

ПРИНЦИПИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТВОРЧИХ ЗАДАЧ ДЛЯ КРЕАТИВНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»

Постановка проблеми. Зростання соціальної ролі інженера, інтелектуалізація праці, швидка зміна техніки і технології в усьому світі – все це обумовлює необхідність формування творчого інженера. Розв'язання творчих задач є необхідною складовою професійної діяльності інженера [1]. Напрями цієї діяльності пов'язані як з експлуатацією, так і з удосконаленням технічних об'єктів за різноманітними параметрами: ефективністю, інтенсивністю, продуктивністю, точністю, надійністю, технологічними можливостями, трудомісткістю виготовлення, витратами матеріалів, енергії, безпекою, екологічністю, ергономічністю тощо. Наявність такої великої кількості напрямів удосконалення технічних об'єктів обумовлює проблему навчання майбутніх інженерів ефективному розв'язанню творчих задач.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теорія Розв'язання Винахідницьких Задач (ТРВЗ) [2] є одним із інструментів творчого навчання студентів. ТРВЗ ґрунтується на евристичних принципах пошуку нового технічного рішення, які розроблені вченими на протязі ХХ ст. на основі досвіду роботи інженерів і винахідників. Ці прийоми відображають найбільш ефективні принципи перетворення об'єкту і дозволяють знайти нові оригінальні (нестандартні) напрями пошуку технічних рішень. Аналіз принципів в ТРВЗ показав, що вони не створюють загальної системи, а являють собою конгломерат. Ці принципи є занадто узагальненими, не ранжовані по ефективності, не структуровані, не деталізовані, не предметнозорієнтовані. З цих причин у навчанні студентів технічних дисциплін значно утруднене пряме використання узагальнених принципів ТРВЗ. Необхідно конкретизувати для відповідної предметної галузі навчальної дисципліни принципи та побудувати їх деталізовану ієрархічну систему.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка ієрархічної предметно орієнтованої системи принципів розв'язання творчих задач для креативного навчання майбутніх інженерів дисципліни «Процеси та апарати хімічних виробництв».

Виклад основного матеріалу. Проаналізуємо існуючі принципи ТРВЗ на їх відповідність предметній галузі процесів та апаратів хімічних виробництв. Проведемо відбір адекватних принципів та здійснимо їх конкретизацію та деталізацію для означеної предметної галузі. В основі всіх принципів лежить зміна фізико-хімічних параметрів об'єкту, яка вимагає з метою підвищення ефективності перехід в інший агрегатний стан параметрів об'єкту, зміна хімічного складу, концентрації, температури, об'єму тощо.

Принцип подрібнення визначає розподіл об'єкта на незалежні частини, виконання об'єктів розбірними, збільшення ступеню подрібнення об'єкту [2, 3]. Подрібнення об'єкту для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв (ПАХВ) означає розділ апарату (робочого органу) на частини або розділ процесів в апараті з метою підвищення ефективності роботи. Розділ апарату можливо здійснити на основі зміни частоти роботи робочих органів, зміни довжини чи діаметра робочих органів апарату, зміни кута робочих поверхонь апарату. При цьому розділ апарату на частини здійснюється за змінними параметрами. Існуючі процеси хімічних виробництв, як правило, становлять комплексний

(змішаний) характер і реалізують одночасно нагрів і перемішування, одночасне подрібнювання матеріалу різного розміру, навіть того, що й не треба подрібнювати та інше. Недоліком багатьох процесів є невисока ефективність за рахунок додаткових витрат, наприклад, на перемішування в'язкого матеріалу; створення додаткових зусиль при подрібнюванні на завантаження, вивантаження матеріалу який вже має необхідний розмір. Тому неефективні комплексні процеси необхідно розділити: спочатку нагріти в'язкий матеріал, а потім перемішати; спочатку розділити матеріал на фракції, а потім подрібнити до необхідного розміру та інші. Конкретизація та деталізація принципу подрібнення при розв'язанні творчих задач з ПАХВ представлено на рис.1.

