

СТАЛИЙ РОЗВИТОК РЕГІОНІВ

- врахування всіх функцій зелених рослин;
- врахування особливих вимог до простору, який озеленюється (наприклад, приміщення з ЕОМ, з неприємними запахами, з шумовими забрудненнями, чи інші);
- дизайнерські рішення.

Метод для розроблення комплексної моделі озеленення базується на платформі для «Еко-Дизайн Рішень», своєрідної експертної системи щодо екологізації просторів як інтер- так і екстер'єрів. Платформа включає всі екологічні показники та нормативи для різних архітектурно-будівельних форм, приміщень різного роду використання, та враховує сучасні принципи еко-планування.

Такий інструмент, за умови простого та зручного інтерфейсу, повноти інформаційної бази та принципу надлишкової інформативності, є трендом у своїй галузі використання. Перевагами поєднання цієї системи зі спільнотою «Цифрового Прототипування iXTF», зорганізується «Еко-Дизайн Портал» з швидким виконанням замовлень по відтворенню 2d та 3d креслень проектів та їх подальшою візуалізацією.

Створення комплексної моделі озеленення територій має безперечні переваги.

1. Єдиний системний підхід до озеленення територій будь-якого рівня ієрархії, функціонального призначення, форми власності тощо.
2. Науковий підхід до просторової організації зеленої зони із використанням всіх напрямів сучасного озеленення (вертикальне, дахове чи інші форми).
3. Проведення розрахунку всіх просторових особливостей, вибору конкретних рослин для озеленення; розроблення планувальних рішень щодо їх розмірів, необхідної площі, розміщення.

Тож, система наскрізного просторово визначеного озеленення зорганізується на пріоритетах функціональності та ефективності зелених рослин.

УДК 628.16:658.512:681.5

ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛИХ СХЕМ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА: ДОСВІД МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА

Поплевські Г.*, Шахновський А.М., Джигирей І.М., Квітка О.О., Бохенек Р.*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ СХЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА: ОПЫТ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Поплевски Г.*, Шахновский А.М., Джигирей И.Н., Квитка А.А., Бохенек Р.*

DESIGN OF SUSTAINABLE WATER NETWORKS: THE PRACTICE OF OF INTERNATIONAL COOPERATION

Poplewski G.*, Shakhnovsky A., Dzigirey I., Kvitka O., Bochenek R.*

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», kxtp@kpi.ua

***Rzeszów University of Technology,**

Department of Chemical and Process Engineering, Poland

ichrb@prz.edu.pl

Статтю присвячено деяким аспектам міжнародного співробітництва в галузі проектування сталих промислових технологічних систем між науковцями кафедри

кібернетики хіміко-технологічних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» і кафедри хімічної інженерії Жешувського технологічного університету. Представлений досвід спільної роботи з оптимального проектування схем очищення стічних вод і схем водоспоживання.

Статья посвящена некоторым аспектам международного сотрудничества в области проектирования устойчивых промышленных технологических систем между учеными кафедры кибернетики химико-технологических процессов Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» и кафедры химической инженерии Жешувского технологического университета. Представлен опыт совместной работы с оптимального проектирования схем очистки сточных вод и схем водопотребления.

The article reveals some aspects of international cooperation in the field sustainable industrial networks design between scientists of Department of Cybernetics of chemical and technological processes of the National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute" and Department of Chemical and Process Engineering (Rzeszów University of Technology). The practice of collaborative work on optimal design of wastewater treatment networks and water usage networks, and of scientific meetings organization was presented.

Вступ

Актуальна задача проектування оптимальних схем водного господарства під час проектування і, особливо реконструкції вітчизняних промислових підприємств, зменшення обсягів водоспоживання, зменшення обсягів утворення стічних вод відповідним технологічним процесом у хімічній промисловості та споріднених галузях лежить у руслі парадигми сталого розвитку. Виконання вказаних цілей, незважаючи на своє екологічне, економічне та соціальне значення, є достатньо складним як на етапі розробки, так і в процесі впровадження.

Метою даної публікації є представлення деяких аспектів співпраці в галузі проектування сталих промислових технологічних систем між науковцями кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» і кафедри хімічної інженерії Жешувського технологічного університету з метою об'єднання інтелектуальних та матеріальних ресурсів для вирішення вказаної задачі.

