

Секція 4

«Енергозберігаючі технології сучасності»

УДК 628.3:629.33:66.081.6

РЕГЕНЕРАЦІЯ СТІЧНИХ ВОД МИЙНИХ РОЗЧИНІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАРОМЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

А.М. Кудлач, С.С. Душкін

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

debt25kam@stud.khadi.kharkov.ua

Інтенсивний розвиток автотранспортної галузі супроводжується зростанням обсягів утворення стічних вод, що формуються в процесах миття транспортних засобів, деталей та агрегатів. Особливу категорію становлять стічні води мийних розчинів, які характеризуються високим вмістом нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин, завислих частинок та важких металів. Внаслідок складного багатоконпонентного складу такі стоки є стійкими до традиційних методів очищення та потребують застосування більш ефективних технологічних рішень.

Однією з ключових проблем сучасного водокористування на автотранспортних підприємствах є не лише очищення, але й регенерація мийних розчинів з метою їх повторного використання. Це дозволяє суттєво зменшити споживання води, обсяги скидів та екологічне навантаження на водні об'єкти. Однак наявність стабільних емульсій нафтопродуктів і синтетичних поверхнево-активних речовин значно ускладнює реалізацію замкнутих систем водопостачання.

Перспективним напрямом вирішення зазначеної проблеми є застосування баромембранних технологій, які базуються на процесах селективного розділення компонентів рідких систем під дією тиску через напівпроникні мембрани. До таких процесів належать ультрафільтрація, нанофільтрація та зворотний осмос, що забезпечують ефективне видалення як дисперсних, так і розчинених забруднювачів.

Сучасні дослідження підтверджують високу ефективність мембранних технологій при очищенні промислових стічних вод, зокрема нафтовмісних та мийних розчинів, що дозволяє досягати ступеня очищення понад 90–99 % залежно від типу мембрани та режимів експлуатації [1].

Системний підхід до вирішення задачі регенерації стічних вод мийних дільниць АТП на основі баромембранних методів дозволяє не лише очистити стоки до нормативних показників, а й розділити їх на цільові потоки з різним функціональним призначенням. Концептуальну схему такого процесу із визначенням ключових рівнів впливу на довкілля та економіку підприємства наведено на рис. 1.

