

**С. І. БУХКАЛО****ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ – ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ**

У матеріалах статті розглянуті можливості для вивчення цілей і задач дисципліни з метою формування у студентів необхідних знань про основи проектування обладнання енергозберігаючих хімічних виробництв: детальний розгляд наукового обґрунтування; аналіз, загальна характеристика й особливості проектування обладнання; вибір різновидів методів аналізу з вирішення завдань за допомогою інноваційних методів та програм, їх особливостей; вивчення можливих причин виникнення невідповідності обладнання до цілі проектування та способів їх передбачення. При написанні статті використано досвід викладання дисципліни «Основи проектування обладнання хімічних виробництв» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2022-2024 рр. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації процесів і їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності.

**Ключові слова:** основи проектування, моделі хімічних виробництв та обладнання, наукове обґрунтування методів навчання студентів.

**Вступ.**

Інноваційні методи навчання представлені за ієрархією складових:

1. Мета навчання як основа наукового дослідження – визначення загальних характеристик об'єкта, процесів та відповідного обладнання, їх складових, алгоритмів зв'язків та ефективності на основі наукових принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження результатів.

2. Об'єкт і предмет дослідження як комплексна цільова система.

3. Предмет дослідження як структура системи, закономірності взаємодії елементів у середині системи і поза нею, закономірність її розвитку за різновидами властивостей та якості цієї системи.

4. Науковий напрям як науково-обґрунтований комплекс, у межах яких виконується певна наукова робота.

5. Структурні одиниці наукового напряму:

– наукові комплексні проблеми як сукупність проблем, які мають одну мету;

– наукові проблеми як сукупність складних теоретичних, розрахункових і експериментальних завдань, розв'язання яких назріло в певній галузі науки і виробництва;

– наукові теми як складові частини навчання з визначення різновидів проблем та питань;

– наукові питання конкретної теми відповідно до нормативно-технічної документації (НТД).

Кожна наукова робота належить до певного конкретного напряму досліджень їх, зазвичай, класифікують-ідентифікують за ознаками:

- напрямом розвитку виробництва створення нових технологічних процесів, машин, апаратів тощо відповідно до мети та місця дисципліни у структурі освітньої програми;

- підвищення ефективності виробництва відповідно до вимог відповідно до змісту робочої програми за обсягом дисципліни, типів та видів

навчальних занять, навчально-методичне забезпечення самостійної роботи студентів;

- поліпшення виробничих відносин та організації виробництва та інші складові (табл. 1) відповідно до переліку компетенцій із зазначенням етапів їх формування у процесі освоєння освітньої програми, а також опису показників та критеріїв оцінювання компетенцій на різних етапах їх формування.

Під науковим напрямом розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, яка спрямована на вивчення певних фундаментальних, теоретичних і експериментальних завдань у відповідній галузі науки – Хімічна інженерія [1–11].

Науковий напрям – сфера дослідження наукового колективу, який упродовж відповідного часу розв'язує ту чи іншу проблему. Структурними одиницями наукового напряму є комплексні проблеми, проблеми, теми і питання.

Дослідницька робота розпочинається з вибору проблеми або теми дослідження. Проблема наукових досліджень вибирають, виходячи з фахової готовності та зацікавленості: планів науково-дослідних робіт установи та цільових комплексних, галузевих і регіональних науково-технічних програм.

Наукова проблема – питання, що потребує наукового вирішення; сукупність нових теоретичних, розрахункових або практичних питань, які суперечать існуючим знанням або прикладним методикам у конкретній науці та потребують вирішення за допомогою наукових досліджень необхідних для освоєння дисципліни, визначення моделей програмування з питань енергоефективності роботи обладнання за прикладами інноваційного розвитку хімічної інженерії. Зазвичай дослідники розрізняють класифікацію-ідентифікацію за напрямками проектування хімічних підприємств.

© Бухкало С.І., 2024

### Постановка проблеми у загальному вигляді та приклади об'єктів вивчення дисципліни.

Важливим є формулювання проблеми та вивчення стану наукових розробок у напрямку навчання, а також перевірки на практиці. Проблеми, які є недостатньо розробленими і вимагають наукового обґрунтування визначають відповідно до невіршених питань. сформульовані у процесі теоретичного осмислення, запропоновані практикою або ті, що виникли під час вибору теми. Такий підхід надає змогу з'ясувати зміст проблеми.

Розробка структури проблеми передбачає виділення тем, розділів, питань. У кожній темі виявляють орієнтовну сферу дослідження. Потім її конкретизують, провівши внутрішній причинно-наслідковий аналіз і виявивши всі змістовні сторони. Тому виділяють похідні проблеми, кожна з яких має стати об'єктом деталізації доти, доки не будуть визначені конкретні завдання – зміст поставленої проблеми. Важливим моментом конкретизації проблеми є обмеження кола питань, які необхідно вивчити.

Таблиця 1. Загальна класифікація-ідентифікація дисципліни за основними темами її викладання (проф. Бухкало С.І.)