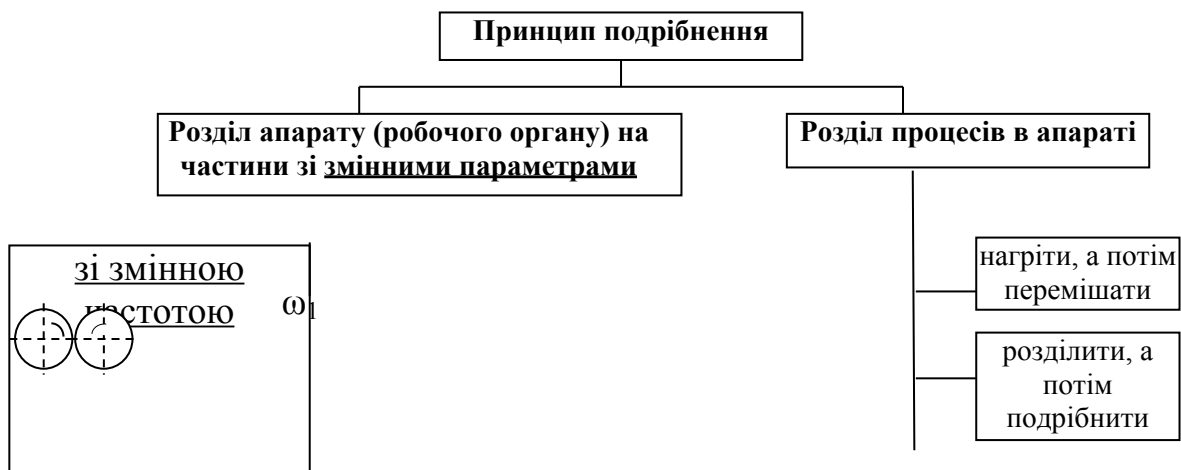


Рис. 1 Конкретизація та деталізація *принципу подрібнення* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип винесення полягає в відділенні від об'єкту частини (властивості), що заважає, або навпаки у виділенні потрібної частини (властивості) [2,3]. Принцип винесення або витіснення для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв означає блокування неефективної частини робочої поверхні або відділення енергетичного агента від продукту. Наприклад, при перемішуванні рідин різної щільності лопатною мішалкою, виникають зони вихрів тільки біля кромки лопаті, бо швидкість переміщення рідини в цих зонах найбільша. Чим ближче до валу, тим менша швидкість переміщення рідини [4]. Таким чином, в цих місцях виникає зона застою, де рідина рухається, але немає процесу перемішування однієї рідини з іншою. А для руху рідини (яке не потрібне для перемішування) в зоні застою витрачається велика кількість енергії. Блокування неефективної частини робочої поверхні (зони застою) можливо здійснити за рахунок заповнення або звільнення цієї зони. Приклад використання принципу блокування неефективної частини робочої поверхні представлено на рис. 2.

При висушуванні продукту в барабанній сушарці, продукт контактує з енергетичним агентом (гарячим повітрям), що спричиняє зміну властивостей продукту. Блокування цього небажаного ефекту можливе за рахунок відділення енергетичного агента від продукту через перепону (сушарка контактна) або через «агента-посередника» (сушіння струмом високої частоти). Приклад використання принципу відділення енергетичного агента від продукту на прикладі сушарок представлено на рис. 2.

