

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ЗБІРНИК ПРАЦЬ**

*XVII Міжнародної наукової конференції*  
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І  
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА  
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

*3-8 вересня 2018 р.*



**ОДЕСА  
2018**

Публікуються доповіді, представлені на XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3 – 8 вересня 2018 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор  
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо  
Ю.О. Левтринська

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

<b>Єгоров</b> <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
<b>Бурдо</b> <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Атаманюк</b> <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
<b>Васильєв</b> <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
<b>Гавва</b> <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Гумницький</b> <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
<b>Долинський</b> <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
<b>Зав’ялов</b> <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Сукманов</b> <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
<b>Колтун</b> <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
<b>Корнієнко</b> <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
<b>Малежик</b> <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Михайлов</b> <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
<b>Паламарчук</b> <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
<b>Снежкін</b> <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік НАН України
<b>Сорока</b> <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
<b>Тасімов</b> <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
<b>Товажнянський</b> <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
<b>Ткаченко</b> <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
<b>Черевко</b> <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
<b>Шит</b> <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.
<b>Сухий</b> <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор

---

**СЕКЦІЯ 4.**

**ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ,  
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ  
ВИРОБНИЦТВ**

---

УДК 66.021.1:[534.1+532.58]

## РАЦІОНАЛЬНЕ КОМПОНУВАННЯ ФАЗНИХ РОЗДІЛЮВАЧІВ З МОДУЛЬНИМИ СЕПАРАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ

Ляпощенко О.О., д-р. техн. наук, гол. наук. співробітник, Іванов В.О., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Павленко І.В. канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Дем'яненко М.М., аспірант, наук. співробітник, Старинський О.Є., мол. наук. співробітник, Ковтун В.В., магістрант  
Сумський державний університет, м. Суми

## RATIONAL SETTING OF PHASE SUSPENSION WITH MODULAR SEPARATION DEVICES

O.O. Liaposhchenko, D.Sc., principal research assistant, Ivanov V.O., Ph.D., senior research assistant, I.V. Pavlenko, Ph.D., senior research assistant, M.M. Demianenko, research assistant, O.Ye. Starynskyi, junior research assistant, V.V. Kovtun, master's degree student  
Sumy State University, Sumy

**Анотація.** У даній статті розглядаються способи підвищення ефективності, оптимізації та інтенсифікації процесів сепарації та сепараційного обладнання установок стабілізації нафти/конденсату. Робота включає в себе теоретичне ознайомлення з процесом сепарації газорідних сумішей та труднощами, які пов'язані з ним. Проведено аналіз досліджуваного обладнання, а саме його конструктивних особливостей, принципу роботи, переваг та недоліків, визначена оптимальна компоновка апаратів. Запропоновано новий нестандартний підхід до вдосконалення існуючого сепараційного обладнання, а саме метод оптимізаційного компонування фазних розділювачів з застосуванням модульних сепараційних пристроїв. Було проведено комп'ютерне моделювання багатофазних течій у внутрішньому об'ємі вертикального фазного розділювача та одного з модульних сепараційних пристроїв, що реалізує спосіб динамічної сепарації. Достовірність комп'ютерного моделювання підтверджується верифікацією отриманих даних за результатом чисельного експерименту з режимними параметрами роботи сепаратора.

Спосіб динамічної сепарації являється не традиційним методом розділення гетерогенних систем, його особливістю являється застосування автоматичного регулювання гідравлічного опору, де регулюючою дією є сили пружності. Для чисельного розрахунку гідродинаміки вертикального фазного розділювача використовувався програмний комплекс, що реалізує метод скінченних об'ємів, а саме FlowVision. Оскільки, при роботі модульного сепараційного пристрою мають місце аерогідропружні явища необхідно розглядати механіку руху газорідного потоку з одного боку та твердого деформованого тіла з іншого боку.

Враховуючи це для його дослідження використовувався програмний комплекс ANSYS Workbench, а саме модулі, які засновані на методах скінченних об'ємів та елементів, відповідно Fluid Flow Fluent та Transient Structural, об'єднанні за допомогою System Coupling. Наведені конструкції нових модульних сепараційних елементів та рекомендації для оптимізації їх компоновки у фазних розділювачах, що дозволять значно збільшити ефективність та інтенсивність процесів розділення емульсій та газорідних сумішей і в цілому підвищать якість цільових компонентів.