№	Приклади ієрархії складових дисципліни Основи проектування обладнання хімічних виробництв
1	Загальні відомості про: перелік питань: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток хімічної технології та відповідного обладнання як науки Класифікація-ідентифікація загальних положень наукового обґрунтування і вимог до проектування та виготовлення хімічного обладнання – показники енергетичної, ресурсної та екологічної ефективності.
2	Визначення складових алгоритмів характеристик особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація методів визначення різновидів обладнання за складовими: означення поняття установка, аналіз характеристик та факторів впливу на вибір елементів установки; технічне завдання або технічний проект. Ознайомлення з виробничими кресленнями; визначення прикладів складових алгоритмів експериментальних розрахунків та ін.
3	Класифікація-ідентифікація основних напрямків розвитку проектування та ознайомлення з вибором матеріального виконання основного обладнання, захист обладнання від корозії, механічні характеристики конструкційних матеріалів. Основи розрахунку на міцність машин і апаратів хімічних виробництв та методами проектування: математичне моделювання, різновиди перевірки та розрахунків обладнання.
4	Визначення особливостей алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання; класифікація теплообмінного обладнання – пластинчасті теплообмінники за типами та будовою, основні показники та характеристики. Ознайомлення з прикладами та послідовністю розрахунку деяких різновидів обладнання за визначеними алгоритмами.
5	Узагальнена схема та алгоритм визначення процесів гідродинаміки та теплопередачі в тонко плівкових роторних апаратах та сучасні конструкції вертикальних та горизонтальних апаратів. Ознайомлення з прикладами різновидів розрахунків роторних плівкових апаратів.

1 - Двопотокова ковпачкова тарілка  
2 - Патронний краплевловлювач  
3 - Фільтр коалесцерами патронного типу

Колона оснащена приборами контролю рівня, температури, тиску, перепаду тиску візуального типу та видаванням сигналу на пульт керування.

Позначення	Призначення	Кількість
А	Вхід газу	1
Б	Вихід газу	1
В	Злив ТЕГ	1
Г	Вхід ТЕГ	1
Д1-4	Люк DN500	4
Е	Дренаж	1
Ж1,2	Для колонки рівнеміра	2
И1,2	Для манометра	2
К	Для вимірювання тиску	1
Л1,2	Для термометра	2
М	Для вимірювання температури	1
Н1,2	Замірювання перепаду тиску	2
П1,2	Дренаж конденсату	2
Р	Технологічний	1
С	Технологічний	1
Т	Дренаж	1

Діаметр штуцерів визначається технологічним розрахунком.

- 6 Визначення складових алгоритмів загальних характеристик та класифікація-ідентифікація колонних апаратів для процесів абсорбції та ректифікації за відповідними технологічними схемами. Матеріальний і тепловий баланс абсорберів. Приклади технологічних розрахунків процесів ректифікації. Конструктивне та апаратне оформлення процесів абсорбції та ректифікації за відповідними характеристиками: вибір типу контактних пристроїв колонних апаратів; тарілчасті та насадкові колонні апарати, швидкісні апарати (рис. 1).
- 7 Ієрархія процесів теплопередачі та основи розрахунку теплообмінників за алгоритмами вибору теплообмінного обладнання. Класифікація-ідентифікація і типи трубчастих та реберних печей – будова і принципи роботи, основні показники. Приклади з послідовності розрахунку трубчастих печей – аналіз та складання алгоритмів за обраними технологічними схемами (рис. 2 та 3).

