

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П. О. КАПУСТЕНКО, В. Є. ВЕДЬ, С. І. БУХКАЛО, О. П. АРСЕНЬЄВА

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ХІМІЧНОЇ І ХАРЧОВОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

У статті наведено інформацію про XVIII міжнародну науково-практичну конференцію Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018», Україна, в листопаді 2018 року, яка проведена за ініціативою представників Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE) і Української асоціації хімічної та харчової інженерії (CFE-UA) та присвячена 85 річниці з дня утворення кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів (ІТПА) НТУ «ХПІ». Надана унікальна можливість для компаній, організацій, викладачів, науковців, членів EFCE та CFE-UA внести свій вклад в розвиток і рішення сучасних і прогресивних наукових та технічних питань, пов'язаних з хімічною та харчовою технологіями, а також хімічним машинобудуванням, з метою вирішення глобальних завдань сьогодення. Представлено матеріали інноваційних розробок кафедри (ІТПА) НТУ «ХПІ» у вигляді унікального пакету інтерактивного математичного забезпечення, який дозволяє проектувати технологічні схеми складних теплообмінних систем зі споживанням енергії, що близька до термодинамічно-обґрунтованого мінімуму.

Ключові слова: Європейська федерація хімічної інженерії EFCE, Українська асоціація хімічної і харчової інженерії CFE –UA, науково-обґрунтовані інноваційні рішення глобальних задач.

Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П. А. КАПУСТЕНКО, В. Е. ВЕДЬ, С. И. БУХКАЛО, О. П. АРСЕНЬЕВА ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ

В статье приведена информация о XVIII международной научно-практической конференции Интегрированные технологии и энергосбережение «ИТЭ-2018», Украина, в ноябре 2018, которая проведена по инициативе представителей Европейской федерации химической инженерии (EFCE) и Украинской ассоциации химической и пищевой инженерии (CFE-UA) и посвящена 85 годовщине со дня образования кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов (ИТПА) НТУ «ХПИ». Предоставлена уникальная возможность для компаний, организаций, преподавателей, научных сотрудников, членов EFCE и CFE-UA внести свой вклад в развитие и решение современных и прогрессивных научных и технических вопросов, связанных с химической и пищевой технологии, а также химическим машиностроением, с целью решения глобальных задач современности. Представлены материалы инновационных разработок кафедры (ИТПА) НТУ «ХПИ» в виде уникального пакета интерактивного математического обеспечения, который позволяет проектировать технологические схемы сложных теплообменных систем с потреблением энергии, близкой к термодинамически обоснованному минимуму.

Ключевые слова: Европейская федерация химической инженерии EFCE, Украинская ассоциация химической и пищевой инженерии CFE-UA, современные научно-обоснованные инновационные решения глобальных задач.

L. L. TOVAZHNYANSKYI, P. O. KAPUSTENKO, V. E. VED, S. I. BUKHKALO, O. P. ARSENYEVA INNOVATIVE DIRECTIONS OF CHEMICAL AND FOOD ENGINEERING DEVELOPMENT

The materials are presented to inform about the XVIII International Scientific and Practical Conference Integrated Technologies and Energy Saving "ITE-2018", Ukraine, in November 2018, which was initiated by representatives of the European Federation of Chemical Engineering (EFCE) and the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA) and is dedicated to the 85th anniversary of the establishment of the department of integrated technologies, processes and devices (ITPA) NTU «KhPI». A unique opportunity is provided for companies, organizations, teachers, researchers, members of EFCE and CFE-UA to contribute to the development and solution of modern and progressive scientific and technical issues related to chemical and food technology, as well as chemical engineering, in order to solve global tasks of modernity. The materials of the innovative developments of the department (ITPA) NTU «KhPI» are presented in the form of a unique interactive software package that allows you to design flow diagrams of complex heat exchange systems with energy consumption close to the thermodynamically reasonable minimum. The use of the developed methods also makes it possible to estimate the energy-saving potential and the potential to reduce harmful emissions not only from enterprises, but also from large industrial complexes.

