

С. В. Вдовенко¹, А. В. Вдовенко², О. Б. Гринишин³, В. В. Курліщук⁴

¹ТОВ “Укргазпромбуд”

²Національний університет біоресурсів та природокористування України,
кафедра глобальної економіки

³Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології переробки нафти і газу

⁴ДП “Львівдіпронафтохім”,
ogrynyshyn@ukr.net

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ КАНАЛІЗУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД НАФТОПЕРЕРОБНОГО ЗАВОДУ

<https://doi.org/10.23939/ctas2019.01.102>

Розглянуто актуальні екологічні проблеми, пов'язані з експлуатацією систем каналізування стічних вод нафтопереробних підприємств (НПЗ), екологічні та технологічні аспекти раціонального водовідведення стічних вод для створення передумов їхнього повторного використання у максимально повному обсязі. Запропоновано технологічні та природоохоронні рішення для удосконалення системи каналізації діючого НПЗ на основі встановлення причинно-наслідкових взаємозв'язків, що впливають на рівень екологічної безпеки системи каналізації.

Ключові слова: нафтопереробний завод, очисні споруди, промислові стічні води, екологічна безпека, діаграма Ісікави.

S. V. Vdovenko¹, A. V. Vdovenko², O. B. Grynyshyn³, V. V. Kurlishchuk⁴

¹LLC “Ukrgazprombud”

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Department of Global Economics

³Lviv Polytechnic National University,

Department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing

⁴SE “Lvivdipronaftokhim”

PROCESS AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS DURING WASTE WATER DRAINAGE AT REFINERIES

The proposed article is devoted to actual environmental problems related to the operation of waste water sewage systems of refineries. The ecological and technological aspects of waste water management are considered in order to create the preconditions for their reuse in the maximum extent possible. Proposed technological and environmental solutions for improving the sewage system of the existing refinery on the basis of establishing causal relationships that affect the level of environmental safety of the sewer system.

Key words: oil refinery, sewage treatment plants, industrial waste water, ecological safety, Ishikawa diagram.

Вступ

Нафтопереробні заводи (НПЗ) відносяться до категорії підприємств з високим споживанням води та є джерелом значних викидів забруднювальних речовин до водоймищ і в атмосферу. НПЗ, як правило, розташовані у

великих промислових регіонах і суттєво впливають на економічну, екологічну та соціальну обстановку в регіоні в цілому. Від стану природного середовища залежить біорізноманіття регіону, стан здоров'я, якість та тривалість життя населення і майбутнє країни.

Перероблення нафти та нафтопродуктів здійснюється на технологічних установках, де основними системоутворюючими компонентами антропогенного забруднення навколишнього середовища є вуглеводні. Практично усі технологічні процеси здійснюються з

використанням води. Кількість і склад стічних вод залежить від продуктивності НПЗ, номенклатури продукції, технологічних процесів, що використовуються [1]. Питомі показники водовідведення типових різнопрофільних НПЗ наведені у табл. 1 [2].

Таблиця 1

Питомі показники водовідведення типових різнопрофільних НПЗ

Профіль НПЗ	Стоки I системи, м ³	Стоки II системи, м ³	Сірчисто-лужні стоки, дм ³
Паливний	0,23–0,95	0,09–0,2	0,51–1,0
Паливно-оливний	0,38–1,5	0,1–0,25	1,0–2,5
Паливно-оливний з нафтохімічним виробництвом	2,0–3,0	1,2–2,0	13–15

Кількісні та якісні характеристики стоків навіть для одного технологічного процесу на одному підприємстві коливаються у значних межах, а самі стоки потребують якісного очищення перед скидом до водоймища. Водоохоронні заходи вимагають значних матеріальних ресурсів, що зменшує статки нафтопереробних компаній. Тому для якісного очищення стоків при мінімальних витратах необхідно вирішити питання раціонального водовідведення та повторного використання стічних вод. Успішне вирішення цього комплексного та міжгалузевого питання вимагає виявлення усіх чинників, що впливають на ефективність роботи системи каналізації та багато в чому залежить від координованої роботи виробничих цехів нафтопереробного підприємства, водоканалу, природоохоронних та контролюючих організацій, від рівня техніки, технології та культури експлуатації цієї техніки обслуговуючим персоналом.