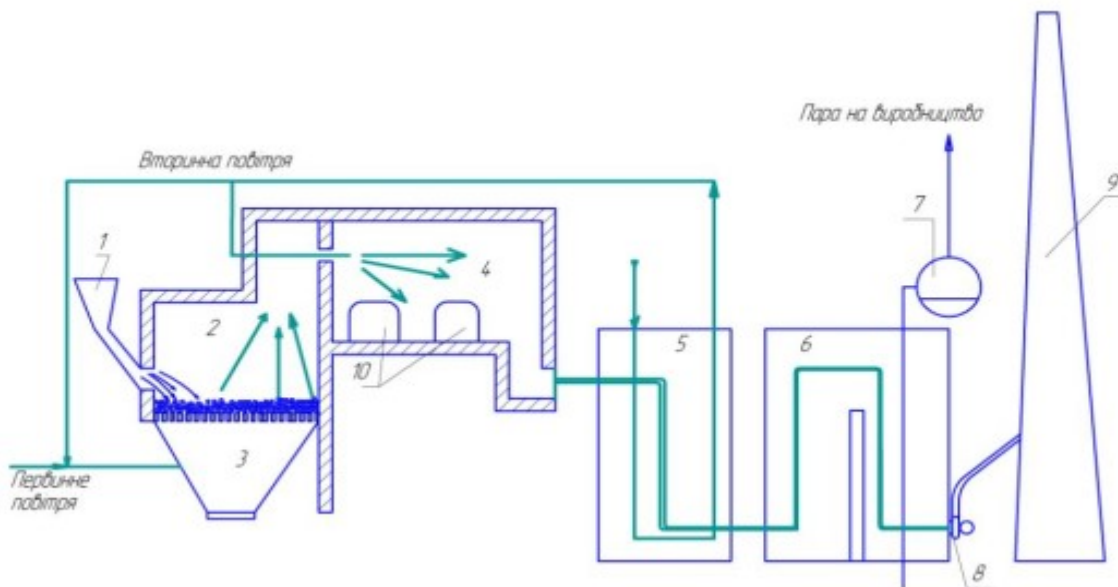


Рис. 2. Принципова схема паливної печі

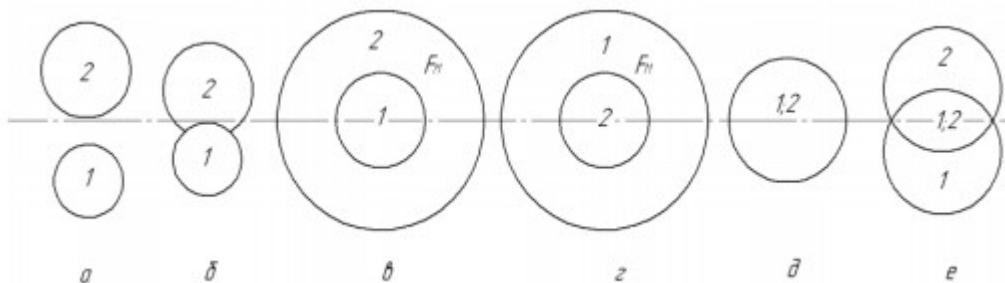


Рис. 3. Схема можливих варіантів взаємного розташування зон технологічного процесу і генерації тепла,  $F_m$  - поверхня матеріалу.

Печі хімічної промисловості можна класифікувати за наступними ознаками:

- 1) по видах виробництва;
  - 2) по технологічній приналежності;
  - 3) по теплотехнічних особливостях;
  - 4) по конструктивних особливостях.
- По виду виробництва печі підрозділяють на такі основні групи:
- 1) печі виробництва сірчаної кислоти;
  - 2) печі виробництва соляної кислоти;
  - 3) печі виробництва фосфорної кислоти;
  - 4) печі виробництва плавикової кислоти;
  - 5) печі виробництва соди;
  - 6) печі виробництва мінеральних солей;
  - 7) печі виробництва мінеральних пігментів;
  - 8) печі виробництва фосфору;
  - 9) печі виробництва сірковуглеців;

	<p>10) печі виробництва вапна;  11) печі виробництва каталізаторів;  12) печі виробництва карбїду кальцію;  13) печі ремонтних цехів;  14) печі для спалювання відходів хїмічних виробництв;  15) печі нафтохімічних виробництв; 16) печі інших виробництв.</p>
8	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору вимоги до різновидів сучасних випарних апаратів і багатокорпусних установок, фізичні основи випаровування. Теплові, конструктивні і гїдродинамічні розрахунки випарних апаратів. Типові схеми багатокорпусних випарних установок. Алгоритми та особливості розрахунку випарних установок. Випарні апарати заглибного горіння – типи апаратів та конструкції горїлок.
9	Класифікація-ідентифікація основних показників та ознайомлення з основними рівняннями та характеристиками для розрахунку та вибору насоса за типом та конструкцією. Сучасні приклади розв'язання рівнянь моделей для визначення відповідних математичних залежностей. Ознайомлення з прикладами та послїдовністю розрахунку деяких різновидів обладнання за визначеними алгоритмами.



У рядї випадків, де необхідно перекачувати великих обсягів хїмікатів, використовують відцентровий хїмічний насос з магнітною муфтою, з хїмічно стїйким виконанням матеріалу проточної частини. До цієї категорії можна віднести хїмічний насос відцентровий з магнітною муфтою горизонтальний, хїмічний насос пластинчастий, шибєрний насос, вихровий та відкрито вихровий хїмічний насос, тощо. Вони призначені для перекачування агресивних рїдин, наприклад розчинів лугів та кислот, концентрованих сольових розчинів, їдких рїдин, з високою щїлністю, газомїсних речовин, емульсій та суспензій, вибухонебезпечних, горючих та токсичних рїдин (рис. 4)..

10	Загальна характеристика моделей та порівняльний аналіз різновидів ємнісного обладнання, основні рівняння та характеристики для розрахунку та вибору ємнісного обладнання за типом та конструкцією. Сучасні приклади розв'язання рівнянь деяких моделей для визначення математичних залежностей відповідного обладнання.
11	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей з методів проектування: математичне моделювання, різновиди перевірки, розрахунку обладнання та ін. Характеристика особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація визначення нормативних документів з проектування – вимоги до креслень. Етапи та методи оволодіння практичними навичками роботи за програмою AutoCAD та різновидами виконання креслень при проектуванні обладнання.
12	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору Характеристика особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація методів визначення сучасних масообмінних пристроїв – тарїлки та регулярні насадки , які випускають ведучі фірми світу для обладнання хїмічних виробництв (рис. 5).