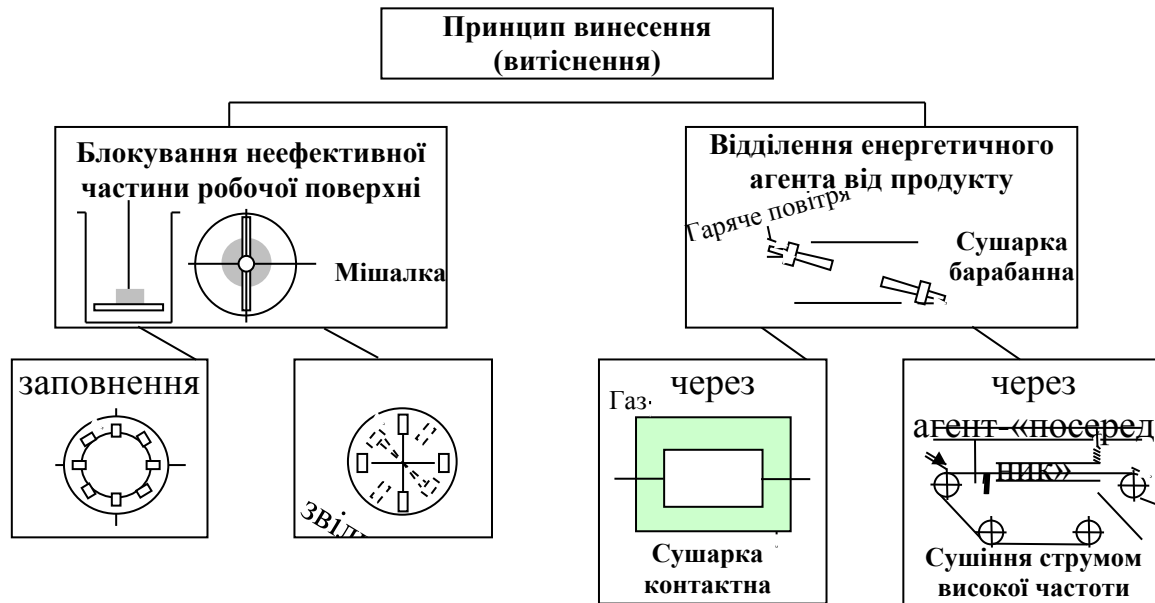


Рис. 2 Конкретизація та деталізація *принципу винесення* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип місцевої якості полягає в переході від однорідної структури об'єкту (процесу) до неоднорідної. Різні частини об'єкту повинні мати різні функції і характеристики, що найбільше відповідають їх роботі [2,3]. Для предметної галузі, що розглядається, актуальним є використання принципу місцевої дії та принципу укріплення поверхні матеріалу. Наприклад, при застосуванні звичайного валкового подрібнювача, матеріал буде розчавлюватися. А для дуже міцних матеріалів цього ефекту недостатньо, необхідно застосувати принцип місцевої дії на кожну частинку матеріалу, тобто розколоти його. Розкол матеріалу можна досягти, виконуючи валок подрібнювача ребристим.

При висушуванні продукту в барабанній сушарці, частинки матеріалу не відділені одна від одної. Тому не кожна частинка матеріалу стикається з частинками теплового агента (гарячого повітря). Ефект зіткнення кожної частинки продукту з частинками теплового агента можна досягти розпилюванням продукту над тепловим агентом, тобто діяти місцево на кожну частинку. Таким чином, принцип місцевої дії на кожну частинку може бути як механічним, так і тепловим (рис. 3).

Принцип місцевої якості в ПАХВ можна використовувати при укріпленні поверхні матеріалу тільки в тих місцях, де виникають дуже великі напруги, сили тертя та інше закалюванням, бронюванням, використанням локально другого матеріалу (рис. 3).

Принцип асиметрії пропонує перехід від симетричної форми до асиметричної [2,3]. Принцип асиметрії в ПАХВ можливо реалізувати асиметрією за рахунок зміни кута або асиметрією робочих поверхонь відносно осі обертання. Асиметрію за рахунок зміни кута можливо здійснити зміною кута робочої площини (всієї площини $\alpha = \text{const}$ чи кута частин робочої площини $\alpha = \text{var}$) або зміною кута осі відносно апарату (статично чи динамічно). Асиметрія робочих поверхонь відносно осі обертання можлива повна й часткова. Конкретизація та деталізація принципу асиметрії для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв представлена на рис. 4.