На сучасних НПЗ технологічні схеми водопостачання та водовідведення вирішуються комплексно. В основу їх покладені принципи максимального використання води у системі обігового водопостачання з мінімальним підживленням її свіжою водою і мінімальним скидом стічних вод до водоймища [3]. До каналізаційної мережі НПЗ спрямовується вода тільки із незамкнених систем водопостачання і залежно від того, з яких технологічних процесів скидається вода і чим вона забруднена, на НПЗ існує декілька ізольованих одна від одної систем каналізації [4]. Раціоналізація водного господарства має вельми актуальне

значення з економічної і екологічної точок зору. Так, наприклад, Киришський НПЗ практично не споживає свіжу воду завдяки повторному використанню стічних і дощових вод. Питома витрата води на заводі, як правило, не перевищує 0,1 т води / т переробленої нафти [5]. Слід також відзначити, що сьогодні обігове водопостачання найсучасніших підприємств галузі досягає 99,8 % (за середніх показників для заводів паливного профілю 11,75 т, 15,11 т для заводів паливно-оливного профілю і 25,42 т для підприємств паливно-оливного профілю з нафтохімічним виробництвом) [6].

Однак загальний стан повторного використання води у галузі не можна вважати задовільним. На багатьох НПЗ самопливні системи каналізації, побудовані у 40–70-х роках, морально та фізично застаріли, що призводить до втрат стічних вод через нещільності з'єднань та прокородовані трубопроводи. У результаті цього стоки потрапляють у ґрунт та забруднюють підземні води нафтопродуктами, що є однією із головних причин нагромадження під територією НПЗ лінзи нафтопродуктів. Окрім цього на деяких НПЗ система каналізації працює у режимі скиду усіх стічних вод до загальнозаводського колектора, що унеможливує очищення та повторне використання стічних вод для потреб блоків обігового водопостачання тощо. Незважаючи на це, дослідженням екологічного та технологічного стану каналізаційних мереж НПЗ приділяється мало уваги, а численні заходи щодо захисту водного середовища НПЗ

здебільшого зосереджені на покращенні роботи очисних споруд – кінцевої стадії каналізування стічних вод. Проте слід відзначити, що якість очищення стічних вод на загальнозаводських очисних спорудах НПЗ значною мірою залежить від правильності побудови технологічних схем каналізування промислових стічних вод, що має першочергове значення для запобігання збиткам, що можуть завдати токсичні стоки навколишньому середовищу. Саме тому оцінювання екологічного та технологічного стану каналізаційних мереж є надзвичайно актуальною проблемою, вирішення якої потребує проведення наукових та інженерних вишукувань на діючих НПЗ.

Мета роботи полягає у підвищенні рівня технологічності та екологічної безпеки системи каналізаційних мереж НПЗ за рахунок упровадження інженерних заходів, що максимально запобігають контакту стічних вод і продуктів їхнього випаровування з об'єктами навколишнього природного середовища та дають можливість раціонально розподіляти стічні води по каналізаційних системах залежно від вмісту забруднювальних речовин. Реалізація поставленої мети вимагає виконання таких завдань:

- обстежити та оцінити рівень екологічного стану існуючих каналізаційних мереж та їхнього впливу на атмосферу і гідросферу підприємства;

- оцінити можливість розділення або перерозподілу стічних вод на кілька систем залежно від ступеня їхнього забруднення;

- розробити комплекс природоохоронних та технологічних заходів раціонального водовідведення з можливістю роздільного очищення та максимального повторного використання промислових стічних вод на основі ретельного аналізу основних факторів, що впливають на ефективність роботи системи каналізації НПЗ.

Матеріали та методи дослідження

Підземні трубопровідні мережі діючих НПЗ мають протяжність десятки кілометрів і призначені для транспортування агресивних стічних вод з нормативним терміном служби близько 10–20 років. При цьому більшість каналізаційних мереж на нафтопереробних підприємствах України та інших пострадян-

ських країн були побудовані понад 50 років тому і є морально та фізично зношеними.