Ковпачкові тарїлки найчастїше застосовують у ректифікаційних установках. Конструкційна схема пристрою ковпачка наведена на рис. 5. Пара з попередньої тарїлки потрапляє до парових патрубків ковпачків і барботує через шар рїдини, в яку частково занурені ковпачки. Ковпачки мають отвори або зубчасті прорїзи, що розділяють потїк газової фази на декілька дрібніших, для збільшення поверхні контакту пари з рїдиною. Переливні трубки призначено для підведення та відведення рїдини та регулювання її рївня на тарїлці.

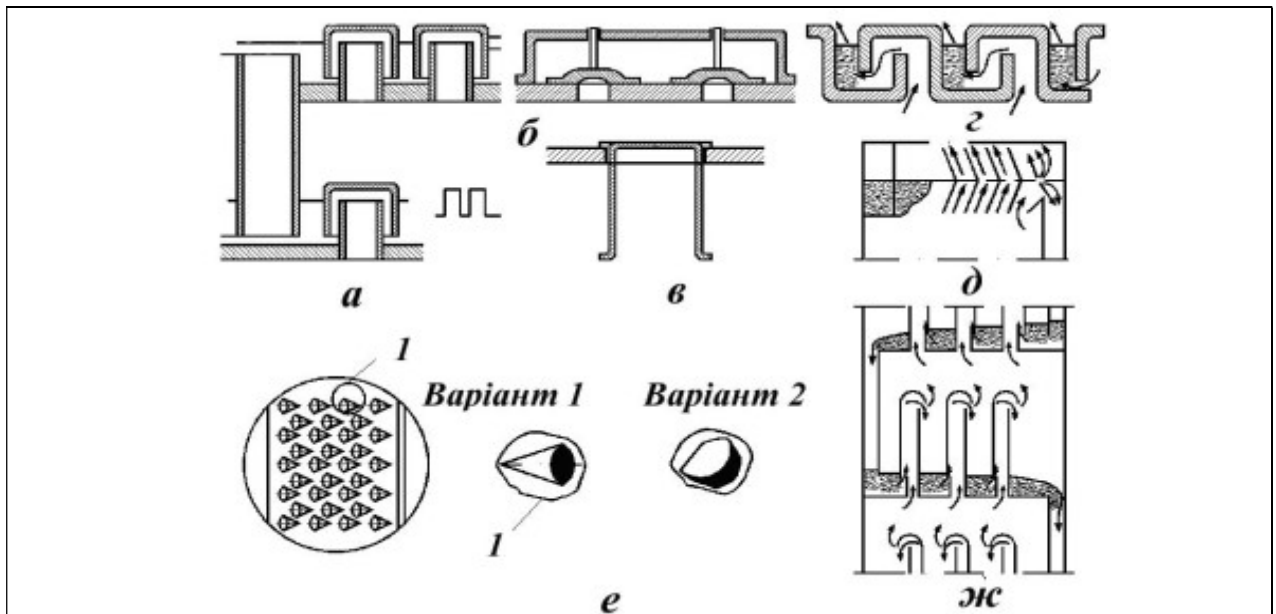


Рис. 5 – Конструкції тарілок: а – ковпачкова; б – клапанна з верхнім обмежувачем підняття; в – клапанна з нижнім обмежувачем підняття; г – із S-подібних елементів; д – пластинчаста; е – луската; ж – прямотечійна

Для збільшення продуктивності та ефективності тарілок провального типу передусім необхідно забезпечити рівномірний розподіл потоків на площі колони. Для цього поверхню тарілок пропонують виготовляти гофрованою на зразок сітчастих хвилястих тарілок (рис. 6 б) або тарілок із просіченого листа з кромками отворів або щілинами, які відігнуто до одного в різні боки (рис. 6 а). Поверхня тарілок може бути ступінчастою (рис. 6 в).