**Abstract.** This article discusses ways of the efficiency improvement, optimization and intensification of the separation processes, which takes place in stabilizer units for oil and condensate. The work includes the theoretical introduction to the separation of gas-liquid mixtures and difficulties associated with process. Investigated equipment, specifically their design features, operating principle, advantages and disadvantages was analyzed, in consequence of which the optimal equipment packaging was determined.

The non-typical approach for improvement of most commonly used separation equipment is proposed, namely method of optimizing phase separation equipment packaging, which includes using of modular separation devices. For this purpose numerical simulations of multiphase flow in the vertical phase separator internal volume and one of the modular separation devices, which implement the dynamic separation method, were carried out. The reliability of computer simulation is confirmed by verification data, which obtained from the results of numerical experiment, with the separator functioning parameters.

The method of dynamic separation isn't traditional method for heterogeneous systems separation. The main feature of this method is using of hydraulic resistance automatic regulation, in this case regulating forces are the elastic forces. For numerical calculation of the vertical phase separator hydrodynamics was used software complex namely

*FlowVision, which implements the finite volume method. Since, in case of the modular separation devices functioning take place the aerohydroelasticity phenomena's, it is necessary to be consider mechanics of the gas-liquid flow motion of the on one side and mechanics of the solid deformable body on the other hand. Taking into account the above for investigations of this modular separation device was used the ANSYS Workbench software complex, namely modules, which are based on the finite volume and finite element methods, respectively Fluid Flow Fluent and Transient Structural, which combined by System Coupling module. The presented designs of new modular separation elements and recommendations for their optimal disposition in phase separation equipment will significantly increase the efficiency and intensity of emulsions and gas-liquid mixtures separation processes, moreover it's all will improve the quality of the target components.*

**Ключові слова:** нафта, сепараційний пристрій, моделювання, розділення, бензосепаратор, оптимізація, очистка, фазні розділювачі.

**Key words:** oil, separation device, simulation, separation, separator for petroleum production, optimization, cleaning, phase separation equipment.

Після видобутку сирої нафти зі свердловини, перед транспортуванням, зберіганням та переробкою на цільові продукти, здійснюється її первинна підготовка, під час якої відбувається дегазація, деемульсація, знесолення та очистка від механічних домішок. Для зниження металоємності та об'ємів обладнання, спрощення розробки та впровадження автоматизованих систем управління, дані технологічні операції одночасно протікають у фазних розділювачах (багатофазних сепараторах), що поєднують у своїй конструкції сепараційні пристрої засновані на різних способах очистки. Необхідно відмітити, що існуючі алгоритми розрахунку сучасних фазних розділювачів не дають повного уявлення про характер процесів, що в них протікають. Тому проєктовані апарати не завжди відповідають існуючим вимогам до якості розшарування водонафтових емульсій та очистки газових потоків, саме тому відбувається втрата значної кількості легких вуглеводнів  $C_1-C_4$ .

На сьогоднішній день вирішити цю проблему можливо шляхом дослідження гідродинаміки існуючих конструкцій сепараційних пристроїв за допомогою сучасних програмних комплексів, що засновані на методі скінченних об'ємів. За допомогою даного підходу у роботі [1] детально розглядається поведінка потоків у внутрішньому об'ємі розділювачу з метою вдосконалення сепараційного обладнання, визначаються вплив розподілу розмірів часток дисперсної фази на продуктивність апарату та ефективність роботи окремих сепараційних пристроїв, а саме вхідного розподілювачу, відбійної перегородки, пакету пластинчастої насадки та вихідного тумановловлювача. Також у дослідницьких роботах звертається увага на вплив параметрів потоку - швидкість, гідравлічний опір, концентрація дисперсної фази та ін., на ефективність та інтенсивність процесу розділення з метою визначення оптимальних габаритних розмірів сепараторів [2]. Звичайно, що результати досліджень методами обчислювальної гідродинаміки (CFD-методи), потребують верифікації з результатами експериментів [1-3].