На досліджуваному НПЗ каналізаційні мережі працюють в режимі спільного скиду промислових та дощових стічних вод, стічних вод електрознесолювальних установок (ЕЛЗУ), сірчисто-лужних вод, продувальних вод водяних блоків і стоків господарсько-побутової каналізації, що значно ускладнює їхнє ефективне очищення від нафтопродуктів і механічних домішок на очисних спорудах підприємства. Зазвичай до каналізації також потрапляє сира і знесолена нафта (підтоварна вода з нафтових резервуарів, дегідраторів ЕЛЗУ, стоки від промивки цистерн і охолодження насосів, що перекачують нафту) і світлі нафтопродукти (підтоварна вода з резервуарів зберігання бензину, дизпалива, гасу, дренажі ректифікаційних колон і рефлюксних місткостей, дренажі, що утворюються під час підготовки устаткування до ремонту). Густина нафтопродуктів, що спрямовуються до каналізації, як правило, коливається у межах 0,740–0,870 кг/дм³, а густина пасткового продукту зазвичай коливається в межах 0,825–1,01 кг/дм³, що свідчить про втрати легких фракцій вуглеводнів внаслідок випаровування. Тому промислова каналізація НПЗ є джерелом значного забруднення атмосфери. Так, згідно з даними аналізів за 2016–2017 рр. газовиділення вуглеводнів у скидному колекторі промислових стічних вод НПЗ становить 950–1200 мг/м³, а концентрація нафтопродуктів у промстоках іноді досягає 86 г/дм³, що значно перевищує нормативні значення ВУТП–97. На НПЗ каналізаційні колодязі (~400 шт) засипають зверху шаром піску товщиною 200 мм для зменшення виділення летких вуглеводнів, проте це збільшує викиди з піскоуловлювачів очисних споруд і не зменшує загального забруднення атмосфери. Значне забруднення атмосфери випарами промканалізації є результатом неправильної її експлуатації. Ситуація погіршується тим, що часто температура стічних вод перевищує нормативну (40–45 °С), що сприяє більш інтенсивному випаровуванню вуглеводнів у каналізаційному колекторі. Дослідження показують, що у системах каналізації безповоротно втрачається 30–40 % від загального обсягу нафтопродуктів, що

потрапляють до каналізації. При цьому слід зазначити, що непрямі, інструментальні та статистичні методи з достатньою точністю дозволяють також визначити величину витоків стічних вод через нещільності системи каналізації, що інколи досягають 15–20 %. Отже, безпосередньо на рівень ґрунтових вод під територією підприємства з каналізаційними витокami може щорічно надходити 10–20 тис. т нафтопродуктів при загальному скиді до системи каналізації НПЗ 11–13 млн. м³/рік стоків і концентрації нафтопродуктів в стоках на рівні 5000–10000 мг/дм³. Для зменшення втрат вуглеводнів необхідно усі скиди нафтопродуктів спрямовувати до спеціальних заглиблених місткостей, звідки вони мають перекачуватися до сировинних резервуарів та заборонити виробничим цехам здійснювати скид нафтопродуктів до каналізації під час ремонту обладнання та трубопроводів, насосів, відбору проб продуктів, зачистці резервуарів, усунути негерметичності апаратури, насосів тощо. Тільки у цьому випадку каналізаційні колодязі та очисні споруди перестануть бути джерелом великих забруднень атмосфери. Таким чином, завдяки обстеженню існуючої системи каналізації досліджуваного НПЗ встановлено, що промислова каналізація є потужним джерелом забруднення навколишнього природного середовища, а її технічний та технологічний стан не дає змоги проводити розділення стічних вод по різних системах і потребує докорінної реконструкції.

Результати досліджень та їх обговорення

З метою комплексного запобігання забрудненню природного середовища нафтопродуктами необхідно розробити нову концепцію організації системи каналізування стічних вод НПЗ. Для визначення і візуалізації головних факторів, що систематично впливають на рівень екологічної безпеки та технологічності системи каналізації НПЗ, скористаємося діаграмою Ісікави (рис. 1). Аналізуючи діаграму Ісікави, можна зробити висновок, що принципово нова роздільна система каналізації промислових стічних вод НПЗ мусить бути максимально герметичною, мати мінімальну протяжність та можливість здійснювати моніторинг за технічним станом мереж. Враховуючи технологічний профіль і кліматичні

умови розташування досліджуваного підприємства та найкращі практики менеджменту водних ресурсів передових НПЗ [3, 7] усі стоки пропонується розділити на три системи:

1) перша система каналізації для відведення помірно забруднених нафтопродуктами та солями стоків від технологічних установок та об'єктів загальнозаводського господарства (ЗЗГ), технологічних конденсатів та дощових вод з території технологічних установок;

2) друга система каналізації для відведення солевмісних стоків ЕЛЗУ, сірчистолужних стоків та підтоварної води резервуарних парків;

3) господарсько-фекальна каналізація для відведення побутових стоків.

