, що створює реальну загрозу для співробітників ремонтних служб на мережах. Кратність перевищення ГДК середньодобової за концентрацією сірководню (0,008 мг/м³) складає 9000-1000 разів. Настільки високі концентрації H₂S в газоподібних викидах представляють надзвичайну небезпеку для здоров'я населення. Проте при виході з шахти, глибина якої складає 10 м, концентрація H₂S в газоподібному викиді зменшується практично в 10 разів і на шахтах 4 та 4а досягає значень 7-8

мг/м³. Проте і ці значення перевищують ГДК середньодобову в 900-1000 разів [10-12].

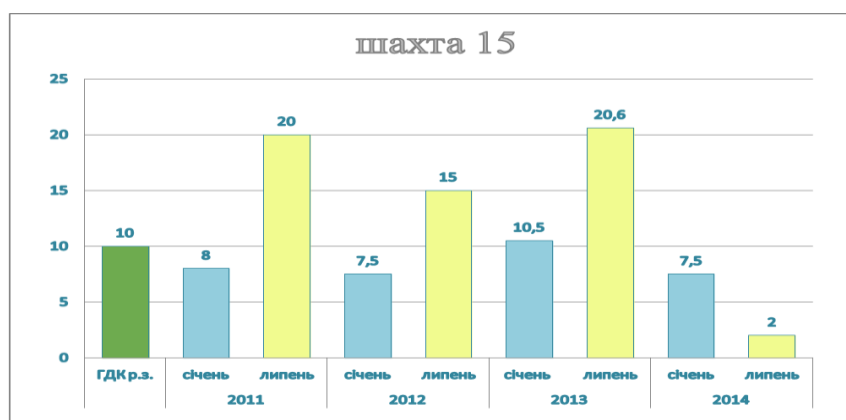
На рис. 2.3 наведено порівняльні діаграми концентрації сірководню в атмосфері підсклепеневого простору шахт №4, 4а та 15 в зимовий та літній сезони, побудовані на підставі вимірювань, виконаних протягом 4 років.



а)



б)



в)

Рисунок 2.3 - Концентрація сірководню в атмосферу підсклепеневого простору шахт №4, 4а та 15 в різні сезони року

Як видно з наведених графіків, шахти №4 та 4а створюють екологічно небезпечні умови для нормальної життєдіяльності населення. На шахті №15 у 2014 році встановлено установку сухої хімічної фільтрації – дегазатор. Ефективність роботи установки – 98%.

2.2.2 Визначення концентрації H_2S на виході з каналізаційної шахти

Глибина закладення каналізаційних трубопроводів у м. Харкові на деяких ділянках досягає 40 м. Газоподібний сірководень важче повітря і тому його концентрація на виході з шахти менше концентрації, установлюваної при обстеженні трубопроводів. Зниження концентрації залежить від аеродинамічних умов, що визначають тягу на даній ділянці, температури усередині шахти і зовнішньої температури, висоти шахти і т.д. З урахуванням значних коливань концентрації сірководню в атмосфері підсклепеневого простору, великого діапазону змін аеродинамічних умов та температур необхідно було усереднити ці фактори за великий період часу. Для такого усереднення використовували вимірювання швидкості корозії бетону по висоті деяких шахт на різних ділянках каналізаційного середовища. За допомогою отриманих даних була побудована усереднююча залежність, представлена на рис. 2.4.

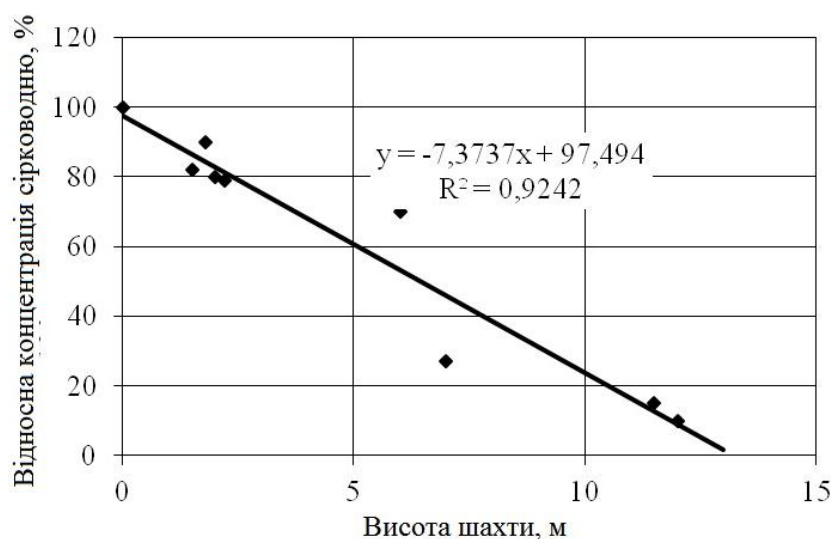


Рисунок 2.4 - Залежність зниження відносної концентрації сірководню в газоповітряній середовищі від глибини шахти

Як видно з наведених даних, зниження концентрації сірководню становить приблизно 7,4% на кожен метр висоти шахти.