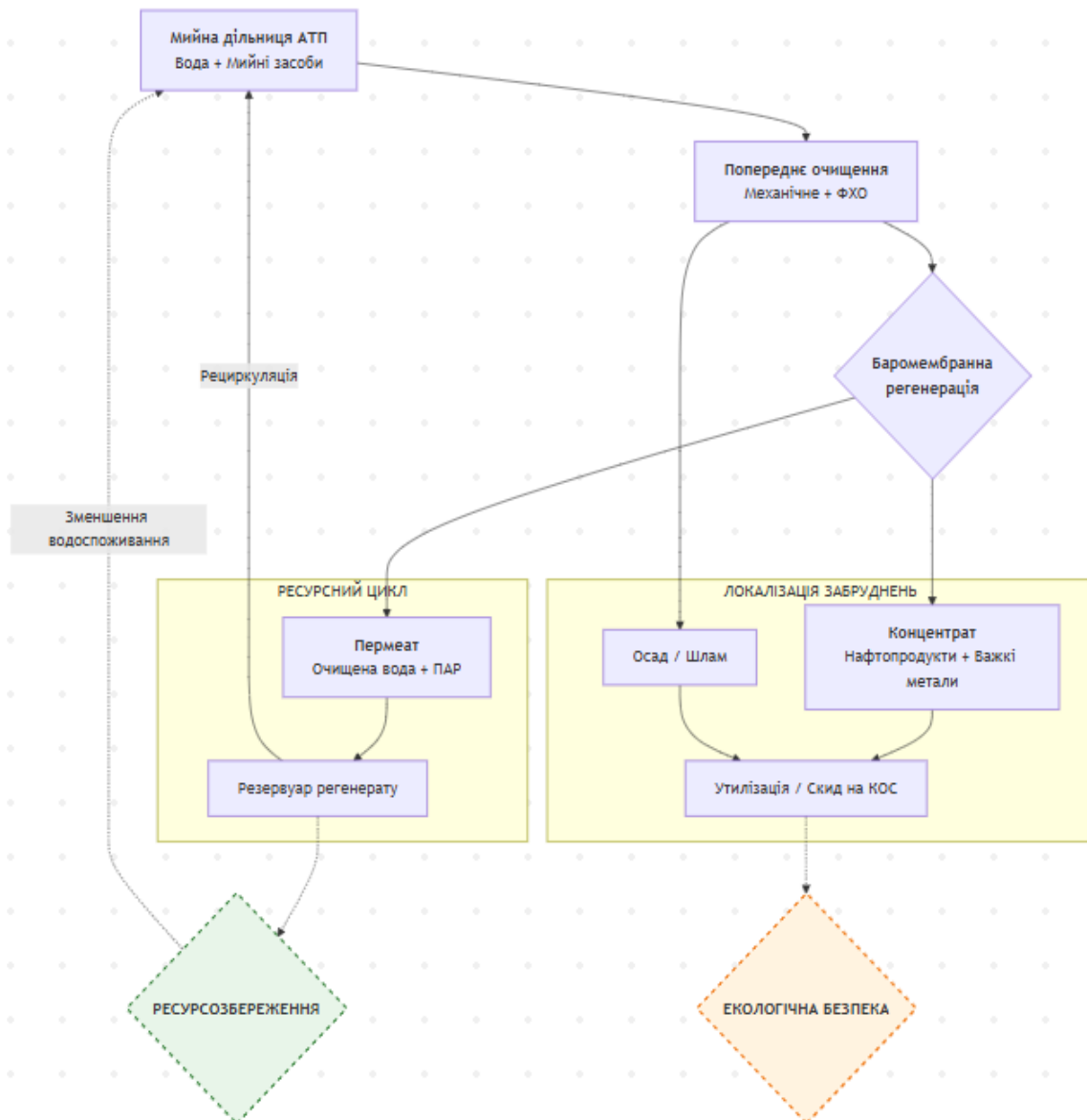


Рис. 1. Концептуальна схема регенерації мийних розчинів АТП із використанням баромембранних технологій для забезпечення ресурсного та екологічного ефектів

Представлена концепція базується на трансформації лінійної схеми очищення у замкнену систему. Ключовим вузлом схеми є блок баромембранної регенерації, який здійснює фазовий поділ попередньо підготовленого розчину на пермеат та концентрат.

Ресурсний цикл реалізується через повернення пермеату, який містить необхідну кількість ПАР при відсутності емульгованих нафтопродуктів, у мийний процес. Це забезпечує суттєве ресурсозбереження за рахунок мінімізації споживання свіжої води та реагентів.

Паралельно з цим, блок локалізації забруднень акумулює небезпечні компоненти (нафтопродукти, важкі метали) у малому об'ємі концентрату та шламу. Це дозволяє контролювано утилізувати відходи, що мінімізує

негативний вплив на природне середовище та гарантує екологічну безпеку діяльності підприємства.

Ефективність баромембранного розділення в контексті регенерації мийних розчинів визначається селективною здатністю мембран щодо різних компонентів техногенного потоку. Основним механізмом тут виступає ситовий ефект (стеричний фактор), доповнений електростатичною взаємодією між поверхнею мембрани та молекулами забруднювачів.

У процесах ультрафільтрації (УФ) забезпечується повне вилучення емульгованих нафтопродуктів та колоїдних частинок, при цьому частина міцелярних ПАР може затримуватися, тоді як мономерні форми ПАР проходять крізь пори мембрани разом із пермеатом. Це дозволяє зберегти мийну здатність розчину при його поверненні у виробничий цикл. Схематично механізм селективного розділення компонентів мийного розчину на напівпроникній мембрані представлено на рис. 2.