Keywords: the European Federation of Chemical Engineering EFCE, the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering CFE-UA, progress science-based innovative solutions to global challenges.

Вступ. В Україні у м. Харків 26–28 листопада 2018 року проведена XVIII міжнародна науково-практична конференція Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018» на базі НТУ «ХПІ» (кафедра Інтегрованих технологій, процесів та апаратів), засновники конференції Національний технічний університет «ХПІ»; Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE-UA); Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL) NETME Centre; Faculty of Mechanical Engineering Brno University of Technology – VUT Brno, Czech Republik; АТ «Співдружність – Т». Українська асоціація хімічної і харчової інженерії являється структурно складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE). Українська асоціація хімічної і харчової інженерії сприяє співробітництву з EFCE між некомерційними професійними науково-технічними товариствами для загального розвитку хімічної та

харчової промисловості і як засіб сприяння розвитку хімічної та харчової технології, що планується у наступних заходах для членів асоціації: 1) укріпити представництво України в робочих групах EFCE делегатами від асоціації за означеними напрямками; 2) клопотанні керівництва Української асоціації хімічної і харчової інженерії до EFCE щодо безкоштовної публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах; 3) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків; 4) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної

© Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О.,

Ведь В.Є., Бухкало С.І., Арсеньєва О.П., 2018.

методологічної і консультаційної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів; 5) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик; 6) розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзу та інших країн, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

Основною метою діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» є вирішення питань розвитку хімічної та харчової промисловості та співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії, участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок, екскурсійних відвідувань наукових цінностей членів Організації. Відповідними напрямками діяльності Організації є: вирішення питань з розвитку хімічної та харчової промисловості; вирішення питань співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії; участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій; обмін науковими досягненнями; сприяння становленню творчих ініціатив, спрямованих на поліпшення структур освіти; надання освітніх, інформаційних, посередницьких та інших послуг населенню, підприємствам і організаціям; здійснення соціальної рекламної, видавничої та іншої інформаційної діяльності в Україні та за її межами; здійснення інших видів діяльності, пов'язаних з досягненням статутних цілей, які не заборонені чинним законодавством. розповсюдження інформації про діяльність Організації та ін.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Постійне прагнення викладачів вищих навчальних закладів (ВНЗ) та науковців України до удосконалення професійної підготовки майбутніх фахівців у галузях хімічної та харчової промисловості спонукає до пошуків нових сучасних методів викладання дисциплін, впровадження інноваційних технологій на усіх стадіях навчання [1–21]. Необхідним також є формування позиції суспільства й держави по зниженню техногенного навантаження на навколишнє середовище.

До розгляду на XVIII міжнародну науково-практичну конференцію Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018» були запропоновані пленарні доповіді з ключових питань інноваційного розвитку хімічної та харчової технології:

- 1) проф. Клемеш Й.Я., Варбанов П.С., Арсеньєва О.П. Енергетична ефективність. Інтеграція процесів та охорона навколишнього середовища;
- 2) проф. Товажнянський Л.Л. Математичне моделювання та експериментальні дослідження каталітичних процесів в інженерії виробництва аміаку;

3) проф. Нікольський В.Є., Олейник О.Ю., Лободенко А.В. Енергоефективні уніфіковані теплові апарати для енерготехнологічних виробництв;

4) доц. Бендюг В.І., Комариста Б. М. Життєвий цикл продукту та оцінювання енергетичних витрат;

5) проф. Капустенко П.О. Українська Асоціація Хімічної та Харчової Інженерії та участь в роботі Європейської Федерації Хімічної Інженерії;

6) проф. Атаманюк В.М., Симак Д.М., Склабінський В.І., Атаманюк В.М. Гідродинаміка і тепло-масоперенесення в системі тверде тіло-газ.