2.2.3 Розрахунок розсіювання H_2S в міській атмосфері на ділянках розташування шахт 4 та 4а

Згідно проведених розрахунків розсіювання забруднюючих речовин на ЕОМ за допомогою програми ЭОЛ+ були побудовані карти розсіювання H_2S . Їх було нанесено на ділянки карти м.Харкова, де розташовані шахти 4 та 4а. В якості нормативного показника приймали ГДК середньодобове ($0,008 \text{ мг/м}^3$).

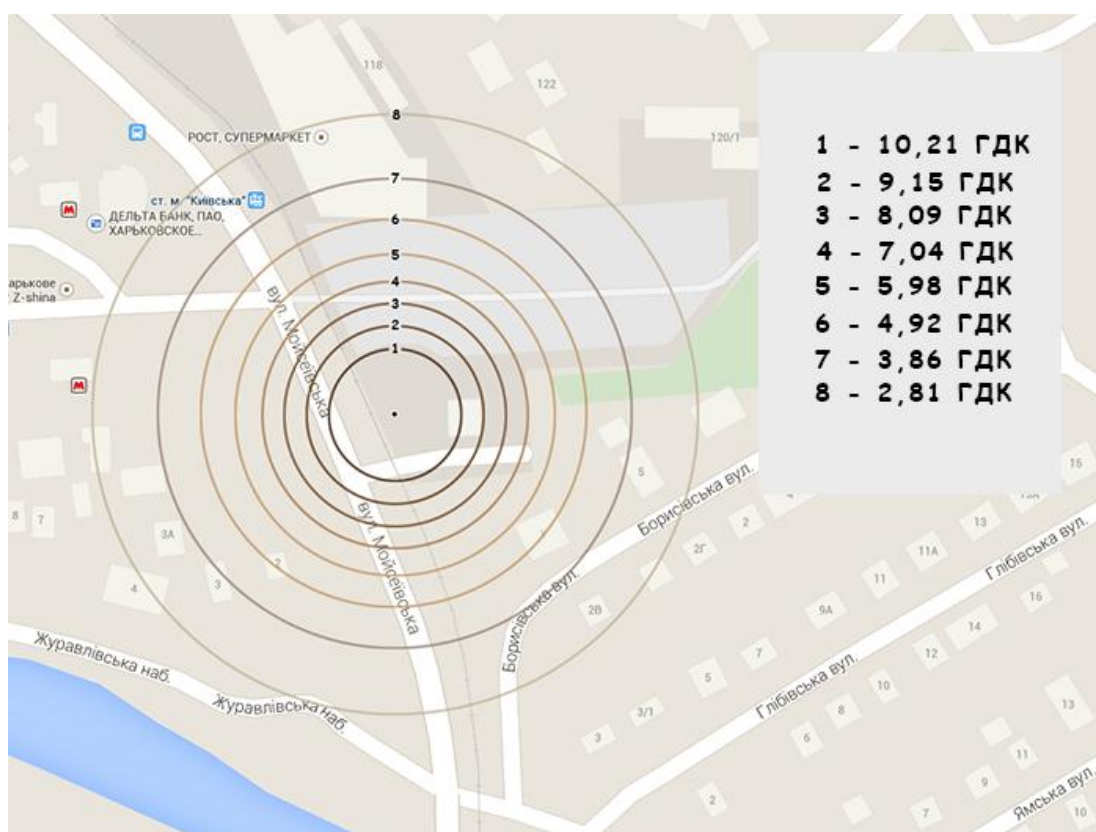


Рисунок 2.5 – Карта розсіювання H_2S від шахти №4 (масштаб 1:1000)