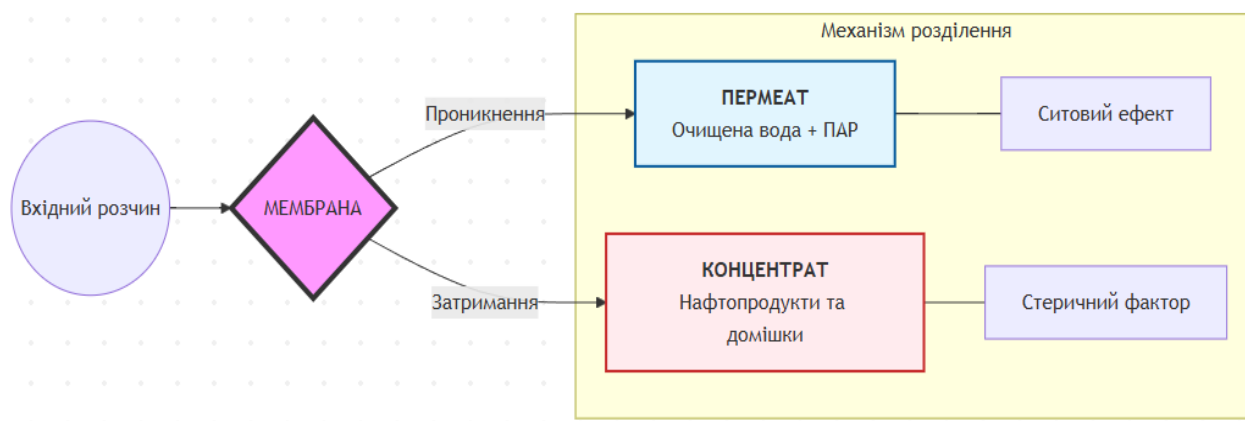


Рис. 2. Механізм розділення

Дослідження показують, що критичним фактором, який обмежує тривалість експлуатації мембран, є формування шару гелю та концентраційна поляризація на їх поверхні. Оптимізація гідродинамічних режимів дозволяє стабілізувати потік пермеату та забезпечити сталість екологічних показників очищеної води [2].

Подальший розвиток баромембранних технологій у сфері очищення стічних вод автотранспортних підприємств пов'язаний із удосконаленням матеріалів мембран, зниженням їх схильності до забруднення та оптимізацією гідродинамічних режимів роботи. Перспективним напрямом є також інтеграція мембранних процесів із традиційними методами очищення в рамках комбінованих технологічних схем.

Таким чином, застосування баромембранних технологій для регенерації мийних розчинів автотранспортних підприємств дозволяє забезпечити ефективне очищення стічних вод, реалізувати замкнуті цикли водокористування та досягти значного екологічного й економічного ефекту.

Література

1. Ezugbe E. O., Rathilal S. Membrane technologies in wastewater treatment: A review // *Membranes*. – 2020. – Vol. 10(5). – 89. DOI: <https://doi.org/10.3390/membranes10050089>
2. Padaki M., Surya Murali R., Abdullah M. S., Misdan N., Moslehyani A., Kassim M. A., Hilal N., Ismail A. F. Membrane technology enhancement in oil–water separation. A review // *Desalination*. – 2015. – Vol. 357. – P. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.11.023>

УДК 629.064

ІНТЕГРАЦІЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ У ЗАРЯДНУ ІНФРАСТРУКТУРУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ПАРКУВАЛЬНИХ МАЙДАНЧИКАХ

А.В. Гнатов, К.Є. Чаплигін,

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
kalifus76@gmail.com*

Вступ

Стрімке зростання кількості електромобілів у світі формує потребу не лише у розширенні зарядної інфраструктури, а й у підвищенні її енергетичної ефективності та екологічності. За даними IEA, у 2024 році світові продажі електромобілів перевищили 17 млн, а у 2025 році очікувалося перевищення 20 млн, тобто понад чверть усіх проданих автомобілів у світі. Це означає, що навантаження на електричні мережі з боку зарядних станцій буде постійно зростати, особливо у містах та на об'єктах із концентрованим попитом на заряджання [1].