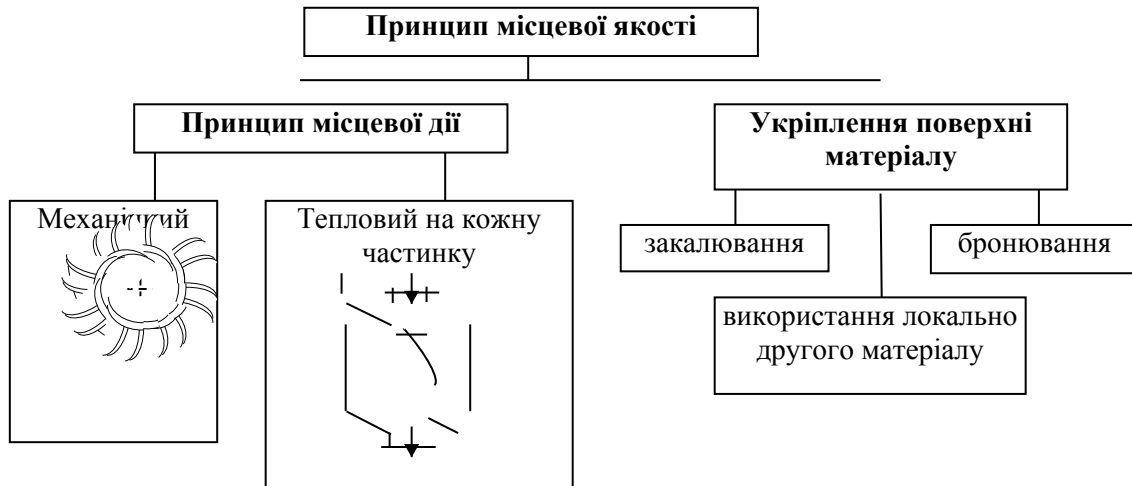


Рис. 3 Конкретизація та деталізація *принципу місцевої якості* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Рис. 4 Конкретизація та деталізація *принципу асиметрії* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип об'єднання полягає в з'єднанні (об'єднанні) в просторі або часі однорідних або суміжних операцій (об'єктів) [2,3]. Для предметної галузі ПАХВ, щоб збільшити ефективність роботи, актуальним є об'єднання частин апарату і об'єднання процесів. Об'єднання частин апарату можливе за рахунок об'єднання робочих поверхонь, як, наприклад, об'єднання багатоярусних лопатей в одну листову поверхню для збільшення тангенціального потоку, так і за рахунок елементів робочих поверхонь (об'єднання зубців турбінної мішалки і одержання дискової для збільшення напруги здвигу) (рис.5). Об'єднання процесів сприяє інтенсифікації проведення процесів, а також дозволяє скоротити час. Приклад використання принципів об'єднання частин апарату і об'єднання процесів представлено на рис. 5.

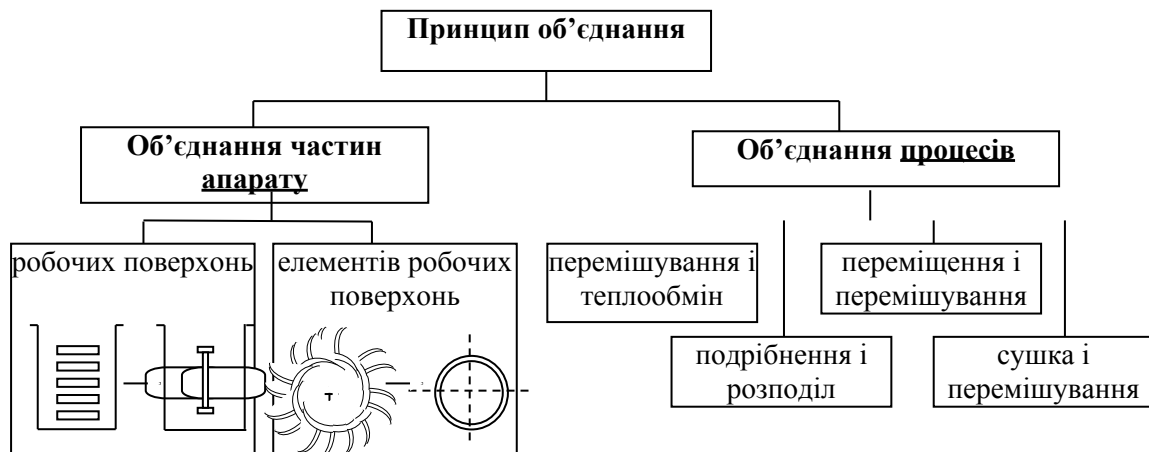


Рис. 5 Конкретизація та деталізація *принципу об'єднання* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип універсальності – об'єкт виконує функції інших об'єктів [2,3]. Для предметної галузі, що розглядається, актуальним є використання принципу виконання декількох функцій робочим органом та принцип використання робочого органу для різних матеріалів (продукту). Наприклад, шнек виконує одночасно функцію переміщення і перемішування, дисковий ніж під кутом нарізає продукт і переміщує його [4]. Тому ці приклади відносяться до реалізації принципу виконання декількох функцій робочим органом. Принцип використання робочого органу для різних матеріалів в ПАХВ можливий, наприклад, для побудови універсальних перемішувачів твердих матеріалів і рідин (стрічкові, розпилюючі), універсальних подрібнювачів для матеріалів різної щільності (рис. 6).



Рис. 6 Конкретизація та деталізація *принципу універсальності* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип «навпаки» (інверсія) полягає в тому, що замість заданої дії, виконують зворотну дію. Для цього необхідно зробити частину, що рухається нерухомою, а нерухому – рухомою, тобто перевернути об'єкт [2,3]. Принцип «навпаки» в ПАХВ можливо реалізувати інверсією елементів робочої поверхні або інверсією принципу дії процесу. Так

перемішування в'язких рідин та рідин зі зваженими частинками забезпечує турбінна мішалка, бо вона має випуклості, але її складно виготовити [5]. Цю проблему можна розв'язати інверсією елементів робочої поверхні, зробивши замість випуклостей вгнутості (рис.7). При цьому основна функція робочого елемента не втрачається. Інверсію елементів робочої поверхні можна реалізувати зробивши нерухому частину апарату рухомою, а рухому – нерухомою. Наприклад, обертати навколо своєї осі не лопать в апараті, а апарат (лопать залишається при цьому нерухомою) (рис.7).