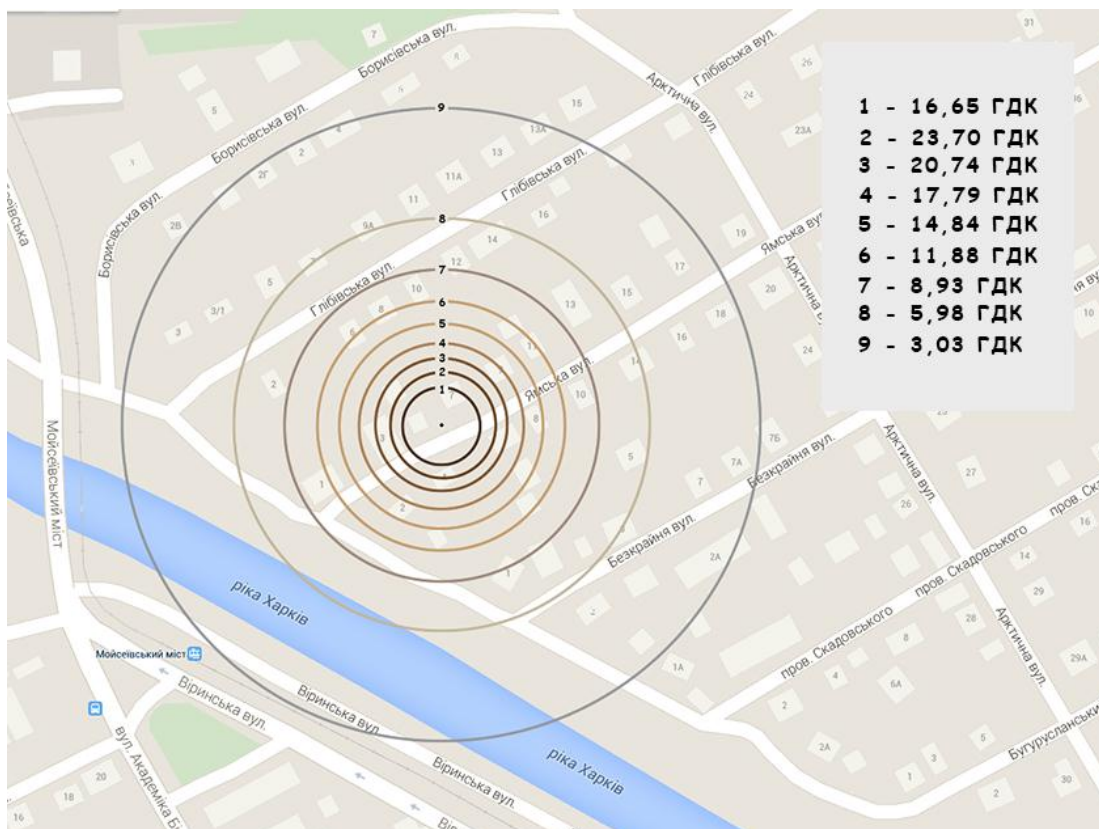


Рисунок 2.6 – Карта розсіювання H_2S від шахти №4а (масштаб 1:1000)

Як видно з даних рис.2.5, в міському середовищі, що прилягає до шахти 4, навіть на відстані 110 м спостерігається перевищення ГДК (в 2,81 разів) за концентрацією H_2S . Найближча житлова забудова знаходиться на відстані 100 м від цієї шахти. На території, що прилягає до шахти 4а, на відстані 110 м від шахти перевищення ГДК становить 3,03 рази. А житлова забудова знаходиться на відстані менш ніж 50 м від цієї шахти. Екологічно безпечна територія знаходиться на відстані приблизно 150 м від цих шахт. Отже, газоподібні викиди з шахт 4 та 4а спричиняють екологічно небезпечні концентрації H_2S в атмосфері міської території (особливо з шахти 4а), що прилягає до цих шахт, а, отже, створюють несприятливі умови для нормальної життєдіяльності населення та погрозу для його здоров'я.

3 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ НА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Ефективним чинником зниження концентрації сірководню в підсклепеному просторі каналізаційних мереж, а отже й його концентрації в викидах в атмосферу, є охолодження стічної води, в т.ч. при застосування теплонасосних установок (ТНУ). Досвід використання теплового насосу на каналізаційній мережі м. Харкова (Краснобаварська КНС) підтвердив це положення (рис. 3.1).