Схема роботи напірної системи каналізування нафтовмісних стічних вод НПЗ на прикладі другої системи каналізації зображена на рис. 2. Конструктивно до складу пропонованої системи каналізації входять такі елементи:

самопливні ділянки мереж промстоків від технологічних установок до заглиблених резервуарів промстоків (РПС). Ці ділянки мають мінімальну протяжність, а мережі виконують із корозійностійких та міцних композитних труб діаметром 100–300 мм, матеріальне виконання яких не призводить до накопичення статичної електрики. На усіх під'єднаннях випусків і поворотах, у місцях зміни ухилів та діаметрів встановлюються наглядові залізобетонні колодязі або колодязі з гідрозатвором для запобігання розповсюдженню вогню по мережі каналізації у випадку пожежі; металеві РПС, що розташовані в межах технологічних установок, об'єктів ЗЗГ та призначені для проміжного накопичення стоків і часткового відділення від вільних та емульгованих нафтопродуктів шляхом відстоювання. Для запобігання забрудненню ґрунтів та підземних вод у результаті витоків та аварійних ситуацій, пов'язаних з порушенням цілісності апаратів і трубопроводів, РПС встановлюють у залізобетонних коробах, засипаних піском, поверх яких виконується водонепроникне покриття. Для виявлення можливих протікань в коробах передбачаються приямки, заповнені щебнем, де встановлюються труби з перфорацією, верх яких виводять над рівнем планування.