Прийнято вважати, що рівномірний розподіл складових частин в суміші можна досягти рухом робочого органу (мішалки) в цій суміші, а видалити вологу (висушити) із матеріалу можливо тільки нагрівши його. Використовуючи інверсію принципу дії процесу, стає очевидним, що для деяких матеріалів рівномірний розподіл складових частин в суміші можна досягти рухом матеріалу, а не апарату; а висушити матеріал можливо за рахунок випарювання вологи холодом. Реалізація розроблених принципів показана на рис. 7.

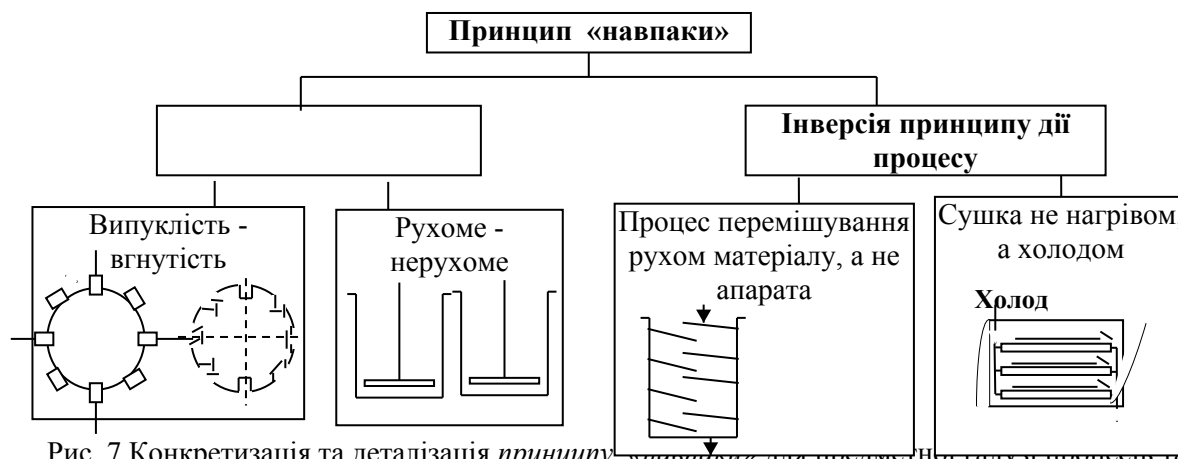


Рис. 7 Конкретизація та деталізація принципу «навпаки» для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип динамічності вказує на те, що характеристики об'єкту (процесу), що розробляється повинні змінюватися так, щоб бути оптимальним на кожному етапі [2,3]. В предметній галузі, що розглядається принцип динамічності проявляється насамперед в русі назустріч продуктів або робочих органів. Рух назустріч продуктів відбувається, коли один компонент подавати зверху, а інший знизу, як у розпилюючій сушарці; з різних боків, як у протivotочній барабанній сушарці; згори вниз і знизу вгору, як у теплообміннику «труба в трубі» (рис. 8). Рух назустріч робочих органів може бути плоско-паралельним, обертання назустріч і змішаним (рис.8).

Принцип фазових переходів передбачає використовувати зміну параметрів, що відбувається при фазових переходах: зміни об'єму, виділення або поглинання тепла тощо [2,3]. Очевидно, що цей принцип для предметної галузі ПАХВ можна використовувати для одержання тепла (виділення тепла) або для одержання холоду (поглинання тепла). Перехід в іншу фізичну фазу для одержання тепла можна здійснити, наприклад, процесом конденсації (перехід від газоподібного стану в рідкий) або процесом кристалізації (перехід від рідкого стану до твердого). Охолодження можна одержати за допомогою будь-якого фізичного процесу, який пов'язаних з відводом тепла [4,5,6]. Це можливо здійснити випаровуванням (перехід від рідкого до газоподібного стану) або плавленням (перехід від твердого стану до рідкого). Конкретизація та деталізація принципу фазових переходів для

предметної галузі ПАХВ показана на рис 9.

