

ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРНА СХЕМА ПРОЦЕСНО-АПАРАТУРНИХ ЕФЕКТІВ В РОБОЧОМУ ОБ'ЄМІ КОЛОННОГО ВІБРОЕКСТРАКТОРА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Розроблення математичного опису тепломасообмінного процесу, як системи певної технології, на першому етапі досліджень вимагає використання теоретичних основ стратегії системного та якісного аналізу структури взаємодіючих фаз за двома принциповими аспектами, а саме: за змістовним, в якому осмислюється вся доступна апріорна інформація щодо енергетичних, та фізико-хімічних особливостей процесу, та якісним аналізом структури процесно-апаратних ефектів на мікро- та макрорівнях та можливостей їх математичного опису, [1].

Розвиток екстракційних технологій, зокрема із застосуванням низькочастотних механічних коливань, потребує удосконалення методологічної бази теоретичних основ процесу вилучення цільових компонентів, що неможливо без системного аналізу ефектів різної природи при взаємодії фаз на мікро- та макрорівнях.

Аналіз сучасних літературних джерел свідчить про відсутність такої інформації стосовно віброекстрагування із рослинної сировини. Хоча слід зазначити, що методологічним проблемам математичного моделювання технологічних процесів присвячено ряд робіт. Наприклад, в роботі [2] розглядається ієрархія математичних моделей, етапи математичного моделювання, загальні методологічні принципи моделювання. В роботі [3] цій проблематиці також присвячені теми: «Системний та класичний підходи до складання моделей об'єктів» та ін. В роботі [4] розглядається системний підхід щодо теоретичних основ інтенсифікації технологічних процесів та пошуку нових фізичних ефектів, а робота [5] присвячена проблемам аналізу, синтезу і моделюванню складних систем.

Нами проведено названі системні аналізи стосовно, зокрема, колонних віброекстракторів безперервної дії, [6].

На *рис.1* наведено ієрархічну структурну схему фізичних, гідро- та термодинамічних та кінетичних ефектів, що мають місце навколо та всередині окремої (певної) твердої частинки при її русі в суцільному середовищі робочого об'єму j -тої секції віброекстрактора. До такої схеми є доцільним навести наступні міркування та пояснення:

1. Тверда частинка (т)^{*} певної маси з певними геометричними розмірами, просторовою формою та з певними фізичними і теплофізичними характеристиками ($\rho, C, c, \mu, \lambda \dots$)^{**}, переміщується в об'ємі суцільного середовища – екстрагента (е)^{*}, яке також є рухомим, – під дією сил тиску, інерції, гідравлічного опору, тяжіння, Архімедових та інших.

2. Переміщення частинки забезпечується, в основному, інерційними силами та силами тиску (зв'язок A) від зовнішнього активного джерела за допомогою рухів (коливань) робочих елементів апарату – тарілок (ЗАІ), а також за рахунок запасу внутрішньої енергії (інерції) (ВНІ), блок 1.

3. Таке переміщення частинки супроводжується перенесенням маси, енергії та імпульсу, як власно частинкою, так і оточуючим середовищем (ПМ, ПЕ, ПІ), блок 3.

4. Названі перенесення обумовлені нерівноважністю двофазної системи "тверде тіло – рідина" ($\Delta C, \Delta T, \Delta v, \Delta \mu, \Delta \sigma$)^{**}, тобто не тільки співпаданням швидкостей руху фаз, а додатковою нерівноважністю цієї системи ($\Delta C, \Delta T, \Delta v, \Delta \mu, \Delta \sigma$)^{***}, викликаною введенням в цю систему зовнішнього активного (регульованого) імпульсу за рахунок коливальної енергії тарілок з їх гідромеханічних елементів, блок 2 (ЗАІ).

5. Перенесення енергії та маси екстрактивних речовин між фазами веде до зміни їх (фаз) фізико-хімічних (ЗФХ), термодинамічних (ЗТДХ), реологічних (ЗРХ) властивостей та ентальпії (ЗЕНТ), (блок 4), а зміни названих характеристик приводять до очікуваних ефектів, а саме до перенесення енергії та перенесення маси у кожній із фаз (ПЕ, ПМ) та між фазами, блоки 3, 5, 6.