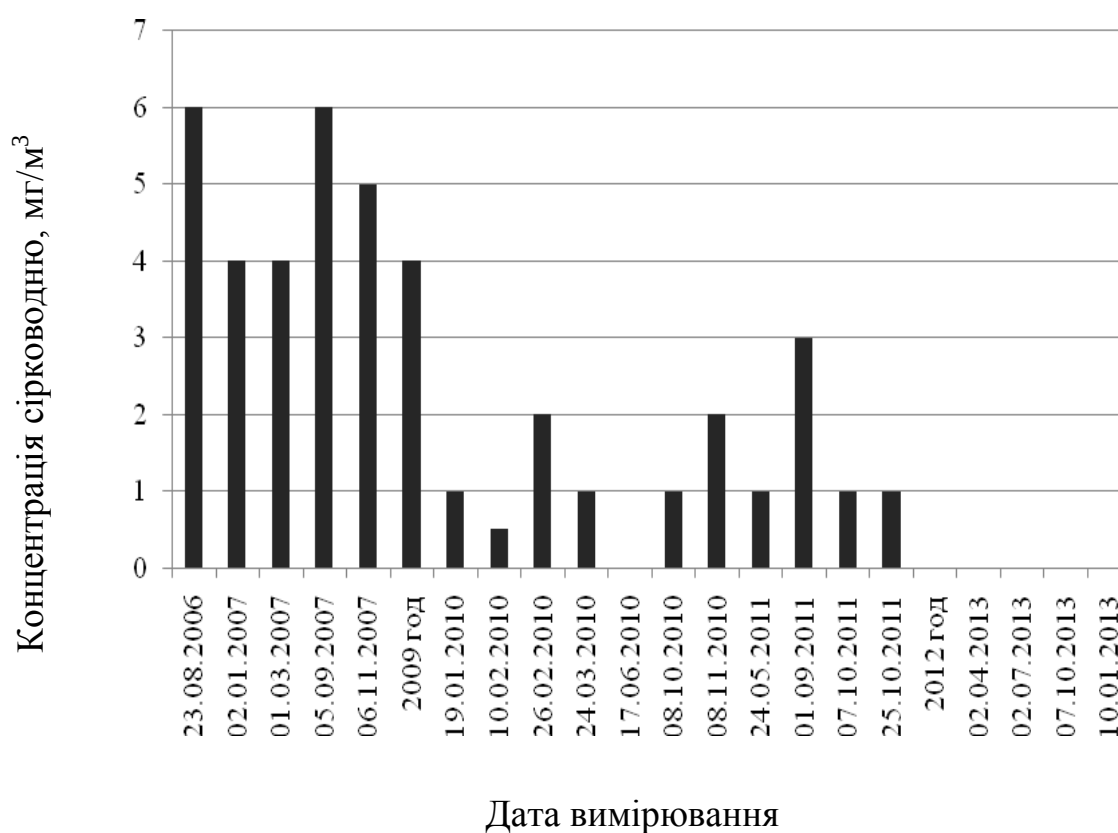


Рисунок 3.1 - Концентрації сірководню в підсклепеному просторі колектора на КНС№2 м.Харкова до та після впровадження теплового насосу (2008 рік)

Для еколого-економічної оцінки застосування теплового насосу на дослідженій шахти №4 по вул. Моїсеївській, розраховали такі показники:

- зменшення збитків, спричинених викидами сірководню з каналізаційних мереж;
- зменшення викидів парникових газів за рахунок економії природного газу для опалення.

3.1 Еколого-економічна оцінка збитків, спричинених викидами сірководню з каналізаційних мереж

3.1.1 Розрахунок розміру компенсації збитків за понаднормові викиди сірководню з каналізаційних мереж м. Харкова

Розрахунок ведеться на основі розміру мінімальної заробітної плати з урахуванням обсягу наднормативної величини викиду сірководню і регулюючих коефіцієнтів [13]. Розмір компенсації збитків в одиницях національної валюти (грн.) Визначається за формулою:

$$Z_c = M_c \cdot 1,1П \cdot A_c \cdot K_T \cdot K_{Zc} \quad (1)$$

де Z_c – розмір компенсації збитків, завданих газоподібними викидами сірководню, грн;

M_c – маса сірководню, що викидається в атмосферне повітря з каналізаційних систем понаднормово, т;

$1,1П$ – базова ставка компенсації збитків в частках мінімальної заробітної плати за одну тонну умовної ЗР, грн/т; $П$ – розмір мінімальної заробітної плати на момент перевірки, грн. (з 01.04.08 розмір мінімальної заробітної плати становить 1378 грн. [14]);

A_c – безрозмірний показник відносної небезпеки сірководню;

K_T – коефіцієнт, який враховує територіальні соціально-екологічні особливості;

K_{Zc} – коефіцієнт, який залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту сірководнем.

3.1.2 Розрахунок маси сірководню, що викидається в атмосферне повітря з каналізаційних систем понаднормово

При перевищенні дозволених викидів, які виявлені шляхом інструментальних вимірів і даних первинної облікової документації шахт систем водовідведення м. Харкова зафіксовано середню концентрацію викиду сірководню з однієї шахти 20 мг/м^3 при об'ємній витраті $0,028 \text{ м}^3/\text{с}$ (величина взята з розрахунком на 1 шахту), що становить $0,56 \cdot 10^{-3} \text{ г/с}$.