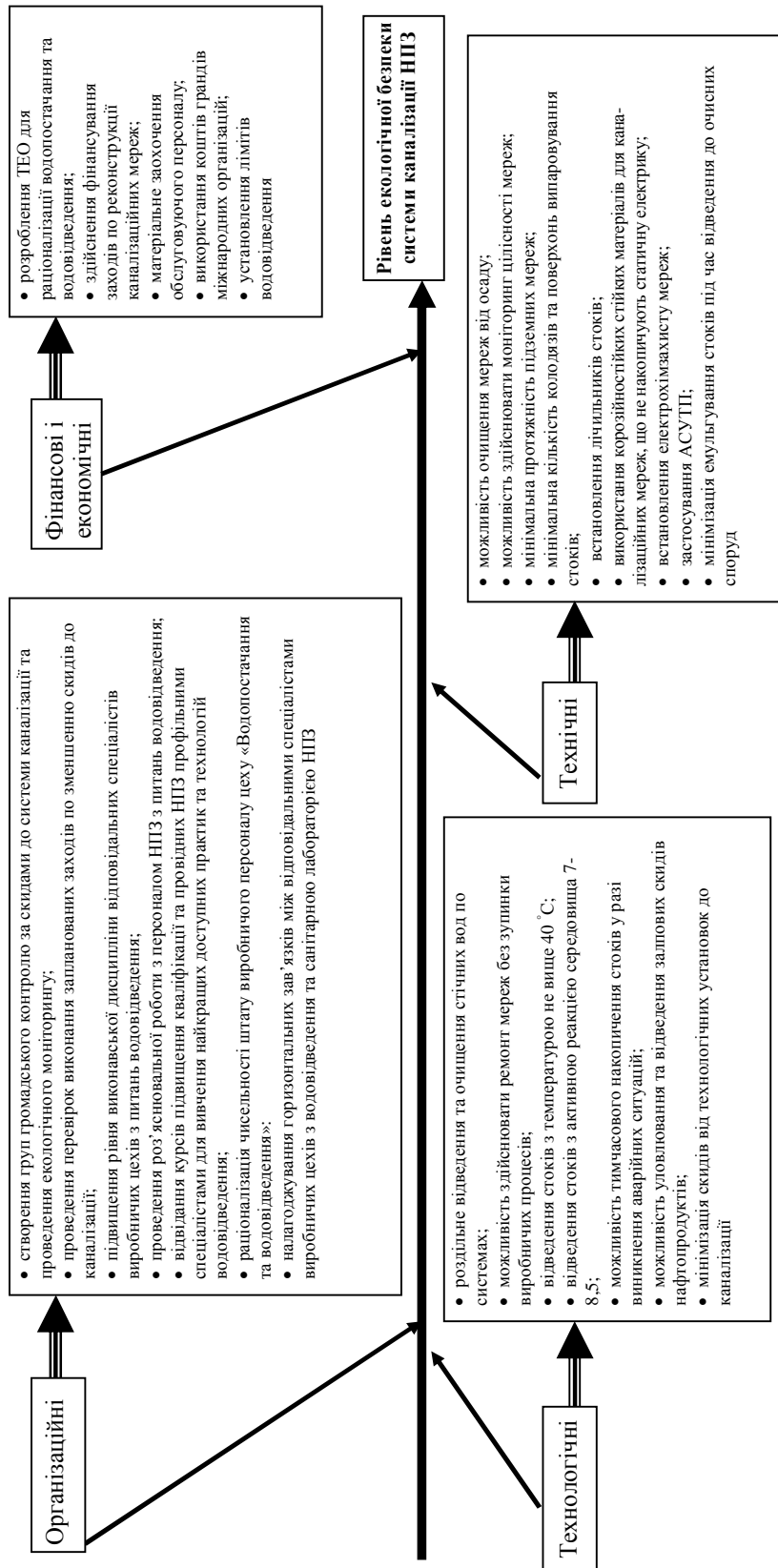


Рис. 1. Причинно-наслідкові взаємозв'язки факторів що впливають на рівень екологічної безпеки системи каналізації НПЗ (діаграма Ісікави)

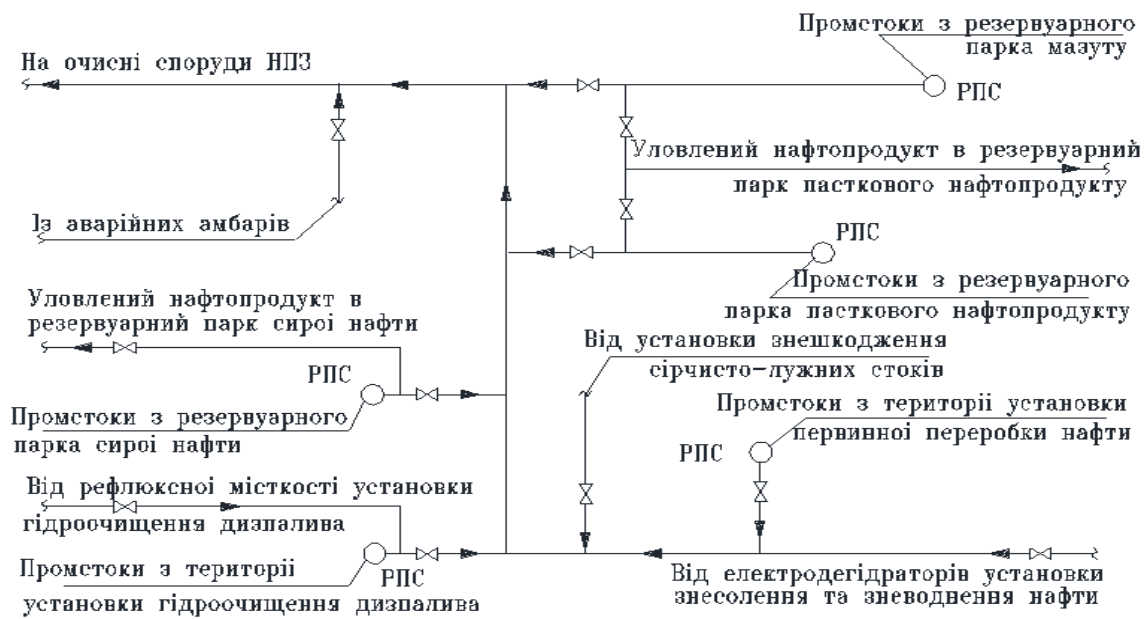


Рис. 2. Схема водовідведення стічних вод другої системи каналізації

У кожному РПС технологічних установок з безперервним режимом роботи встановлюються два насоси у вибухозахищеному виконанні: один робочий та один резервний, що вмикаються автоматично за рівнем води та відкачують стоки на очисні споруди. Для очищення періодичних дренажів підтоварних вод резервуарних парків нафти та світлих нафтопродуктів передбачається їхнє відстоювання у РПС та відведення за допомогою одного встановленого відцентрового насоса. Із РПС відстояні стічні води

спрямовуються у напірну мережу на очисні споруди, а уловлений нафтопродукт за сигналом датчика електропровідності спрямовується в резервуар пасткового нафтопродукту. Для скаламучування осаду в кожному РПС передбачається перфорований трубопровід, прокладений по днищу резервуара та заживлений від напірних насосів РПС. Скаламучування здійснюється періодично відкриванням на 5–10 хв засувки на напірному трубопроводі. Принципова технологічна схема РПС наведена на рис. 3.