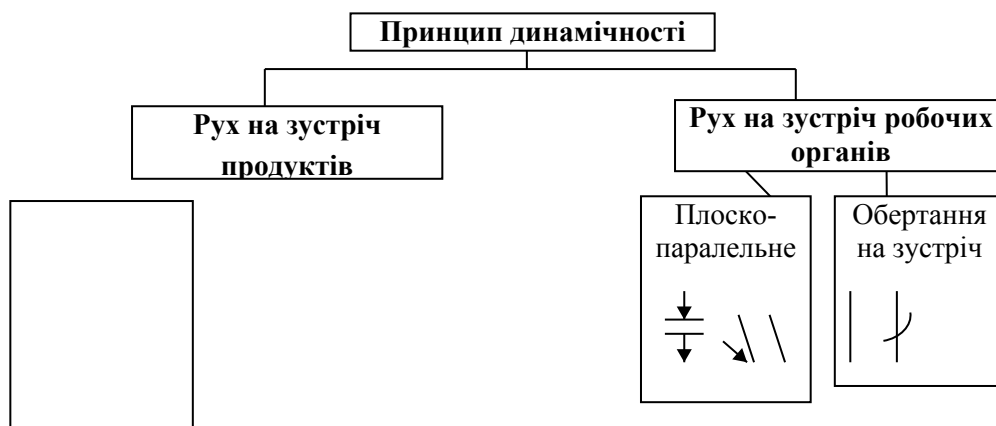


Рис. 8 Конкретизація та деталізація *принципу динамічності* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Рис. 9 Конкретизація та деталізація *принципу фазових переходів* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип неперервності корисної дії полягає у забезпеченні неперервного функціонування, усуненні холостих ходів, переходів від зворотно-поступального руху до обертального [2, 3]. В предметній галузі, що розглядається принцип неперервності корисної дії проявляється в неперервності подачі робочого органу (виключення холостого ходу) та в неперервності подачі матеріалу. Наприклад, при розділі матеріалу на частини заданої форми виключення холостого ходу, можливе виконуючи зубці пилки таким чином, щоб і в прямому напрямку відбувалася робота по розділу матеріалу і в зворотному (рис. 10). Крім цього для виконання принципу неперервності корисної дії в ПАХВ необхідно щоб апарати були не періодичної, а неперервної дії. Цю вимогу можливо виконати за рахунок неперервної подачі матеріалу: вертикально, горизонтально, під кутом (статичним чи динамічним), зигзагом або по колу (рис. 10).

Рис. 10 Конкретизація та деталізація *принципу неперервності корисної дії* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип використання механічних коливань включає наступні варіанти: перевести об'єкт в коливальних рух; змінити частоту; використати резонансні і ультразвукові частоти [2,3]. Для ПАХВ актуальним є використання коливань для *одержання* додаткових позитивних ефектів або коливань для *виключення* небажаних ефектів. Наприклад, для розділу матеріалу на різні фракції використовують сита різного діаметру. Якщо до плоскопаралельного переміщення сита додати його вібрацію, одержимо додатковий позитивний ефект – більш рівномірний розподіл матеріалу на ситах; висушування матеріалу; насичення його киснем та інше. Виникнення небажаного ламінарного потоку рідини при перемішуванні можна виключити змінюючи частоту обертання мішалки. Небажаний ефект налипання матеріалу на робочі органи, побороти сили тяжіння можливо підпружинюючи робочі органи (як у валковому подрібнювачі) або виконавши апарат вібраційним (вібраційний подрібнювач). Реалізація розроблених принципів показана на прикладах апаратів хімічних виробництв на рис. 11.

Принцип сферичності полягає в переході від прямолінійних частин об'єкту до криволінійних; від плоских поверхонь до сферичних [2, 3]. Для предметної галузі, що розглядається сферичність проявляється в криволінійності робочого органу або криволінійності траєкторії руху продукту (рис. 12). Криволінійність робочого органу забезпечується при переході від лінійної до округлої форми, від прямокутної форми до хвилеподібної, овальної, кривої тощо. Наприклад, перехід від стрічкового ножа до серпового дозволить одержувати матеріал оригінальної форми, а перехід до дискового забезпечить неперервність процесу. Перехід від прямокутної мішалки до хвилеподібної дозволить збільшити напругу здвигу, до кривої (пропелерної) – збільшити осьовий потік тощо. Криволінійність траєкторії руху продукту можливо забезпечити подачею матеріалу або розташуванням робочих органів таким чином, щоб частинки продукту рухалися в різних напрямках і площинах. Наприклад, в аерофонтанній сушарці продукт і теплоносій подаються знизу, що забезпечує хаотичне переміщення продукту в апараті, що збільшує поверхність контакту продукту з теплоносієм. Розташування площин під різними кутами в якірній мішалці, забезпечить перемішування продукту в різних площинах і напрямках. Приклади, що реалізують запропоновані принципи представлено на рис.12.