7) проф. Гумницький Я.М., Сабадаш В.В. Термодинаміка, статика і кінетика адсорбції на природних сорбентах.

8) проф. Сахненко М.Д., Поспелов О.П., Камарчук Г.В., Гудименко В.О., Ведь М.В., Єрмоленко І.Ю., Сачанова Ю.І. Тернарний сплав Co–M–W як чутливий матеріал наноструктурного газового сенсора;

9) проф. Арсеньєва О.П. Сучасні конструкції теплообмінних апаратів з листового металу. Програма фонду Олександра фон Гумбольдта, Німеччина.

10) проф. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О., Перевертайленко О.Ю., Бухкало С.І., Арсеньєва О.П. Аналіз теплообмінних систем абсорбційних установок очистки синтез-газу газифікаційних агрегатів великої одиничної продуктивності

Згідно з науковими напрямками розвитку кафедри ІТПА НТУ «ХПІ» працювали секції відповідно з програмою XVIII міжнародної науково-практичної конференції Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018»: секція 1 – Енергетика теплотехнології та енергозбереження; секція 2 – Інтегровані технології промисловості.

У ході дискусії обговорені також важливі питання пов'язані з інноваційним розвитком харчової та хімічної інженерії:

1) Відновлювані та нетрадиційні джерела енергії: видобуток, застосування, екологічні проблеми.

2) Інноваційні природоохоронні технології. Технології підвищення ефективності використання матеріалів, води та енергії.

3) Формування освіти та виховання для збалансованого природокористування та сталого розвитку: зміст, методи і засоби освіти, роль громадських екологічних організацій.

4) Теоретичні та прикладні аспекти сталого розвитку та ін.

Так, наприклад, у запропонованому матеріалі пленарного доповіді проф. Клемеш Й.Я. представлений огляд основних висновків отриманих останнім часом [1–3] за результатами досліджень в різних областях, включаючи: більш ефективне використання енергії; застосування більш чистого і біологічного палива; впровадження екологічно чистих виробництв; уловлювання двооксиду вуглецю;

оптимізація і раціональне використання води і відходів; мінімізація шкідливих викидів в промислових технологічних процесах; самозабезпечення регіонів і інтеграція промислових підприємств для оптимального використання енергії відпрацьованого тепла і відходів виробництва. В якості прикладу розгляду складної системи наводиться тематичне дослідження із застосуванням удосконаленої методології Інтеграції процесів. Дана методологія з'явилася з розвитком основного методу інтеграції теплових процесів, що дозволяє мінімізувати споживання теплової енергії, і отримала розвиток в наступних методах: аналіз виробничого комплексу, локально інтегрованих енергетичних систем і проектування самодостатніх регіонів. Щоб розглянути таке складне завдання як задача інтеграції води, водню і енергії, а також їх комбінацій, разом з викидами парникових газів, інтеграцією з поновлюваними джерелами енергії, біопаливом, мереж подачі і скидів стічних вод, інвестицій, інвестицій в нерухомість і матеріальні ресурси необхідним є використання методології комплексного вирішення проблеми. Існує багато різних нових методологій оцінки стійкості. Серед них методологія визначення екологічних слідів негативного впливу займає особливу увагу. Облік слідів парникових газів (які включають не тільки двоокис вуглецю) становиться широко поширеним засобом обліку стану довкілля для бізнес-менеджерів, політиків і неурядових організацій, що намагаються визначити ті заходи, які зменшать загрозу зміни клімату. В даний час промислові підприємства все частіше беруть участь в розробці методів охорони навколишнього середовища при впровадженні нових технологій виробництва. Зараз методологія визначення слідів негативного впливу застосовується в усьому світі. Розглянуті з її допомогою проблеми стають все більш різноманітними. Це ефективно використання прісної води в областях зі змінами клімату (водний слід), землекористування (земельний слід), використання матеріалів (матеріальний слід), бізнес (фінансовий слід), а також при розгляді розвитку суспільства і умов життя (сліди впливу на здоров'я і зайнятість населення).