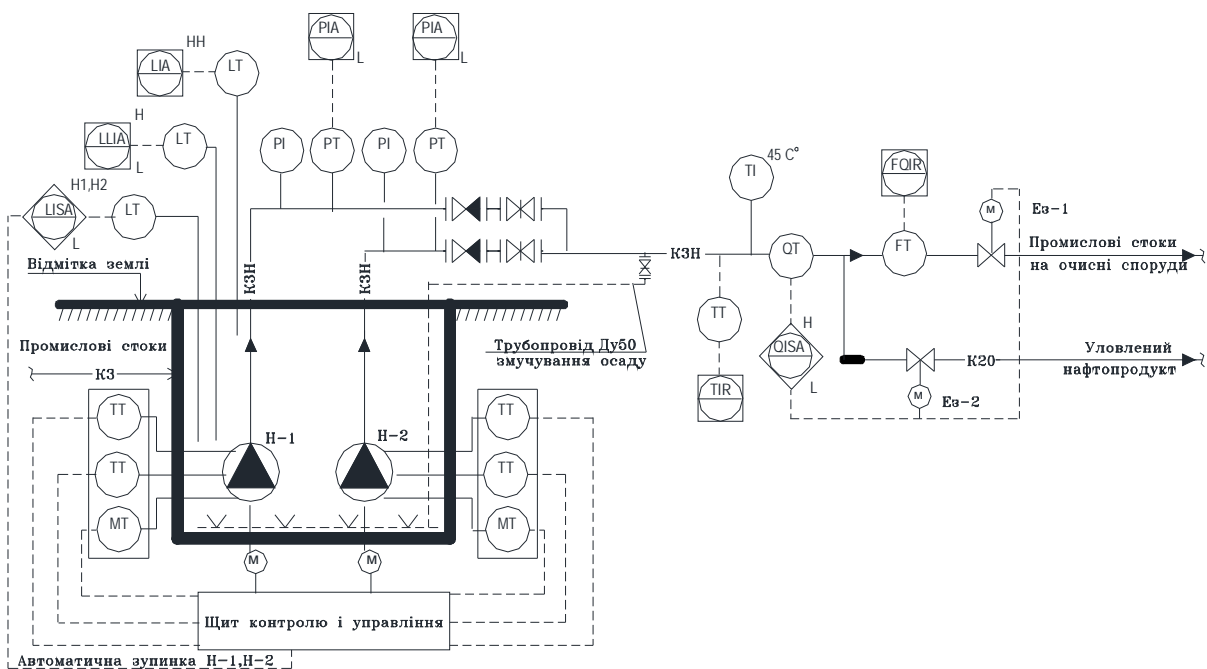


Рис. 3. Принципова технологічна схема і схема КВПіА РПС

– напірні трубопроводи відведення промстоків безпосередньо від напірного обладнання технологічних установок або від РПС до загальнозаводських очисних споруд. Напірні мережі каналізації по території НПЗ прокладають із корозійностійких сталевих або композитних негорючих труб разом з технологічними трубопроводами на естакадах чи низьких опорах.

Для виключення можливості забруднення навколишнього середовища стічними водами передбачаються резервні магістральні лінії з метою своєчасного відключення аварійних ділянок. У разі виникнення аварійних ситуацій стічні води спрямовуються для тимчасового накопичення до аварійних амбарів, загальним об'ємом 15 тис. м³.

Кількість викидів до атмосфери від каналізаційних колодців і РПС визначаються за формулою РД–17–89:

$$p_i^n = F_i \cdot r_i^n \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де p_i^n – кількість викидів, кг/год; F_i – площа поверхні рідини РПС, колодязів, м²; r_i^n – питомі викиди забруднювальних речовин з поверхні РПС, колодязів, кг/ч·м²; K_1, K_2 – коефіцієнти, що враховують ступінь перекриття відкритої поверхні і з боків.