Одним із найбільш перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є інтеграція фотоелектричних систем у зарядну інфраструктуру електромобілів, зокрема на паркувальних майданчиках. Саме паркінги мають значний потенціал для розміщення сонячних навісів або дахових PV-систем, що дозволяє поєднати функції паркування, локального виробництва електроенергії та заряджання транспортних засобів. Європейська Комісія окремо наголошує, що автомобілі простоюють у середньому близько 23 годин на добу, а до 60–85% усіх заряджань до 2030 року очікувано відбуватиметься на приватних або напівприватних точках заряджання, зокрема біля будівель і на робочих місцях. Це робить паркувальні майданчики ключовими вузлами майбутньої енергомобільної інфраструктури [2]

Інтеграція PV-систем у зарядні комплекси на паркінгах має низку переваг: зменшення пікового навантаження на мережу, підвищення частки локального споживання відновлюваної енергії, зниження експлуатаційних

витрат, скорочення викидів CO₂ та підвищення енергетичної автономності об'єкта. Водночас така інтеграція супроводжується технічними й організаційними викликами: невідповідністю між профілем сонячної генерації та попитом на заряджання, необхідністю оптимального вибору потужності PV-системи і зарядного обладнання, потребою у системах накопичення енергії та алгоритмах керування зарядкою. Сучасні дослідження прямо показують, що без інтелектуального керування навіть високий потенціал сонячної генерації не гарантує ефективного покриття навантаження електромобілів [3].

Отже, тема інтеграції фотоелектричних систем у зарядну інфраструктуру електромобілів на паркувальних майданчиках є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору. Вона лежить на перетині електротранспорту, розподіленої генерації, енергоменеджменту та міської інфраструктури й відповідає сучасним вимогам декарбонізації транспорту та розвитку енергоефективних технологій [4].

Огляд літератури

У науковій літературі останніх років сформувалося кілька основних напрямів досліджень, пов'язаних з фотоелектричною підтримкою зарядної інфраструктури електромобілів.

Перший напрям охоплює оглядові та концептуальні праці, у яких розглядаються загальні переваги й обмеження поєднання PV-систем, електромобілів і систем накопичення енергії. У роботі [5] проаналізовано концепцію сонячних паркінгів як інтегрованої платформи для заряджання EV, локального виробництва електроенергії та резервної підтримки навантаження. Новіші огляди 2024–2025 років також підтверджують, що PV-powered EV charging stations розглядаються як один із ключових інструментів декарбонізації транспорту, але їхня ефективність суттєво залежить від режиму експлуатації, архітектури системи та методів керування енергопотоками.

Другий напрям стосується техніко-економічного аналізу та оцінки потенціалу сонячних паркінгів. У таких дослідженнях оцінюється, наскільки площа паркувального майданчика, конфігурація навісів, встановлена потужність PV та профілі заряджання дозволяють покривати потреби електромобілів. Дослідження для великих роздрібних парковок показали суттєвий потенціал сонячних навісів для забезпечення локального заряджання EV. Більш нові прикладні роботи також демонструють, що за сприятливих умов сонячна генерація може покривати значну частку попиту на заряджання, але результат критично залежить від часової синхронізації між прибуттям автомобілів, тривалістю стоянки та профілем інсоляції[6]

Третій напрям пов'язаний із оптимальним проектуванням і розмірністю систем. У таких роботах вирішуються задачі вибору потужності фотоелектричної установки, кількості й типу зарядних точок, ємності