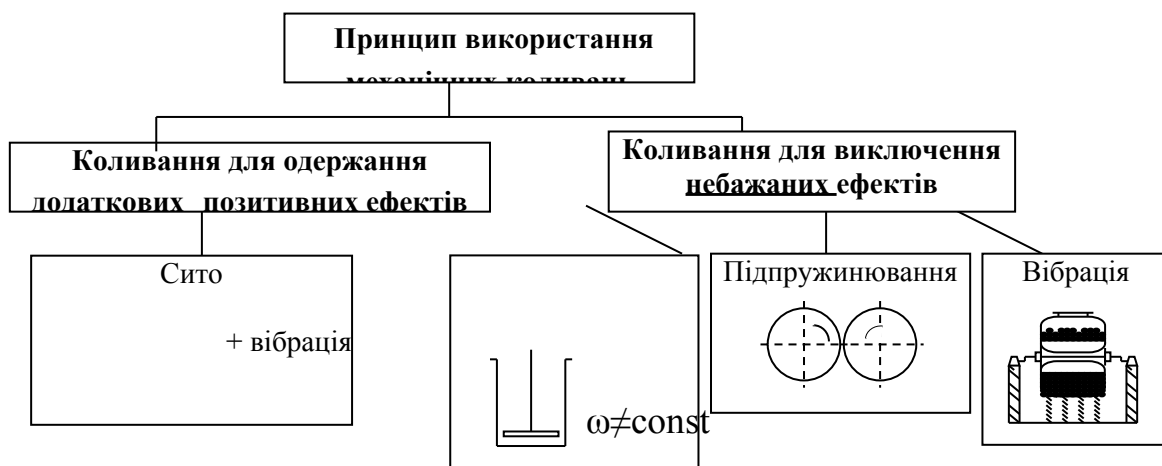


Рис. 11 Конкретизація та деталізація *принципу використання механічних коливань* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Рис. 12 Конкретизація та деталізація *принципу сферичності* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Принцип переходу в інший вимір пропонує збільшення кількості числа ступенів свободи; перехід від руху по лінії в одному вимірі до руху декількох вимірах (в площині, в просторі); застосування багатоповерхової компоновки замість одноповерхової, використання зворотної сторони поверхні [2, 3]. Для предметної галузі ПАХВ цей принцип полягає в збільшенні кількості процесів або збільшенні кількості робочих органів. Економічність та інтенсифікація процесів на хімічних виробництвах досягається збільшенням кількості процесів, тобто застосуванням багатоступінчастих апаратів, наприклад, багатокорпусні випарні апарати, багатократні екстрактори тощо (рис. 13).

Збільшення кількості робочих органів можлива в прямокутній, полярній і трьохвимірній областях. Наприклад, збільшити турбулентність в об'ємі апарату при перемішуванні можливо в прямокутній області збільшенням кількості осей або багатоповерховістю лопатей, а в полярній області збільшення кількості лопатей на осі в одній площині (рис. 13).