Тимчасово погоджений викид сірководню із шахт каналізаційних колекторів становить: $M_{\text{qH}_2\text{S}} = 0,000224 \cdot 10^{-3} \text{ г/с}$

Система водовідведення працює 24 години на добу та 365 днів на рік. За даними зафіксованих вимірів неодноразово виявлялося перевищення встановленого нормативу за даним джерелом утворення сірководню, в такому випадку термін роботи джерела в режимі наднормативного викиду береться не більше як за один астрономічний рік. Таким чином, час роботи джерела в режимі наднормативного викиду становить $T = 24 \times 365 = 8760 \text{ год}$.

Потужність викиду сірководню, який здійснюється з перевищенням тимчасово погоджених нормативів, розраховується за формулою (1) і становить:

$$M_c = 0,0036 \cdot (0,028 \cdot 0,00174 - 0,000224 \cdot 10^{-3}) \cdot 8760 = 0,0015 \text{ т},$$

де 0,0036 – корегувальний коефіцієнт;

0,028 – об'ємна витрата газової суміші, $\text{м}^3/\text{с}$;

0,00174 – середня концентрація сірководню в газовій суміші із серії відібраних проб, г/м^3 ;

$0,000224 \cdot 10^{-3}$ – тимчасово погоджений викид сірководню, г/с ;

8760 – час роботи джерела з перевищенням тимчасово погодженого викиду, год.

Безрозмірний показник відносної небезпеки сірководню (A_c) визначається за наступною формулою:

$$A_c = \frac{1}{\text{ПДК}_{\text{с.с. H}_2\text{S}}} \quad (2)$$

де $\text{ГДК}_{\text{с.с.}}$ – середньодобова гранично допустима концентрація сірководню, мг/м^3 ; $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}=0,008 \text{ мг/м}^3$ [15].

$$A_c = \frac{1}{0,008} = 125 \text{ грн}$$

Коефіцієнт, який враховує територіальні соціально-екологічні особливості (K_T), залежить від чисельності жителів населеного пункту, його народногосподарського значення і розраховується за наступною формулою:

$$K_T = K_{\text{нас.}} \cdot K_{\phi} \quad (3)$$

где $K_{\text{нас.}}$ – коефіцієнт, який залежить від чисельності жителів населеного пункту, береться з таблиці 2.2 Доповнення 2 Постанови №303;

K_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту, береться з таблиці 2.2 Доповнення 2 Постанови №303;

Приймаємо $K_{\text{нас.}}=1,80$, а $K_{\phi}=1,25$. Таким чином, за формулою (3):

$$K_T = 1,80 \cdot 1,25 = 2,25$$

Коефіцієнт, який залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту сірководнем (K_{3c}), за відсутності в м. Харкові інструментальних вимірів концентрації сірководню K_{3i} приймаємо рівним одиниці.

Розрахунок розміру компенсації збитків за понаднормові викиди сірководню з однієї шахти:

$$Z_c = 0,0015 \cdot 1,1 \cdot 1378 \cdot 125 \cdot 2,25 \cdot 1 = 640 \text{ грн/т,}$$

На досліджуваному колекторі Північної групи заводів м. Харкова (де розташована шахта №4) існує 11 каналізаційних шахт, що підлягають моніторингу, з відповідним перевищенням сірководню. Тому, враховуючи потужність загального понаднормового викиду сірководню в м. Харкові, сумарний компенсаційний збиток складе:

$$Z_{c\Sigma} = 11 \cdot 640 = 7040 \text{ грн.}$$

3.1.3 Визначення плати за збиток, заподіяний викидами сірководню з систем водовідведення м. Харкова

Формула для розрахунку суми збору за забруднення атмосферного повітря від стаціонарного джерела має вигляд: (Наказ від 9 серпня 1999 р №162/379. Про затвердження Інструкцій про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища):

$$П_{\text{вс}} = \sum_{i=1}^n (Mq_i \cdot H_{\text{бi}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot 2,373 \cdot I) + Z_c, \quad (4)$$

де Mq_i – маса викидів i -го ЗР в межах норми, т/рік (за попередніми даними $Mq_{\text{H2S}} = 0,007 \cdot 10^{-3}$ т/рік ($0,0036 \cdot 0,000224 \cdot 10^{-3} \cdot 8760$);

$H_{\text{бi}}$ – норматив збору за тонну i -тої ЗР, грн/т (Доповнення 1 Постанови Кабінету міністрів від 1 березня №303. «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього середовища і стягнення цього збору»)