Істотне скорочення витрати свіжої води і обсягу утворення стічних вод шляхом повторного використання води з частковим її очищенням

Подальше зниження вартості очищення стоків може бути досягнуте раціональним розділенням потоків стічних вод. Щоб досягти істотного прогресу проектуванні схем у згаданих випадках, необхідно знайти оптимальні витрати потоків і їх склад у системі, що складається з водоспоживачів (процесів, що споживають свіжу воду), та процесів часткового або повного очищення забрудненої води – схеми водного господарства (СВГ) промислового підприємства. Зауважимо, що пошук оптимального рішення також має на меті визначення топології системи. Процес оптимального проектування СВГ є достатньо складним і тому зазвичай поділяється на дві частини – проектування схеми водоспоживання (СВС), що включає процеси-водоспоживачі, та проектування схеми водоочищення (СВО). Ученими з Національного технічного університету України «КПІ» та Жешувського технологічного університету у тісному співробітництві було досліджено обидві із

згаданих підзадач проектування СВГ. Підходи, застосовувані до обох мають системний характер і базуються на формулюванні і вирішенні задач структурної оптимізації. Зупинимося коротко на деяких найбільш важливих результатах вищезгаданої наукової співпраці.

Оптимізація схем водоспоживання

У межах цього короткого повідомлення зосередимося на спрощеному варіанті СВС – схемі з багатократним використанням без часткового очищення потоків води. Оскільки така схема не містить процесів очищення, то належне скорочення обсягів споживання свіжої води може бути досягнуте тільки шляхом повторного використання частково забрудненої води. В даному випадку мова йде про змішування у певній пропорції потоків відпрацьованої води з виходу водоспоживачів, із свіжою водою. Утворені змішані потоки спрямовуються на вхід водоспоживачів. Проблема проектування СВС може бути коротко сформульована таким чином. Існує P процесів-водоспоживачів. У кожному з цих процесів у воду потрапляють певні забруднюючі домішки. Для кожної з домішок у кожному з процесів задано максимально припустиму концентрацію на вході водоспоживача; кількість забруднювача, що переходить у воду за одиницю часу; концентрацію забруднювача на виході водоспоживача. У такій постановці процеси, що споживають воду, розглядаються як прості протиточні масообмінні апарати. Задано також множину джерела свіжої води з визначеними значеннями концентрацій забруднювачів. Завдання – спроектувати СВС, що відповідає оптимальному значенню певного критерію якості. Зазвичай як функція мети використовується сумарний обсяг споживання свіжої води, проте свою ефективність показало використання більш складних цільових функцій, що враховують взаємний вплив потоків у СВС. Метою розрахунків є отримання оптимальної у термінах обраного критерію СВС, що одночасно відповідає всім заданим технологічним обмеженням (забезпечення належного ступеню чистоти води на вході водоспоживачів).

Як вже згадувалося вище, у представлених дослідженнях було застосовано засновані на оптимізації методи. У основу розрахунків було покладено концепцію оптимізації узагальненої схеми (надструктури). Така концепція передбачає побудову на першому етапі узагальненої схеми водоспоживання, яка містить всі можливі варіанти перерозподілу потоків у даній схемі водоспоживання. Потім на основі узагальненої схеми формулюються математична задача оптимізації. Нарешті, із застосуванням певних числових методів згадана задача оптимізації вирішується, даючи шукані параметри оптимальної СВС. Головна складність такого підходу – у вигляді застосовуваної задачі оптимізації. Математична задача оптимізації для синтезу оптимальної структури СВС є в загальному випадку нелінійною, і містить у ряді випадків дискретні змінні – маємо задачу частково-цілочисельного нелінійного програмування (ЗЧЦНЛП, MINLPP). При розв'язанні ЗЧЦНЛП неминучі значні обчислювальні труднощі. У представленій формі, для СВС середнього та великого масштабу (більше 10 апаратів-водоспоживачів) оптимальне рішення є практично недосяжним, навіть у випадку застосування потужних комерційних програм-оптимізаторів. Авторами було успішно застосовано на практиці два шляхи вирішення описаної вище проблеми «прокляття розмірності». Було досліджено можливість застосування 1) мета-евристичних/стохастичних підходів до вирішення задач оптимізації; 2) детермінованих алгоритмів у поєднанні з модифікацією вихідного математичного формулювання. Результати спільних досліджень у вказаних напрямках