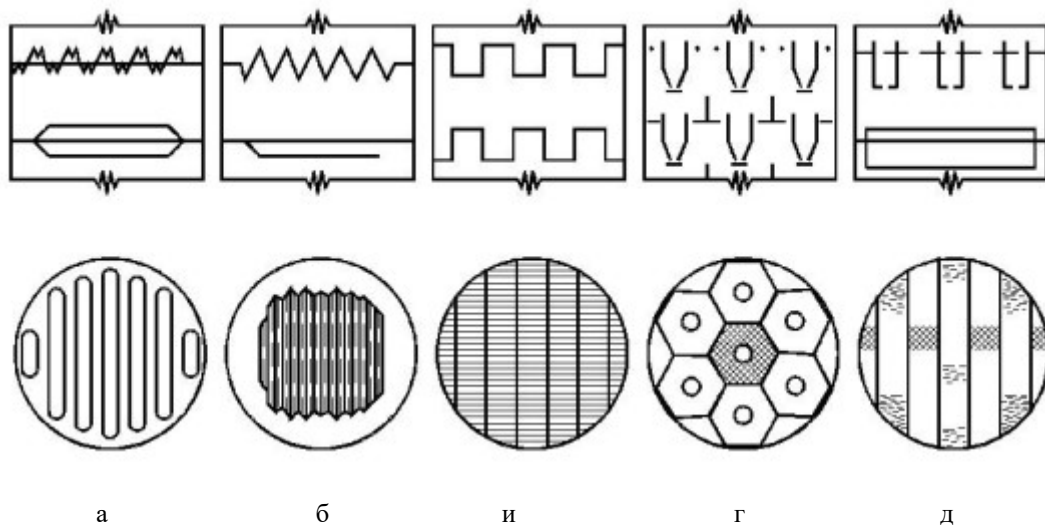


Рис. 6.– Удосконалені конструкції тарілок провального типу: а – з відігнутими кромками щілин; б – із гофрованою поверхнею; в – зі ступінчастим розміщенням листів; г – із двома зонами контакту; д – із великою кількістю переливів

Експериментальне дослідження основних характеристик зазначених конструкцій показало, що їх продуктивність приблизно вдвічі вища за продуктивність звичайних ґратчастих тарілок при дещо кращій або однаковій ефективності розділення; такі тарілки створюють невеликий гідравлічний опір, і на них утримується незначний шар спіненої рідини.

13 Класифікація-ідентифікація загальних відомостей та характеристика особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація методів визначення сучасного теплообмінного обладнання за прикладами виробництва провідних фірм світу для енергоефективного обладнання хімічних виробництв – аналіз та складання алгоритмів за обраними технологічними схемами (рис. 7–12).

14	Загальна характеристика, класифікація-ідентифікація та порівняльний аналіз фільтрів для рідин. Ознайомлення з основами розрахунків та вибору конструкції фільтрів: періодичної дії, рамного фільтр преса, камерного фільтр преса, автоматизованого камерного фільтр преса, патронного фільтра, фільтрів безперервної дії – барабанного, дискового та стрічкового типів.
15	Загальна характеристика, класифікація-ідентифікація та порівняльний аналіз різновидів центрифуг. Ознайомлення з основними рівняннями та характеристиками для розрахунку та вибору деяких типів центрифуг: центрифуга фільтруюча ФГН, центрифуга осадового типу ОГШ, центрифуга з пульсуючим вивантаженням осаду, безперервна центрифуга з шнековим вивантаженням осаду ФГШ та ФВШ – аналіз та складання алгоритмів за обраними технологічними схемами.
16	Загальна класифікація-ідентифікація методів проектування виробництва за аналізом результатів та перспектив подальшого розвитку навчання студентів за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія, кваліфікація бакалавр з хімічних технологій та інженерії. Загальні принципи аналізу, розрахунку та вибору сучасного технологічного обладнання енергозберігаючих

До спеціальних теплообмінних пластинчастих апаратів можна віднести, наприклад, пластинчасті випарники, що одержали широке поширення за рубежом як випарні апарати на підприємствах цукрової й спиртової промисловості. Пластинчастий випарний апарат (рис. 7) складається з пакета пластин, зварених між собою попарно в касети, які, у свою чергу, з'єднані один з одним прокладками. Звичайне випарювання розчину здійснюється в каналах із прокладками, тоді як пара, що гріє подається в касети. Пластини виготовляються з AISI 316 або з іншого матеріалу, стійкого до розчину, включаючи хастелой або титан. Прокладки, як правило, виготовляють із матеріалу EPDM або нітрилу [12–34].

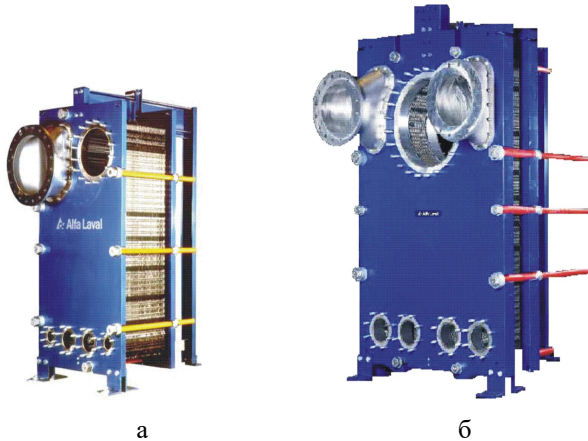


Рис. 7. Випарні пластинчасті апарати фірми «Альфа Лаваль»:  
а) модель – AlfaVar 500; б) модель – AlfaVar 700

Особливий профіль пластин забезпечує стійкість до зміни розходу в процесі випарювання або конденсації, створює турбулентний режим струму, а також забезпечує стійкість пакета пластин до різких змін тиску. Такий пластинчастий випарний апарат дозволяє варіювати розхід в широких межах і збільшувати кількість ступенів випарювання при незмінній загальній різниці температур. При цьому якість продукту залишається дуже високою, без зміни забарвлення й кількості інвертного продукту (рис. 8) [12–34].