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт, який встановлюється залежно від чисельності жителів населеного пункту (береться з таблиці 2.1 Доповнення 2 Постанови №303), у м. Харкові чисельність жителів перевищує 1 млн, $K_{\text{н}} = 1,8$;

$K_{\text{ф}}$ – коефіцієнт, який встановлюється залежно від народногосподарського значення населеного пункту (береться з таблиці 2.2 Доповнення 2 Постанови №303), м. Харків - обласний центр, $K_{\text{н}} = 1,25$;

2,373 – поправочний коефіцієнт (встановлений в 2006г. та взятий з Доповнення 1 Постанови №303);

I - індекс продовольчих цін (індекс інфляції); $I = 1,249$ [16]. З врахуванням Постанови КМУ «Про доповнення додатка 1 до Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору» от 14.11.2007 г. № 1317, платники збору за забруднення навколишнього природного середовища проводять починаючи з 1 січня 2008 р. індексацію його нормативів за формулою:

$N_i = N_{\text{п}} \cdot I : 100$. 100 – перехідний коефіцієнт для переходу відсотків в частки.

Z_c – величина компенсації збитку за понаднормові викиди сірководню (розмір компенсації збитків з однієї шахти за попередніми розрахунками становить 640 грн.).

Величина збору за забруднення повітря м. Харкова сірководнем, який викидається з шахт каналізаційних колекторів (розрахунок збору з однієї шахти) дорівнює:

$$P_{BC} = (0,007 \cdot 10^{-3} \cdot 257 \cdot 2,373 \cdot 1,249 \cdot 1,8 \cdot 1,25) + 640 = 640 \text{ грн.}$$

Відповідно для 11 шахт каналізаційних колекторів в м. Харкова P_{BC} буде становити:

$$P_{BC\Sigma} = 640 \cdot 11 = 7040 \text{ грн.}$$

Таким чином, за викиди сірководню в межах ліміту необхідно платити лише 0,30 грн. Тому для зменшення економічних витрат, а також для зменшення шкоди, яка завдається навколишньому природному середовищі особливу увагу необхідно приділити саме понадлімітним викидам сірководню з каналізаційних мереж м. Харкова та здійснювати необхідні заходи по зменшенню сірководневих викидів з систем водовідведення.

3.2 Еколого-економічна оцінка використання теплових насосів

Теплові насоси є екологічно чистим методом опалення та кондиціювання, оскільки, не викидають шкідливі газоподібні речовини, такі як CO, CO₂, NO_x, SO₂. Наявність у викидах від технічних об'єктів даних речовин призводить до порушення озонового шару, кислотних дощів, негативно впливають на стан ґрунтів. CO₂, NO_x є парниковими газами, зниження викидів яких є необхідним відповідно до положень Кіотського протоколу. Дія Кіотського протоколу попередньо продовжено до 2020 року, механізми дії якого для України мають величезні перспективи.

В даний час теплопостачання об'єкту КП «Харківводоканал»: комплекс споруд служби мереж по вул. Моїсеївська, 32 (район розміщення шахти №4)

здійснюється від газових котельних, які мають потужність - 540кВт (з урахуванням нових корпусів, що вводяться в експлуатацію навантаження об'єкта зросте до 650кВт).

Для переведення джерел тепла на теплонасосні системи, об'єкт розташовують біля джерела низькопотенційного тепла (стічні води) більш ніж достатньої потужності.

При проведенні попередньої оцінки економічної ефективності передбачуваної реконструкції порівнювалися витрати на енергоносії для розрахункового (відповідно до даних ДБН) опалювального періоду та розрахункових теплових навантажень об'єктів.

В табл. 3.1 наведено річні витрати на енергоресурси зазначеного об'єкту для розрахункового опалювального періоду при розрахункових навантаженнях об'єкту відповідно 650кВт.

Таблиця 3.1 - Розрахунок від впровадження ТНУ комплексу споруд служби мереж по вул. Моїсеївська, 32

Витрата тепла, кВт*год, ($Q_{теп}$)	Газова котельня				Тепловий насос				
	Вартість тепла, грн., ($C_{теп,г.к.}$)	Витрата газу, м³розн/сер едн., ($Q_{газ}$)	Викиди, т/рік (середні) , (W)	Вартість викидів, грн., (C_W)	Витрати ел. ен., кВт*год, ($Q_{эл.}$)	Вартість ел. ен., грн., ($C_{эл.}$)	Викиди, т/рік, (W)	Вартість викидів, грн., (C_W)	Загальна економія, грн., (E)
1452 100	1667010	177 518 134 807	84,93	9342	363 025	749 040	0,0	0,0	918000