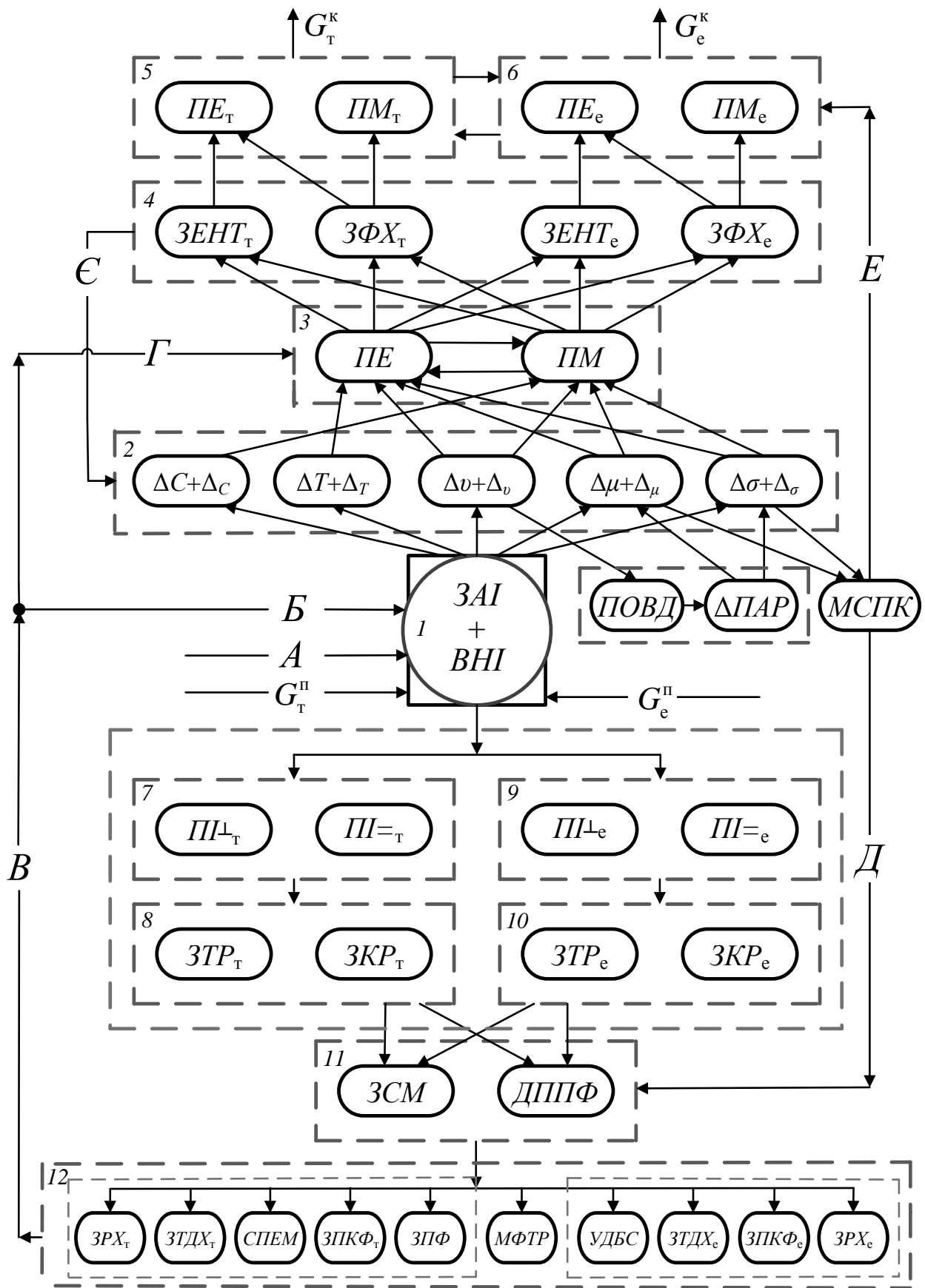


Рис.1. Схема ієрархії фізичних, гідро- та термодинамічних та кінетичних ефектів в робочому об'ємі віброекстрактора безперервної дії
 Позначення: ○ – ефекти; □ – блоки ефектів; → – зв'язки ефектів.

6. Одночасно, зовнішній активний імпульс сил ($ЗАІ$) дією своїх складових – нормальних ($ІІ⊥$) та дотичних ($ІІ=$) на елементи двох фаз змінює траєкторію руху твердої частинки ($ЗТР$) та кількість її руху ($ЗКР$), (блоки 7 та 8); аналогічним змінам піддається локальний об'єм оточуючого середовища – екстрагента, блоки 9 та 10.