На конференції представлені науково-практичні матеріали з подальшого традиційного для кафедри ІТПА НТУ «ХПІ» розвитку з оптимізації експлуатаційних характеристик пластинчастих теплообмінників. Запропоновано узагальнену модель формування забруднень на поверхні теплопередачі теплообмінних апаратів. Модель представлена в безрозмірною формі, що дозволяє розширити діапазон її застосування на більш широкий клас процесів забруднення теплопередаючих поверхонь в умовах, коли інтенсивність процесу контролюється масопереносом в основному потоці і швидкістю реакції на межі поділу рідкої і твердої фаз. Застосування запропонованої моделі формування забруднень дозволило розробити математичну

модель формування забруднень в каналах пластинчатого теплообмінника з урахуванням зміни основних параметрів процесу уздовж поверхні теплопередачі. Для перевірки отриманих моделей і визначення входять до них безрозмірних параметрів планується проведення розрахунків для конкретних умов і порівняння з даними експериментальних досліджень і промислових випробувань пластинчастих теплообмінників при роботі із середовищами схильними до утворення забруднень на поверхні, що передає тепло.

У запропонованому матеріалі вищевказаної доповіді на конференції «Аналіз теплообмінних систем абсорбційних установок очистки синтез-газу газифікаційних агрегатів великої одиничної продуктивності» визначено: одним з основних завдань сучасності є забезпечення сталого розвитку суспільства. Важливий компонент вирішення цього завдання – скорочення витрат теплової енергії і палива [1]. Вирішення цієї проблеми включає в себе безліч аспектів, в тому числі: економія споживання енергоресурсів, розвиток енергозберігаючих технологій, використання вторинних енергетичних ресурсів і т.д. [2–4]. У зв'язку з цим розробка енергозберігаючих технологій набуває першочергового значення. Однією з таких технологій є газифікація твердих і рідких горючих палив.

Процес газифікації вугілля, вуглеводнів і вуглецевих відходів являє собою сукупність хімічних реакцій, в результаті яких утворюється газова суміш, що складається з оксиду вуглецю (CO), водню і діоксиду вуглецю (CO₂), яка називається синтез-газом [5]. Синтез-газ також містить ряд домішок, що утворюються за рахунок побічних хімічних реакцій. Газифікаційні агрегати конверсії, наприклад, відходів нафтопереробних виробництв так само, як і агрегати газифікації вугілля, являють собою в тій чи іншій мірі інтегровану сукупність хіміко-технологічних систем: поділ повітря для отримання кисню, що подається в газогенератор (газифікатор), власне процес газифікації, системи очищення синтез-газу, включно з очищенням від H₂S і CO₂, очищення стічних вод.

З ціллю підвищення визнання досягнень української хімічної і харчової інженерії вченими Європейської спільноти задачами можна вважати: підвищення рівня цитування наукових робіт у міжнародних науково-метричних базах; зміцнення представництва України в робочих групах та секціях EFCE делегатами від асоціації CFE-UA за означеними напрямками; сприяння безкоштовній публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах; публікація матеріалів рекламного напрямку виробників та розробників хімічної і харчової продукції у виданнях; надання регулярної інформації про проведення різного рівня міжнародних конференцій, форумів та семінарів в Україні та Європі; утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад,

зниження суми організаційних внесків; сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультаційної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів; надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик; розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзі та інших країн, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. CFE-UA сприяє втіленню головної задачі своєї діяльності – співробітництву вчених та виробників хімічної та харчової промисловості України спільно з EFCE для загального розвитку хімічної та харчової промисловості, наприклад, розповсюдження деяких наукових розробок з напрямків позначених вище за текстом та в матеріалах конференції [1–21].