були представлені в багатьох журналах наукових форумів, наприклад в [1-4]. Зокрема, у [3] було запропоновано модель на основі задач лінійного програмування для обчислення максимально досяжного скорочення обсягу водоспоживання. Така модель знаходить застосування на етапі попереднього дослідження СВС, що піддаються модернізації. Такий підхід є більш загальним порівняно із пропонуваними іншими дослідниками. Розвитку системного підходу до проектування оптимальної СВС присвячено, зокрема, роботи [1-4]. Тут було запропоновано модель на основі задачі нелінійного програмування. Описана модель є модифікацією вищезгаданої надструктурної моделі загального вигляду. У роботах обґрунтовуються внесені у загальну модель спрощення, які гарантують досягнення оптимальних рішень при проектуванні СВС середньої розмірності із використанням наявних стандартних детермінованих числових методів. Описаний підхід враховує також витрати на трубопроводи при перебудові структури потоків.

Значну увагу в спільних дослідженнях було приділено особливостям промислового впровадження розрахованих оптимальних схем. Досліджено, зокрема, методи аналізу вихідних даних для розрахунку в умовах невизначеності. Обґрунтовано також ефективну методологію оптимізації СВС, що мають у складі процесів не-масообмінного характеру [5]. Такі СВС характерні для так званих «екологічних парків» і великих непромислових об'єктів (наприклад, готелів).

Оптимізація схем водоочищення

На додаток до скорочення обсягу стічних вод, що утворюються схемою водоспоживання, зменшення вартості очищення води може бути досягнуте за рахунок оптимального структури системи водоочищення. Ключовим моментом для скорочення вартості експлуатації очисних споруд є застосування розподілених систем очищення стічних вод. Основою структурної оптимізації СВО є поділ або поєднання окремих потоків стічних вод в системах очищення. Інвестиційна вартість і операційні витрати для очисних споруд залежать від належного вибору структури СВО і параметрів потоків стічних вод, що очищуються в різних процесах. У розподіленому очищенні стічних вод потоки або очищуються окремо, або тільки частково змішуються, що скорочує обсяги опрацьовуваних потоків у порівнянні з централізованими СВО. Це, у свою чергу, скорочує загальні експлуатаційні витрати, оскільки вони для більшості очисних процесів пропорційні величині витрати стічних вод.

У результаті співпраці було запропоновано ефективний і добре керований проектувальником системний підхід до проектування оптимальних СВО. Проектна процедура є послідовною і застосовує евристичні методи у поєднанні із математичним програмуванням. На першому етапі для створення початкової структури СВО використовується інструментарій водного пінч-аналізу. Наступним кроком є створення узагальненої схеми СВО і задачі математичного програмування на її основі з коефіцієнтами розділення у якості факторів оптимізації. Доведено, що рішення, отримане на етапі пінч-аналізу, є добрим початковим значенням для вирішення згаданої математичної задачі числовими методами нелінійного програмування. Такий підхід дає змогу використовувати для розрахунків навіть найпростіші методи нелінійної оптимізації. Як і у випадку вищеописаного проектування СВС, запропонована процедура оптимізації може використовуватися як для синтезу нових СВО, так і для модифікації вже існуючих схем водоочищення. Основні ідеї пропонуваної процедури, а також результати розрахунків для типових

літературних прикладів представлено у спільних публікаціях. Описана методологія продовжує розвиватися. Так, розглядається можливість підвищення точності розрахунку шляхом використання більш точних моделей процесів очищення; було враховано витрати на транспортування потоків стічних вод, тощо. Спільні роботи представляють результати впровадження модифікованої процедури для промислових СВО.

Інші дослідження

Співпраця між науковцями НТУУ «КПІ» та ЖТУ не обмежувалася дослідженнями щодо оптимізації СВГ. Слід згадати також опубліковані результати спільних досліджень щодо синтезу оптимальних схем тепло- та масообміну, у галузі «більш чистого виробництва» та екологічних аспектів сталого розвитку промислових підприємств. Було виконано спільні дослідження у галузі інструментарію і методології автоматизованого проектування технологічних процесів, у галузі математичних методів оптимізації (зокрема, широко застосовуваного дослідниками ЖТУ адаптивного випадкового пошуку оптимуму). У грудні 2014 року у рамках співробітництва та на кошти Проекту ЄС «Розширення і поглиблення можливостей в сфері освіти і підвищення якості освіти на факультеті хімії Жешувського Університету» А.М. Шахновським було прочитано курс лекцій «Сталий розвиток та сталі промислові водні мережі» для студентів, докторантів та професорсько-викладацького складу Хімічного факультету ЖТУ [6].