Отже, метою дослідження є підвищення ефективності, оптимізація та інтенсифікація процесу сепарації, визначення найбільш сприятливої компоновки та конструкції модульних сепараційних елементів, комплексне вивчення гідродинаміки і структури газорідних потоків [4]. Задачі досліджень полягають у проведенні комп'ютерного моделювання процесів розділення у сепараційному обладнанні, визначення локальних гідродинамічних параметрів потоків, швидкостей та тиску, прогнозуванні ефективності розділення в окремих сепараційних

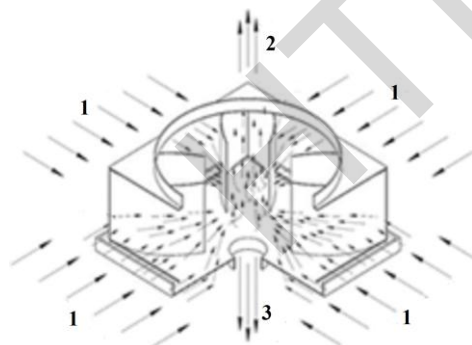


Рисунок 2 – Динамічний сепараційний елемент з чотирма входами (1 – газорідний потік, 2- очищений газ, 3 – вловлена рідина)

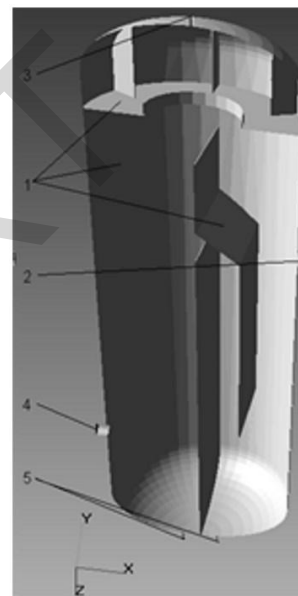


Рисунок 1 – Граничні умови: 1 - стінка з логарифмічним профілем швидкості в пристінковій зоні; 2 - вхід газорідної суміші; 3 - вихід газу; 4 – вихід бензину; 5 - вихід води.

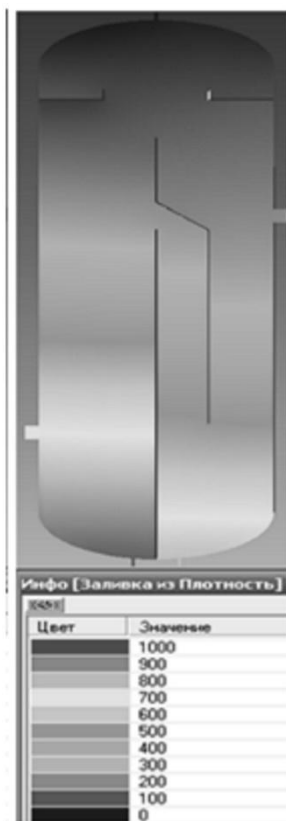


Рисунок 3 - Заливки за густиною потоку у повздовжньому перетині бензосепаратора

елементів, оптимальному компоунанні фазних розділювачів з застосуванням модульних сепараційних пристроїв. Об'єктом досліджень обрано бензосепаратор УСН Гнідинцівського ГПЗ, має вигляд циліндричної вертикальної ємності, у якій розміщені відбійні та переливні пластини для гравітаційно-інерційної сепарації газорідного потоку. Конструкцією бензосепаратора передбачено встановлення сітчастого тумановловлювача, оскільки легкі вуглеводні  $C_1-C_4$ , що перебувають у вигляді дрібнодисперсних часток, можуть видалятися з апарату у складі газового потоку, тому вихідний газовий потік потрібно очистити від дисперсної рідини. На першому етапі дослідження проводимо чисельне моделювання гідродинаміки бензосепаратора, у програмному комплексі Flow Vision. Для імітації двофазної течії за незначних чисел Рейнольдса та при малій зміні густини застосовується математична модель "Incompressible fluid" (Нестискаєма рідина) з додатковою моделлю "Particles" (Частки). При цьому чисельно вирішуються рівняння Нав'є-Стокса, рівняння збереження енергії, рівняння збереження імпульсу та рівняння нерозривності. Розрахункова область геометрії бензосепаратора створена у відповідності до розмірів промислового зразку (діаметр корпусу 3800 мм, висота циліндричної частини корпусу 11400 мм, внутрішній об'єм апарату 110 м<sup>3</sup>). Початкові та граничні умови приймаються у відповідності до регламенту та режимних параметрів роботи УСН, тиск  $P=305$  кПа, температура ШФЛВ  $T=35^{\circ}C$ , швидкість вхідного потоку 10 м/с. Згенеровано адаптовану розрахункову сітку розмірами 20x30x20 осередків. Поверхні для задання граничних умов та розрахункова область геометрії зображені на рисунку 1. Наступним етапом дослідження є верифікація отриманих даних у результаті чисельного моделювання, яку можливо здійснити порівнявши параметри технологічного режиму роботи апарату та результати імітації гідродинаміки. Рівень розподілу фаз за регламентом УСН складає від 30% до 70% або від 2800 мм до 2950 мм за шкалою рівнеміра. Рівень розподілу фаз по результатам моделювання можливо визначити з ізоліній густини потоку у повздовжньому перетині, та як видно з рисунку 3 рівень розподілу фаз складає 45%, що відповідає вказаному у регламенті УСН. Отже, проведене моделювання можна вважати достовірним та спиратися на його результати у подальших дослідженнях. Основним недоліком бензосепаратора є недостатня ступінь очистки газового потоку від дисперсної