Перспективи подальшого розвитку співпраці можна визначити у наступному комплексному плані:

1. Завдання поставки енергетичних і водних ресурсів, поряд з їх ефективним використанням в промисловості є важливими для забезпечення здорового функціонування світових економік – для забезпечення надійності при постачанні і використанні енергії, а останнім часом ще й водних ресурсів, необхідно виходити з принципу

мінімального негативного впливу на навколишнє середовище, або ж поліпшення стану навколишнього середовища за рахунок розвитку мережевої регенерації.

2. Зміна клімату, поряд зі змогом в зростаючих мегаполісах і районами з дефіцитом води, є ключовими екологічними проблемами нашого часу. Забруднені повітря і вода, особливо в містах з великою концентрацією населення і ресурсів, створюють зростаючу загрозу для людства.

3. Застосування інтегрованих технологій в хімічній, фармацевтичній, біотехнологічній та харчовій промисловості традиційно призводить до успішних результатів, однак при вирішенні глобальних проблем сталого розвитку потрібно використовувати розгляд системи, що охоплює всю планету. При цьому необхідна тісне стратегічне співробітництво в багатьох наукових областях. Рішення завдань для такої великої системи вимагає тісної взаємодії фахівців різних областей наук, серед них інженери-технологи, менеджери, економістів, політики, екологи, юристи і соціологі.

В даному контексті забезпечення більш чистою з екологічної точки зору енергії і води є ключовим для більш чистого виробництва, особливо для скорочення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, які безпосередньо пов'язані з типом і кількістю використовуваних джерел енергії.

Список літератури:

1. J. Klemes, F. Friedler, I. Bulatov, P. Varbanov. Sustainability in the Process Industry. Integration and Optimization. The Mc Grow-Hill Co. Inc., New York, 2011.
2. Perevertaylenko O.Y., Gariev A.O., Damartzis T., Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., Arsenyeva, O.P., 2015. Searches of cost effective ways for amine absorption unit design in CO2 post-combustion capture process. Energy, 90, pp.105-112.
3. Bukhhalo, S. I., Klemeš, J. J., Tovazhnyansky, L. L., Arsenyeva, O. P., Kapustenko, P. O., and Perevertaylenko, O. Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, 70, 2047–2052.
4. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.І. и др. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. – Харків, НТУ «ХП», 2005. – 460 с.
5. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.І. и др. Определение потенциала энергосбережения процесса дистилляции каменноугольной смолы и процесса переработки нафталиновой фракции на Авдеевском КХЗ // Інтегровані технології та енергозбереження. Харків, НТУ «ХП», 2003. – № 2, – с. 23–30.
6. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Бухкало, С.І., Перевертайленко, А.Ю. К вопросу применения пастеризационно-охладительных пластинчатых аппаратов для тепловой обработки молока. Інтегровані технології та енергозбереження. Харків, НТУ «ХП», 2005. № 3, – с. 3–12.
7. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Перевертайленко, А.Ю., Бухкало, С.І., Арсеньева, О.П. Анализ теплообменных систем установок газификации нефтеперерабатывающих производств. Інтегровані технології та енергозбереження, Харків, НТУ «ХП», 2011, №3, – с. 54–62.
8. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Бухкало, С.І., Перевертайленко, А.Ю., Арсеньева, О.П. Эффективные компоненты теплообменных систем для процессов конверсии техногенных отходов. Вісник НТУ «ХП», – Х. : НТУ «ХП», 2011, №21, – с. 3–12.
9. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.Є., Демідов І.М., Капустенко П.О., Арсеньева О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: інноваційні заходи. (підручник з грифом

МОН України, 2-ге видання, перероблене), Київ: Центр учбової літератури, 2016, – 470 с.

10. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін.. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах. Підручник з грифом МОНУ: – Київ: Центр учбової літератури, 2011, – 832 с.
11. Бухкало, С. І. (2014). Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], №45 (3), – с. 76–79.
12. Бухкало С.І. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. №10. – с. 7–78.
13. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012, № 10. – с. 160–166.
14. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. № 10. – с. 72–80.
15. Бухкало С.І. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. Інтегровані технології та енергозбереження. Харків. НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
16. Вель, В.Е. Аномальное разрушение безобжиговой керамики на основе оксида алюминия, содержащей стеклофазу, при повышенных температурах. Механика та машинобудування №1, 1997, с. 26–33.
17. Товажнянський, Л.Л., Вель, В.Е., Гусева, Н.І., Верба, А.Г. Керамические нагреватели для энергоэффективной направленной передачи тепла. Оборудование. Инструмент, 2006, №3, – с. 96–98.
18. Кузнецова, М.М., Вель В.Е. Расчет энергоэффективного режима работы шаровой мельницы. Вісник Національного технічного університету ХП. №64, 2013, – с. 13–18.
19. Краснокутський Е.В., Вель В.Е., Пономаренко А.В., Кошій В.А. Стенд для изучения кинетических и газодинамических параметров каталитических процессов очистки газов.

- Інтегровані технології та енергозбереження, №2, 2013, – с. 126–131.
20. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин, В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Эко-технологии и ресурсосбережение, 2004, №3, – с. 70–74.
 21. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ТОЛЧИНСКИЙ Ю.А., ВЕДЬ Е.В., МЕШАЛКИН В.П. Трехуровневая модель поверхностной каталитической реакции на платиновом катализаторе. Теоретические основы химической технологии, 2011, № 45(5), – с. 498–503.
- Bibliography (transliterated)**
1. J. Klemes, F. Friedler, I. Bulatov, P. Varbanov. Sustainability in the Process Industry. Integration and Optimization. The Mc Graw-Hill Co. Inc., New York, 2011.
 2. Perevertaylenko O.Y., Gariev A.O., Damartzis T., Tovazhnyanskyu L.L., Kapustenko P.O., Arsenyeva, O.P., 2015. Searches of cost effective ways for amine absorption unit design in CO2 post-combustion capture process. Energy, 90, pp.105–112.
 3. Bukhhalo, S. I., Klemes, J. J., Tovazhnyanskyu, L. L., Arsenyeva, O.P., Kapustenko, P. O., Perevertaylenko, O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions. 2018, 70, – pp/2047–2052.
 4. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I. i dr. Osnovnye tehnologii pishhevyykh proizvodstv i jenergosberezhennje. – Harkiv, NTU «KhPI», 2005, – 460 p.
 5. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I. i dr. Opredelenie potentsiala jenergosberezhennija processa distilljatsii kamenougol'noj smoly i processa pererabotki naftalinoj frakcii na Avdeevskom KHZ // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. Harkiv, NTU «KhPI», 2003, № 2, – pp. 23–30.
 6. Tovazhnyanskij, L.L., Kapustenko, P.A., Bukhhalo S.I., Perevertajlenko, A. Ju. K voprosu primeneniya pasterizacionno-ohladiatel'nykh plastinchatykh apparatov dlja teplovoj obrabotki moloka. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. Harkiv, NTU «KhPI», 2009, № 3, – pp. 3–12.
 7. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Perevertajlenko A.Ju., Bukhhalo, S.I., Arsen'eva, O.P. Analiz teploobmennyykh sistem ustanovok gazifikatsii neftepererabatyvajushhih proizvodstv. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja, Harkiv, NTU «KhPI», 2011, №3, – pp. 54–62.
 8. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I., Perevertajlenko A.Ju., Arsen'eva, O.P. Jeffektivnye komponenty teploobmennyykh sistem dlja processov konversii tehnogennyh othodov. Visnik NTU «KhPI», 2011, № 21, – pp. 3–12.
 9. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah: innovacijni zahodi. (pidruchnik z grifom MON Ukraini, 2-ge vid, pererobl), Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2016, – 470 p.
 10. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in.. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah ta zadachah. Pidruchnik z grifom MONU: – Kiiv: Centr uchbovoї literaturi. 2011, – 832 p.
 11. Bukhhalo, S.I. Dejaki aspekti ekologichnoї bezpeki polimernoї tari ta pakuvannya harchovoї promislivosti. Naukovi praci [Odes'koї nacional'noї akademii harchovih tehnologii] 2014, 45(3), 76–79.
 12. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovaniya dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU «KhPI». – H.: NTU «KhPI». 2012. № 10, – pp. 7–78.
 13. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hov's'ka O.I. i dr. Ob utilizatsii polimernyyh othodov kak kom-plekse innovacionnyh proektov / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hov's'kaia i dr.// Visnik NTU «KhPI». – H.: NTU «KhPI». 2012. № 10. – pp. 160–166.
 14. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hov's'kaia O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhennija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «HPI». – Khar'kov: NTU «KhPI», 2012, № 10, – pp. 72–80.
 15. Bukhhalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovaniya polimernyyh othodov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. Harkiv, NTU «KhPI», 2001, № 2, – pp. 106–112.
 16. Ved' V.E. Anomal'noe razrushenie bezobzhigovoj keramiki na osnove oksida aljuminija, sodержashhej steklofazju, pri povyshennyh temperaturah. Mehanika ta mashinobuduvannya. 1997, №1, – pp. 26–33.
 17. Tovazhnyanskij, L.L., Ved', V.E., Guseva, N.I., Verba, A.G. Keramicheskie nagrevateli dlja jenergojeffektivnoj napravlennojperedachi tepla. Oborudovanie. Instrument, 2006, №3, – s. 96–98.
 18. Kuznecova, M.M., Ved' V.E. Raschet jenergojeffektivnogo rezhima raboty sharovoj mel'nicy. Visnik Nacional'nogo tehnichnogo universitetu KhPI, 2013, №64, – pp. 13–18.
 19. Krasnokutskij E.V., Ved' V.E., Ponomarenko A.V., Koshhij V.A. Stend dlja izucheniya kineticheskikh i gazodinamicheskikh parametrov kataliticheskikh processov ochildki gazov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. 2013, №2, – pp. 126–131.
 20. Selihov Ju.A., Ved' V.E., Bukhhalo S.I., Kostin, V.M. Konstrukcionnye osobennosti uvelichenija jeffektivnosti raboty gelioustanovok. Jekotehnologii i resursosberezhennje, 2004, №3, – pp. 70–74.
 21. Tovazhnyanskij L.L., Tolchinskij Ju.A., Ved' E.V., Meshalkin V.P. Trehurovnevaja model' poverhnostnoj kataliticheskoi reakcii na platinovom katalizatore. Teoreticheskie osnovy himicheskoi tehnologii, 2011, № 45(5), – pp. 498–503.