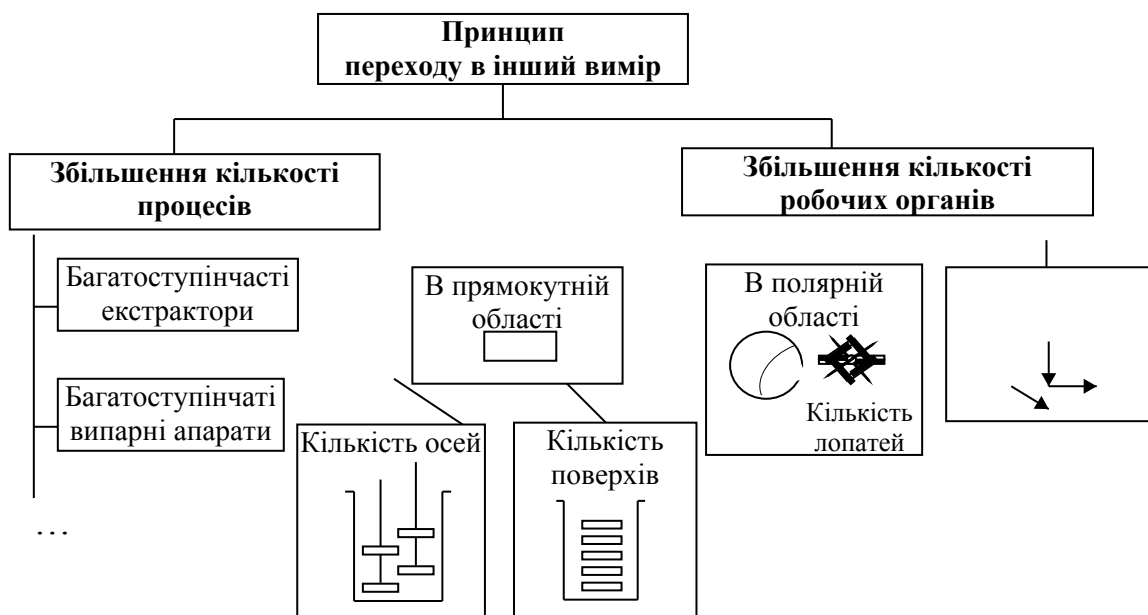


Рис. 13 Конкретизація та деталізація *принципу переходу в інший вимір* для предметної галузі процесів та апаратів хімічних виробництв

Висновки.

1. У результаті аналізу універсальних принципів розв'язання технічних суперечностей ТРВЗ визначено, що вони не створюють єдиної системи, є занадто узагальненими, не дозволяє їх без додаткової конкретизації та деталізації зорієнтувати їх на використання в конкретній предметній галузі.

2. Деталізовано та конкретизовано універсальні принципи розв'язання технічних суперечностей ТРВЗ для предметної галузі процесів і апаратів хімічних виробництв, які призначені для використання в методиках креативного навчання студентів.

Перспективами подальших досліджень є розробка методик креативного навчання студентів процесів і апаратів хімічних виробництв на основі розроблених принципів розв'язання технічних суперечностей.

Література

1. Матюшкин А.М. Мышление, обучение, творчество. – М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2003. – 720 с.
2. Заёнчик В.М. Основы творческо-конструкторской деятельности: Методы и организация: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Заёнчик, А.А. Карачёв, В.Е. Шмелёв. – М.: Издательский Центр „Академия”, 2004. – 256 с.
3. Половинкин А.И. Теория проектирования новой техники: закономерности техники и их применение. – М.: Информэлектро. 1991. – 104 с.

4. Процеси та апарати харчових виробництв / За ред. Поперечного А.М. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 307 с.
5. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн. / В.Г.Айнштейн, М.К.Захаров, Г.А.Носов и др.; Под ред. В.Г.Анштейна. М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006. - Кн. 1. - 912 с.
6. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./В.Г.Айнштейн, М.К.Захаров, Г.А.Носов и др.; Под ред. В.Г.Анштейна. М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006. - Кн. 2. - 872 с.

Рубан Н.П.

Принципи розв'язання творчих задач для креативного навчання майбутніх інженерів дисципліни «Процеси та апарати хімічних виробництв»

У статті проаналізовано принципи розв'язання технічних суперечностей теорії розв'язання винахідницьких задач і визначено, що їх неможливо використовувати в конкретній предметній галузі без додаткової конкретизації та деталізації. Також деталізовано та конкретизовано принципи розв'язання технічних суперечностей ТРВЗ для предметної галузі процесів і апаратів хімічних виробництв, які призначені для використання в методиках креативного навчання студентів.

Ключові слова: принципи, креативність, система, технічні суперечності, творчі задачі, деталізація, конкретизація.

Рубан Н.П.

Принципы решения творческих задач для креативного обучения будущих инженеров дисциплины «Процессы и аппараты химических производств»

В статье проанализированы принципы решения технических противоречий теории решения изобретательских задач и определено, что их не возможно использовать в конкретной предметной отрасли без дополнительной конкретизации и детализации. Также детализированы и конкретизированы принципы решения технических противоречий ТРИЗ для предметной отрасли процессов и аппаратов химических производств, которые предназначены для использования в методиках креативного обучения студентов.

Ключевые слова: принципы, креативность, система, технические противоречия, творческие задачи, детализация, конкретизация.

N. Ruban

Principles of Decision of Creative Tasks for Creative Teaching Future Engineers Disciplines «Processes and Vehicles of Chemical Productions»

In the article principles of decision are analysed technical the contradiction theory of decision of inventor tasks and it is certain that it is not possible to utilize them in concrete subject industry without an additional specification and working out in detail. Also gone into a detail and specified principles of decision technical contradiction TRIZ for subject industry of processes and vehicles of chemical productions, which is intended for use in the methods of the creative teaching of students.

Стаття надійшла до редакції 24.11.2008р.