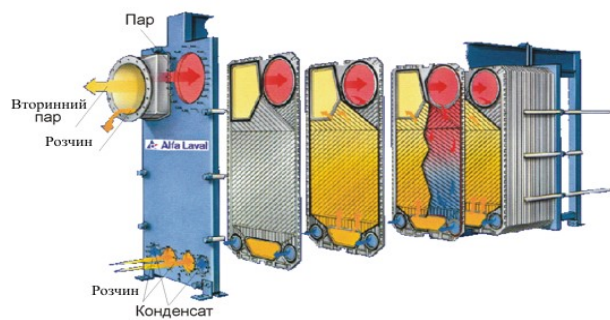


Рис. 8. Конструкція випарного пластинчастого апарата фірми «Альфа Лаваль»

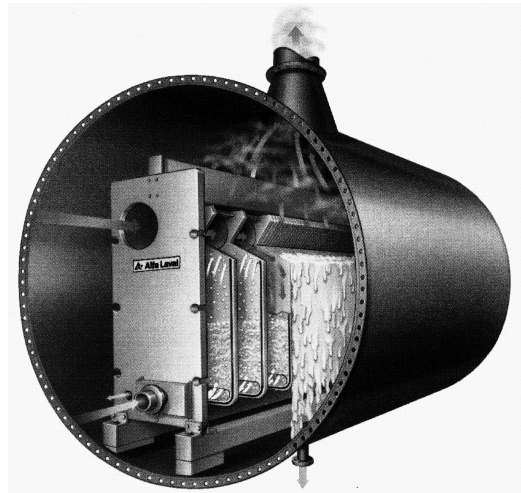


Рис. 9. Пластинчастий випарний апарат, який розміщено у посудині

До переваг таких апаратів, крім традиційних переваг, характерних для пластинчастих теплообмінників, можна віднести:

- відсутність пригорання продукту навіть при великих змінах розходу й підвищеній кількості вторинної пари;
- підвищення якості продукту за рахунок зменшення часу його перебування в апараті;
- підвищення компактності випарного апарата за рахунок зменшення поверхні теплопередачі й ваги;

- зменшення забруднення поверхні й спрощення обслуговування як шляхом хімічного миття, так і шляхом механічного розбирання й чищення;

- висока ефективність роботи при малій різниці температур;

- зменшення загальних витрат на монтаж і обслуговування у порівнянні з витратами для традиційних випарних станцій.

Дуже часто пластинчасті випарні апарати такого типу монтують безпосередньо в посудині тиску (рис. 9), що дозволяє додатково підвищити ефективність випарювання за рахунок зменшення площі теплопередачі й часу перебування розчину в апараті, а також забезпечує менше забруднення пластин. На протипагу пластинчастим випарним апаратам існує гама спеціально розроблених пластинчастих конденсаторів.



Рис. 10. Пластинчастий конденсатор AlfaCond

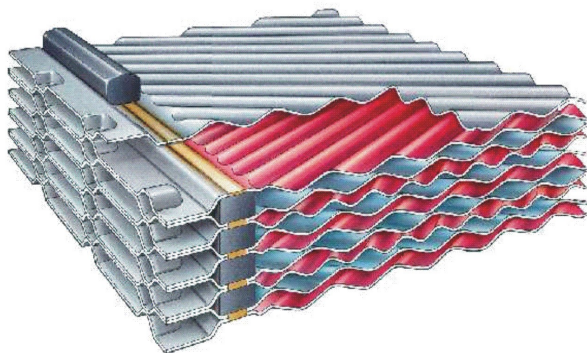


Рис. 11. Пакет зварених попарно пластин конденсатора AlfaCond

Наприклад, на рис. 10 представлений загальний вигляд пластинчастого конденсатора AlfaCond шведської фірми «Альфа Лаваль», що був запроєктований для дистильційних систем. Особливістю цих апаратів є максимальна пристосованість для конденсації пари під низьким тиском. У конденсаторі AlfaCond передбачене вхідне приєднання для великого розходу пари й два малих приєднання для виходу конденсату.

Приєднання – для води, що охолоджує розміщені в центрі плити. AlfaCond складається з пакета пластин, які зварені попарно в касети. Структура й рисунок пластин (рис. 11) спеціально запроєктовані під ефективну конденсацію з асиметричною конфігурацією, що утворює по одній з сторін більший канал.

Крім традиційних переваг теплообмінних апаратів такого класу пластинчастий конденсатор AlfaCond має ряд цінних додаткових якостей, які роблять його сучасною й високоефективною альтернативою трубчастим конденсаторам.



Рис. 12. Принцип роботи пластинчастого конденсатора AlfaCond.