Оцінка проводилася за таких умов:

- тариф на теплову енергію - на листопад 2018 рік складає 1 Гкал =1335,23 грн/Гкал(1,148 грн/кВт·год).
- тариф на електроенергію - 2,06333 грн/кВт·год.
- вартість викидів парникових газів становить 110грн/т;
- розрахунок очікуваних скорочень викидів (ОСВ) парникових газів здійснювався за формулою, рекомендованою ЦЕІ:

$$\text{ОСВ (т CO}_2\text{ - екв)} = 0,63 \cdot V, \quad (1)$$

де V - середньорічний обсяг спожитого газу за період 2011-2013р, тис. м³;

Розрахункова витрата тепла і газу для об'єкта на вул. Моїсеївській, 32 прийнятий з урахуванням підвищення навантаження з 540 до 650кВт.

Вартість тепла та електроенергії розраховуємо за формулою відповідно до тарифів:

$$P = V \cdot N \quad (2)$$

де V - витрата тепла, кВт·год/рік;

T - тарифи на теплову енергію та електроенергію відповідно 1,148 грн / кВт·год та 2,06333 грн / кВт·год.

$$P_{\text{газ.кот}} = 1452100 \cdot 1,148 = 1667 \text{ тис. грн.}$$

$$P_{\text{т.насос}} = 363025 \cdot 2,06333 = 749 \text{ тис. грн.}$$

Загальна економія складе 918 тис. грн.

Вартість викидів парникових газів розраховуємо за формулою

$$P = W \cdot K, \quad (3)$$

де W – середній об'єм викидів парникових газів, т/рік;

K - вартість викидів парникових газів становить 110грн / т.

$$P = 84,93 \cdot 110 = 9342 \text{ грн.}$$

Витрати на перехід об'єкта по вул. Моїсеївській, 32 наведені на підставі виконаної проектно-кошторисної документації.

Розрахуємо грошовий потік, що являє собою суму економічних коштів та амортизацію. При строці експлуатації 30-50 років амортизація складе: $2900/30 = 96,67$ тис.грн, грошовий потік відповідно:

$$\text{ГП} = 918 + 96,67 = 1014 \text{ тис. грн}$$

Розраховувавши чистий грошовий потік, що включає загальну величину економії й амортизаційні відрахування, необхідно провести його дисконтування за допомогою коефіцієнта дисконтування по ставці 20,0 % [18, 19].

Розрахуємо дисконтований грошовий потік ($\sum FV$) за 5 років при ставці 20%.

$$\sum FV = 1014/(1+0,20)^1 + 1014/(1+0,20)^2 + 1014/(1+0,20)^3 + 1014/(1+0,20)^4 + 1014/(1+0,20)^5 = 3032 \text{ тис.грн}$$

Чистий дисконтований дохід (NPV) розраховується за формулою

$$NPV = \sum FV / (1+i)^k - IC, \quad (4)$$

де $\sum FV / (1+i)^k$ - дисконтований грошовий потік, що надходить від проекту (виручка від реалізації), грн;

IC - витрати на виробництво продукції, грн.

$$NPV = 3032 - 2900 = 132 \text{ тис.грн}$$

Виходячи з даного критерію, проект вигідний для його здійснення, тому що величина чистого грошового доходу позитивна.

Наступним показником оцінки ефективності інвестицій є індекс доходності (IP). Він розраховується за формулою

$$IP = ДГП/IC \quad (5)$$

$$IP = 3032/2900 = 1,05 > 1$$

Згідно даного критерію, інвестиційний проект вигідний при значенні $IP > 1$, тому пропонується проект також необхідно прийняти до реалізації.

При оцінці ефективності інвестиційних проектів розраховується строк окупності проекту

$$T_{ок} = IC / ДГП_{ср}, \quad (6)$$

де $ДГП_{ср}$ – середньорічна величина грошового потоку, грн.

Середньорічна величина грошового потоку розраховується по наступній формулі

$$ДГП_{ср} = \sum ДГП / t \quad (7)$$

$$ДГП_{ср} = 3032/5 = 606 \text{ тис. грн}$$

$$T_{ок} = 2900 / 606 = 4,8 \text{ роки.}$$

Відповідно до останнього критерію строк окупності інвестицій складає 4,8 року, що набагато нижче ефективного строку експлуатації пропонуваного обладнання - 50 років. Виходячи з проведених розрахунків, впровадження

нового проекту ефективно, окупиться проект за 4,8 року, чистий дисконтований дохід позитивний.