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 2.

Кількісний і якісний склад викидів розраховується згідно з нормативними документами у галузі охорони атмосферного повітря від забруднення і наведений у табл. 3.

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку

Варіанти розрахунку		$F_i, \text{м}^2$	$r_i^n, \text{кг}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$	K_1	K_2
Існуючий стан	колодязі самопливної системи (400 шт.)	320	0,140	0,21	0,7
Проект реконструкції	РПС напірної системи (I система)	67,5	0,104	0,21	0,7
	РПС напірної системи (II система)	15,7	0,140	0,21	0,7
	колодязі I самопливної системи (80 шт.)	64	0,104	0,21	0,7
	колодязі II самопливної системи (20 шт.)	12,8	0,140	0,21	0,7

Таблиця 3

Кількісний і якісний склад викидів

№	Забруднювальна речовина	ГДК _{м.р.} , мг/м ³	Концентрація у парах (I/II системи), %	Клас небезпеки	Викиди забруднювальної речовини, т/рік	
					Існуючий стан	Проектний
1	Дигідросульфід	0,008	0,75/0,88	2	0,43	0,18
2	Олефіни	1,5	5,54/3,84	4	3,20	1,17
3	Бензол	0,3	2,6/1,09	2	1,50	0,51
4	Ксилол	0,2	2,77/0,88	3	1,60	0,53
5	Толуол	0,6	5,57/5,27	3	3,21	1,25
6	Фенол	0,01	0,39/0,06	2	0,22	0,07
7	Парафіни	1,0	82,38/87,98	4	47,53	19,03
Усього:					57,69	22,75

Реалізація запропонованого способу каналізування стічних вод створює необхідну передумову для реконструкції існуючих і будівництва нових очисних споруд НПЗ.

Висновки

Встановлено, що застарілі каналізаційні мережі НПЗ є потужним джерелом забруднення навколишнього природного середовища

та потребують докорінної реконструкції. За допомогою діаграми Ісікави визначені основні причинно-наслідкові фактори, що впливають на рівень екологічної безпеки каналізаційної системи промстоків та розроблена концепція нової раціональної системи каналізування промстоків НПЗ. Реалізація напірного каналізування нафтовмісних стічних вод НПЗ дає змогу:

– різко зменшити скид у каналізацію нафтопродуктів за рахунок організації їхнього збору в РПС під час проведення планових операцій з відведення підтоварних вод з резервуарних парків та технологічних установок НПЗ;

– підвищити рівень протипожежної безпеки каналізаційних мереж промстоків;

– мінімізувати забруднення ґрунтових вод стоками та зменшити викиди забруднювальних речовин в атмосферу за рахунок розділення стоків по системах і їхнього транспортування на очисні споруди по напірній, герметичній системі каналізації;

– створити умови для реконструкції очисних споруд підприємства, що дасть можливість повторно використовувати очищені господарсько-фекальні та промислові стічні води першої системи для підживлення блоків обігового водопостачання;

– проводити глибоке доочищення промислових стічних вод другої системи на

очисних спорудах підприємства перед відведенням до відкритого водоймища.

Література

1. Баннов П. Г. (2006). *Основные методы контроля загрязнения окружающей среды на НПЗ*. Санкт-Петербург: Химиздат.
2. Рудин М. Г. Сомов В. Е., Фомин А. С. (2004). *Карманный справочник нефтепереработчика*. Москва: ЦНИИТЭнефтехим.
3. *Petroleum refining water/wastewater use and management* (2010).
4. Капустин В. М., Рудин М. Г., Кудинов А. М. (2017). *Технология переработки нефти*. Часть 4. Общезаводское хозяйство. Москва: Химия.
5. Волков В. Н., Давтян М. Л., Старченков А. И., Румянцев А. Н. (2005). *Производство промышленных продуктов на основе химической технологии в России и Псковской области*. Псков: ПГПУ.
6. Кузубова Л. И., Морозов С. В. (1992). *Очистка нефтесодержащих сточных вод (аналитический обзор)*. Новосибирск.
7. Вдовенко С. В. (2017). Патент України 119262. Київ: Державне патентне відомство України.