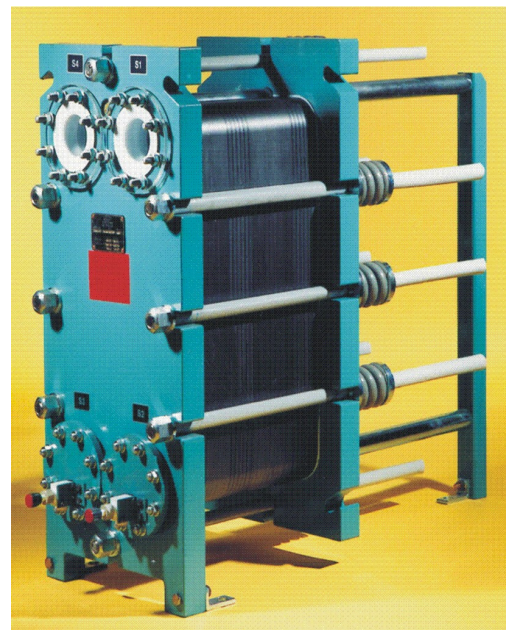


Рис. 13. Графітовий пластинчастий теплообмінний апарат

Основні переваги конденсатора AlfaCond можна сформулювати у такий спосіб (рис. 12):

- 1) низька вартість у силу високої теплової ефективності, що вимагає меншої поверхні теплопередачі в порівнянні з кожухотрубчастими теплообмінниками, особливо, якщо за умовами експлуатації потрібна нержавіюча сталь або титан;

2) компактність апарата зберігає робочий простір, зменшує транспортні, монтажні й пуско-налагодочні витрати;

3) низьке забруднення по стороні охолоджуваної води в порівнянні з кожухотрубчастими конденсаторами, яке забезпечується високою турбулентністю потоку й спеціально запроєктованим гофруванням пластин;

4) простота очищення й обслуговування з використанням як механічного, так і хімічного способів;

5) легкість у нарощуванні потужності шляхом додавання касет на наявній рамі;

6) повністю протиточна течія, що дає можливість переохолоджувати гази, що не конденсуються, більше, ніж у встановлених порівняних кожухотрубчастих апаратах, що зменшує навантаження на насос;

7) короткий час перебування в апараті має велику перевагу для продуктів, чутливих до нагрівання, що також дає можливість швидко пускати й зупиняти апарат з мінімальними втратами.

При роботі з агресивними й корозійними середовищами іноді навіть високоякісні матеріали пластин, такі як титан і нікель, в окремих випадках не можуть протистояти інтенсивній корозії. Тому для роботи в таких умовах застосовують графітові пластинчасті теплообмінні апарати (рис. 13), у яких як матеріал пластин використовують синтетичну смолу на основі графіту.

Пластинчасті теплообмінники даного типу працюють так само, як і звичайні. Такі теплообмінні апарати, крім всіх переваг, що властиві традиційним пластинчастим теплообмінникам, мають цілий ряд переваг перед апаратами інших типів, що використовують у хімічній промисловості:

- висока стійкість до корозійних середовищ, навіть найагресивніших;

- низька схильність до накипоутворення за рахунок гладкої непористої поверхні пластин і високої турбулентності потоку;

- висока теплопровідність, що порівнянна з теплопровідністю металевих пластин, і висока міцність матеріалу пластин;

- низьке терморозширення й мінімальна деформація пластин.

В рамках курсу «Основи проектування обладнання енергозберігаючих хімічних виробництв» студенти навчаються детальному розгляду наукового обґрунтування; аналізу, загальним характеристикам й особливостям проектування; вибору різновидів методів аналізу з вирішення завдань за допомогою інноваційних методів та особливостей; вивчення можливих причин виникнення невідповідності обладнання до цілі проектування та способів їх передбачення у галузях хімічної інженерії.

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання відповідно до критеріїв Української асоціації

хімічної і харчової інженерії (CFE-UA); Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL) NETME Centre; Faculty of Mechanical Engineering Brno University of Technology – VUT Brno, Czech Republic; 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 їх розвитку [12–34].

### **Висновки та перспективи подальшого розвитку.**

Визначені основні складові формування у майбутніх фахівців сучасного рівня теоретичних знань і практичних навичок щодо аналізу та використання основ проектування обладнання енергоефективних хімічних виробництв у діяльності об'єктів різновидів галузей промисловості та опанування навичками їх практичного розв'язання.

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей хімічної та харчової технології з урахуванням розвитку Європейської Федерації Хімічної Інженерії. 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 – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії.

Велике значення у вирішенні цієї проблеми відводиться підготовці відповідної науково-технічної літератури, що пояснює схему та логіку прийняття конструкторських та технологічних рішень, що містять приклади та необхідні довідкові дані. прийняті на етапі конструкторські та взаємопов'язані подальші технологічні рішення можуть і повинні змінюватися, коригуватись у ході їх здійснення на виконавчій фазі провадження [1–25].