7. Такі ефекти приводять до зміни співвідношення мас ($ЗСМ$) частинок та власно локального об'єму двофазного середовища, що може привести до зіткнення частинок, тобто – до локального їх стисненого руху, та деформують поверхню поділу фаз ($ДППФ$), блок 11.

8. Як наслідок, з'являються та розвиваються міжфазна турбулентність ($МФТР$), спонтанне емульгування ($СПЕМ$), часткові або повні зміни просторової форми та розмірів частинок (подрібнення, набухання) ($ЗПФ$), утворення дисперсних бульбашок та струменів ($УДБС$), та зміна деяких термодинамічних характеристик ($ЗТДХ$) в середині частинок ($I, E, T...$)** , блок 12.

9. Все перераховане додатково та суттєво впливає на масообмін ($ІМ$) та енергообмін ($ІЕ$), (зв'язки B та $Г$), а також на зміну внутрішньої енергії системи (зв'язок B).

10. До сказаного можна додати таке. Імпульс від тарілок та їх елементів безумовно впливає на зміну градієнта швидкості і на створення ефекту поверхневої дифузії ($ІОВД$), тобто на виникнення нерівноважності системи "частинка-рідина" за поверхнево-активними речовинами ($ΔІАР$), які, в свою чергу, впливають на величину сил поверхневого натягу і, як результат, на міжфазну спонтанну конвекцію середовища ($МСПК$) навколо частинки. Такі ефекти, на кінець, також роблять свій внесок в деформацію поверхні поділу фаз ($ДППФ$) (зв'язок E) та, одночасно, в ефекти енергомасообміну частинки з оточуючим середовищем, (зв'язок $Г$).

11. Одночасно, ефекти перенесення енергії ($ІЕ$) та маси ($ІМ$) однозначно впливають на зміну нерівноважності системи ($ΔC, ΔT, Δv, Δμ, Δσ$)** , (зв'язок $Є$).

Зрозуміло, що розглянута узагальнена диференціація ефектів для двофазної системи "тверде тіло – рідина" не охоплює всього різноманіття ефектів існуючих двофазних систем, тому наведена ієрархія структури ефектів може набувати відповідні модифікації. При цьому може бути корисним застосування принципу інваріантності складових процесу до масштабу на даному рівні (ступеню) моделі системи, що формулюється в такий спосіб: закономірності протікання процесів та можливість виникнення певних ефектів у складових частинах даного рівня моделі не залежать від його ступеня, вплив якого може бути враховано взаємодією між складовими розглянутого рівня та його крайових умов.

Додамо, що кожен рівень розглянутої ієрархічної структури процесно-апаратних ефектів об'єкту (системи) описується відповідними математичними формами, а розроблення та узагальнююча алгоритмізація їх вирішення є очевидним будуть складними та громіздкими. За таким, дослідник об'єкту (системи) матиме право самостійно приймати рішення щодо врахування – неврахування певних ефектів, аргументуючи аналізом кінцевих цілей досліджень.

Примітки.

Прийняті в тексті умовні позначення фізичних величин:

* – Індокси: т – "тверде тіло"; е – "рідина" (екстрагент) ; п – початкове значення; к – кінцеве значення.

** – $G, \rho, \mu, \sigma, C, c, \lambda, T, v, \tau$ – відповідно, маса або витрати, густина, в'язкість, поверхневий натяг, концентрація компонента, теплоємність, теплопровідність, температура, швидкість, час.

*** – Символи: Δ (без індоксів) – різниця відповідних потенціалів; Δ (з нижніми індоксами) – додатково набута системою різниця відповідних потенціалів.

Список літератури

1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. Основы стратегии.- М.: Наука, 1976.- 500 с.
2. Бурдо О.Г., Калитин Л.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: Учебник. – Одесса: Друк, 2008. – 348 с.

3. Остапчук М.В., Станкевич Г.М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. – Одеса: Друк, 2006. – 313 с.

4. Федоткин И.М., Боровский В.В. Математическое моделирование технологических процессов методом аналогизации: Учебное пособие. – Винница: Вінниця, 2002. – 377 с.

5. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров. – Санкт-Петербург: СЗГЗТУ, 2006. – 186 с.

6. Лобода П.П., Завьялов В.Л. Исследование гидродинамики виброэкстракторов. // Пищевая промышленность: Респ. Межвед. Науч.-техн.сб.- 1987, вып. 33.- с. 28 – 31.