Висновки

Підсумовуючи, можна твердити, що на шляху наукової співпраці між науковцями Національного технічного університету України «КПІ» та Жешувського технологічного університету досягнуто істотних успіхів. Планується подальша плідна співпраця між науковими колективами у важливих областях хімічної технології та інженерії.

Література

1. *Shakhnovsky A.M., Jeżowski J., Kvitka A., Jeżowska A., Statiukha G.* Investigations on optimisation of water networks with the use of mathematical programming // *Chemical and Process Engineering*.-2004.-No 3/3.-С. 1607-1612.
2. *Shakhnovsky A.* A model for sustainable water usage networks design [Text] / *A. Shakhnovsky, A. Kvitka, G. Poplewski, I. Dzhygyrey.*– *Water Harmony Project: Water Research Technology.* – Norway. – 2015. pp.23-31.
3. *Kvitka A.* Regeneration-Recycle Industrial Water Usage Networks / *Alexander Kvitka, Arcady Shakhnovsky, Iryna Dzhygyrey* // *Abstracts of 41st International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering SSCHE-2014, May 26-30, 2014.* – pp. A920.
4. *Jeżowska A.* Minimalizacja zużycia wody w sieciach wody procesowej [Text] / *Alina Jeżowska, Arcady Shakhnovsky, Aleksander Kvitka, Grzegorz Poplewski, Iryna Dzhygyrey* // *Pure water. Fundamental, applied and industrial aspects (8-11 October 2014, Kyiv): proceedings of the II International Scientific and Technical Conference.*– K.:NTUU «KPI», 2014.– pp.23-26.
5. *Shakhnovsky A.* On preliminary analysis of industrial water systems [Text] / *Arcady Shakhnovsky, Grzegorz Poplewsk, Aleksander Kvitka, Roman Bochenek* // *Pure*

water. Fundamental, applied and industrial aspects (28-30 October 2015, Kyiv): proceedings of the III International Scientific and Technical Conference.– K.:NTUU.

6. *Wykłady dr Arkadiya Shakhnovskyy'ego* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://inzynieria.prz.edu.pl/aktualnosci/art28,wyklady-dr-arkadiya-shakhnovskyyego.html>.

УДК 622.765:546.571

ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЗІ СТИЧНИХ ВОД

Обушенко Т. І., Толстопалова Н.М., Токарська Ю. В., Ващук О.О.

УДАЛЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Обушенко Т.И., Толстопалова Н.М., Токарская Ю.В., Ващук О.А.

REMOVAL OF HEAVY METAL IONS FROM WASTEWATERS

Obushenko T., Tolstopalova N., Tokarska Y., Vashchuk O.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна,
tio63@mail.ru

Досліджено процес флотоекстракції іонів важких металів, вибір екстрагенту, збирача та їх кількостей, визначення закономірностей видалення металів в залежності від: органічного розчинника, збирача, рН, молярного співвідношення Ме:ПАР, об'єму органічної фази. Встановлено умови процесу очищення стічних вод від важких металів.

Ключові слова: флотоекстракція, поверхнево-активні речовини, важкі метали, стічні води

Исследован процесс флотоекстракции ионов тяжелых металлов, выбор экстрагента, собирателя и их количеств, определение закономерностей удаления металлов в зависимости от: органического растворителя, собирателя, рН, молярного соотношения Ме:ПАВ, объема органической фазы. Установлены условия процесса очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Ключевые слова: флотоекстракция, поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы, сточные воды

Purpose of study - to develop solvent sublation wastewater treatment technology for removing heavy metal; choosing the leach, collector; defining their quantities, investigation the process dependency from рН, molar ratio between metal and surfactant, the volume of organic phase. Conditions for the process of wastewater solvent sublation treatment from heavy metals has been established.

Keywords: solvent sublation, sufraktant, heavy metals, wastewaters