Швидкими темпами розвивається комп'ютерне проектування технологічних процесів і систем, але в області комп'ютерного проектування залишається ще багато не вирішених питань. спеціалістам-проектувальникам необхідно, перш за все, пізнати логіку прийняття технологічних рішень, представити труднощі та альтернативи вибору раціональних рішень з безлічі можливих. Це дозволить їм більш реалістично ставитися до результатів та можливостей комп'ютерного проектування та програмування, яке найчастіше виконується в режимі діалогу між людиною та комп'ютером. \



## Список літератури

1. ДСТУ 3321\_2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 51 с.
2. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. Для студ. высш. учеб. заведений. Изд. Дом «Ин-Фолио», 2009. 640 с.
3. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
4. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 201 с.
5. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 208 с.
6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
7. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 217.
8. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 342.
9. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». С. 343.
10. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХП», с. 233.
11. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 249.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
14. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
15. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
16. 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.
17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / Товажнянський Л.Л., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсеньєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
23. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 1719 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
24. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Химич О.Ю. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХП». 2012, № 10, с. 74–78.
25. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.
26. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації

- післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/22204784.2019.15.12
27. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
  28. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков М.М., Ольховська В.О., Сирку М.А. Аналіз можливостей регенерації етилового спирту у виробництві пектину. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 19–30. doi: 10.20998/22204784.2019.21.04
  29. Бухкало С.І. Технологічні об'єкти утилізаціймодифікації полімерної тари та пакування. Збірник наукових праць XVII міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв» 38 вересня 2018, м. Одеса. С. 140–142.
  30. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
  31. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
  32. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
  33. Бухкало С.І., Ігліні С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
  34. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
- References (transliterated)**
1. DSTU 3321\_2003 Sistema konstruktors'koї dokumentacii. Termini ta viznachennja osnovnih ponjat'. [Chinnij vid 2003-12-08]. Vid. of. K.: Derzhstandart Ukraїni, 2005. 51 p.
  2. Cherepashkov A.A., Nosov N.V. Komp'juternye tehnologii, modelirovanie i avtomatizirovannye sistemy v mashinostroenii: Ucheb. Dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Izd. Dom «In-Folio», 2009. 640 p.
  3. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah / Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov'ska O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovii literaturi»: 2011, 832 p.
  4. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18.05.2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 201 p.
  5. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov'ska O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
  6. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
  7. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
  8. Sirk M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
  9. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Viznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019: Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 343.
  10. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 233.
  11. Ol'hov'ska V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonmirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
  12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 412 p.
  13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  14. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
  15. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kom-plekse innovacionnyh proektiv / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja i dr.// Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 160–166.
  16. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 72–80.
  17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
  18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/186442>.

19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2018, 108 p.
21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalyu). 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.
22. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.C., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2016, 468 p.
23. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17–19.05.17. Kh.: p. 14.
24. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Himich O.Ju. i dr. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov. *Visnik NTU «KhPI»*. Kh., 2012, No. 10, pp. 74–78.
25. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. *Visnik NTU «KhPI»*. H.: NTU «KhPI». 2014. № 16. – pp. 3–11.
26. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Ol'hovs'ka V.O., Zipunnikov M.M. Doslidzhennja ta analiz innovacijnih zahodiv z tehnologii kompleksnoї utilizacii pisljaspirtovoї bardi. *Visnik NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 15(1340), pp. 66–74. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.12
27. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologij modifikovanih krohmaliv. *Visnik NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
28. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Zipunnikov M.M., Ol'hovs'ka V.O., Sirku M.A. Analiz mozhlivostej regeneracii etilovogo spirtu u virobnictvi pektinu. *Visnik NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 19–30. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.04
29. Bukhhalo S.I. Tehnologichni ob'ekti utilizacii–modifikacii polimernoї tari ta pakuvannja. *Zbirknik naukovih prac' XVII mizhnarodnoї naukoivo konferencii «Udoskonalennja procesiv i obladnannja harchovih i himichnih virobnictv» 3–8 veresnja 2018, m. Odesa*. pp. 140–142.
30. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miks. *Visnik NTU «KhPI»*. 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108.
31. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miks. *Visnik NTU «KhPI»*. 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
32. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
33. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko C.A., Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vikladannja disciplini harchova himija. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
34. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobnictv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 13–22.

*Надійшла (received) 19.10.2024*

*Відомості про авторів / About the Authors*

**Буххало Світлана Іванівна (Bukhhalo Svetlana Ivanovna)** – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

**S. I. BUKHKALO**

**BASICS OF DESIGNING CHEMICAL EQUIPMENT FOR ENERGY-EFFICIENT CHEMICAL PRODUCTIONS – GENERAL CHARACTERISTICS AND CAPABILITIES.**

The materials of the article consider the possibilities for studying the goals and objectives of the discipline in order to form in students the necessary knowledge about the basics of designing equipment for energy-saving chemical productions: detailed consideration of the scientific justification; analysis, general characteristics and features of equipment design; selection of types of analysis methods for solving problems using innovative methods and programs, their features; study of possible causes of equipment inconsistency with the design goal and methods for their prediction. When writing the article, the experience of teaching the discipline “Fundamentals of Designing Chemical Production Equipment” at the National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2022-2024 was used. Complex systems for determining the components of the discipline have determined the competence and quality of the material, and the issues considered are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. Examples and some features of possible learning solutions are presented, which are based on experimental data on the development of mechanisms for identifying and classifying processes and their scientific justification in the form of intellectual property objects.

**Keywords:** design principles, models of chemical production and equipment, scientific justification of student training methods.