Основні показники, що характеризують ефективності впровадження заходу представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Економічний ефект від заходу, що впроваджується для об'єкта на вул. Моїсеївській, 32

Заходи	Чистий дисконтований дохід від впровадження заходу за 5 років, тис. грн	Вартість впровадження, тис. грн	Економічний ефект, тис. грн	Строк окупності заходу, роки	Індекс прибутковості заходу, %
Розрахунок економії витрат від впровадження теплових насосів	3032	2900	132	4,8	1,05

ВИСНОВКИ

1. При проведенні обстеження складу натурного газоповітряного середовища в шахтах каналізаційних мереж встановлено, що в них концентрація сірководню в 7-8 разів перевищує ГДК робочої зони.

2. Розрахунок розсіювання викидів сірководню з цих шахт в міській атмосфері показав, що кордон екологічно безпечної зони становить більше, ніж 110 м (приблизно 150 м).

3. На підставі аналізу вмісту сірководню в атмосфері підсклепіневого протору колекторів до та після впровадження ТНУ встановлено, що при зниженні температури стічних вод на 5-7 °С, концентрація H_2S зменшується приблизно в 3 рази.

4. Економічний ефект від впровадження теплових насосів на ділянці каналізаційної мережі Північної групи заводів (11 шахт) за рахунок зменшення викидів сірководню становить 14080 грн/рік, а за рахунок переведення джерел

тепла на ТНУ і зменшення викиду парникових газів при роботі опалювальних систем економічний ефект становить 132000 грн.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gostelow P., Parsons S. A. Sewage treatment works odour measurement / Water Sci. Technol. – 2000. – № 6, V. 41.
2. T. Zarra, V. Naddeo, V. Belgiorno, M. Reiser and M. Kranert. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment // Water Science & Technology—WST. – 2008. – Vol.58, №1. – P. 89-94.
3. Stuetz R., Frechen F-B. Odours in Wastewater Treatment. Published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street (London SW1H 0QS, UK). – 2001. – 437 p.
4. George Simon, Charles Alix and Vincente Arrebola. Odor Control – Solutions for Managing Emissions from Wastewater Treatment Facilities // Florida water resources journal. – 2010. – Vol. 7, №2. – P. 32-34.
5. Дрозд Г.Я. Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация. [Sewers: reliability, diagnostics, sanation] / Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2003. – 260 с.
6. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. - М.: Издательство: Дрофа, 2004. - 416с.
7. Юрченко В.А. Развитие научно-технологических основ эксплуатации сооружений канализации в условиях биохимического окисления неорганических соединений: дисс.... доктора техн. наук: 05.23.04 / Юрченко Валентина Александровна. - ХГТУСА. – Харьков, 2007. – 426 с.
8. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Вентиляция канализационных сетей как фактор загрязнения городской атмосферы // Вестник ДонГАСА, 2000.
9. Паспорт "Газоанализатор универсальный УГ-2" 09К.095.00.000 ПС. – 24 с.
10. Бойко С.В., Ярошенко А.А., Лебедева Е.С., Юрченко В.А. Экологически опасные газообразные соединений в канализационных сетях г. Харькова //

Матеріали VI Міжнародної науково-методичної конференції „Безпека людини в сучасних умовах”/ упоряд.: В.В. Березуцький, Є.О. Лаптева. – Х.: Вид-во ТОВ „Щедра садиба плюс”, 2014. - с. 157-159.

11. Бойко С.В., Ярошенко А.А., Лебедева Е.С. Количественная оценка экологически опасных газообразных соединений в канализационных сетях г. Харькова // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Матеріали III Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2014. - с. 81.

12. Бойко С.В., Ярошенко А.А., Юрченко В.А. Влияние окислительно – восстановительных условий на образование сероводорода в сточных водах // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб.докл.II Международной молодежной научной конференции, 1-3 октября 2014 г./ БГТУ. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014 г. – Ч.2. – с.16 – 18.

13. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Затверджена Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України від 18 травня 1995 р. № 38. Збірник законодавчих, нормативно-методичних і інструкційних документів з питань охорони навколишнього природного середовища. Т. 11. Розділ 5. Економічне регламентування природокористування. – Харків. – 1998. – 146 с.

14. Закон України від 17.09.2015р. № 704-VII «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2015 рік».

15. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест, № 876-71 от 11.01.71. – 145 с.

16. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

17. http://www.oblenergo.kharkov.ua/2_potreb.htm

18. Іванілов О.С. Економіка підприємства: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О.С.Іванілов – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 728 с.

19. Харів П. С. Інноваційна діяльність підприємства та економічна оцінка інноваційних процесів. – Тернопіль: Економічна думка, 2003. – 326 с.