Поступила (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

ТОВАЖНЯНСЬКИЙ ЛЕОНІД ЛЕОНІДОВИЧ (ТОВАЖНЯНСКИЙ ЛЕОНИД ЛЕОНИДОВИЧ, Tovazhnyanskyu Leonid Leonidovich) – почесний ректор Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9000-3824>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

КАПУСТЕНКО ПЕТРО ОЛЕКСІЙОВИЧ (КАПУСТЕНКО ПЕТР ОЛЕКСЕВИЧ, Kapustenko Petro Oleksiyovich) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; e-mail: kap@kpi.kharkov.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3550-5274>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

ВЕДЬ ВАЛЕРІЙ ЄВГЕНОВИЧ (ВЕДЬ ВАЛЕРІЙ ЄВГЕНЬВИЧ, Ved Valeriy Evgenyevich) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ», e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8037-4613>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

БУХКАЛО СВІТЛАНА ІВАНІВНА (БУХКАЛО СВЕТЛАНА ІВАНОВНА, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: bis.khr@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

АРСЕНЬЄВА ОЛЬГА ПЕТРІВНА (АРСЕНЬЄВА ОЛЬГА ПЕТРОВНА, Arsenyeva Olga Petrovna) – доктор технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380577076778; e-mail: ol.arsenyeva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9013-6451>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com