рідини, яка реалізується сітчастим тумановловлювачем. При відносно малій швидкості газового потоку краплини рідини проходять сітчасту набивку разом із газовим потоком, при збільшенні швидкості газу рідина накопичується у відбійнику і відбувається повторне унесення краплин, що значно знижує ефективність сепарації дисперсної рідини у обох випадках. Тому для запобігання даної проблеми було запропоновано встановити динамічний сепараційний елемент, який являється вихідним модульним сепараційним пристроєм та призначений для уловлення дрібнодисперсних часток при різких змінах гідродинамічних параметрів потоку. Принцип роботи та конструкція сепараційного елемента зображена на рисунку 2. В подальшому планується провести перевірку можливості його застосування за допомогою комп'ютерного моделювання течії газорідної суміші крізь пристрій. Моделювання динамічного сепараційного елемента необхідно проводити у програмному комплексі ANSYS Workbench, а саме у модулях Fluent та Transient Structural об'єднаних за допомогою технології System Coupling. Це пов'язано з тим, що для дослідження процесу розділення необхідно вирішувати задачу гідроаеропружності. Перед початком моделювань пристрою окремо, необхідні дані щодо початкових та граничних умов, а саме розподілу швидкостей на вході до пристрою. Вказані дані визначаємо по результатам проведеного чисельного експерименту за заливкою по значенню швидкості у поперечному перетині до напрямку руху потоку, зображеному на рисунку 4. Швидкість газорідного потоку у місцях розташування вхідної частини динамічного сепараційного елемента складає, як видно із заливкою за швидкістю, 3-6 м/с. Підвищення ефективності роботи даного апарату, а саме інтенсивності дегазації рідини, можливе лише до певного значення, оскільки обмежується вільною площею поверхні розділення фаз. Вертикальний сепаратор має незначну площу вільної поверхні горизонтального перетину, тому для розділення газорідних сумішей зі значним газонасиченням рідини застосовуються горизонтальні фазні розділювачі [6].



Рисунок 4 - Заливки за швидкістю потоку у поперечному перетині бензосепаратора

Горизонтальний трифазний сепаратор, має вигляд циліндричної ємності, розділеної на вхідну сепараційну секцію, що призначена для початкового відділення газорідного потоку від рідини, секцію осадження, в якій відбувається процес розшарування вуглеводневої емульсії, та секції краплевловлення (рисунок 5). Головним недоліком апаратів даного типу є порівняно незначна продуктивність, оскільки зазвичай процеси розділення в них протікають під дією сил гравітації, відповідно займають значні проміжки часу необхідні для вільного осадження та спливання дисперсних часток і переходу до суцільної фази. Для вдосконалення даного апарату пропонується застосувати модульний підхід, як і у випадку з бензосепаратором УСН Гнідинцівського ГПЗ. Так замість встановлених на вході до апарату зливних полицок, на яких відбувається виділення основної кількості газу із газорідної суміші, пропонується розмістити вертикальний шнековий елемент, який забезпечує вищу ефективність дегазації за рахунок додаткового застосування отдувочного газового потоку та значно більшої вільної поверхні розподілу фаз. Дослідження вертикального шнекового дефлектору було проведено в роботі [7]. Щоб підвищити ефективність вловлювання рідини з нафтового газу, який вивільнився, пропонується встановити блок динамічних сепараційних елементів, що складається з пружних пластин, консольно закріплених під гострим кутом до напрямку потоку, у місці розташування секції краплевловлення, яка виконується зазвичай у вигляді пакету гофрованих пластин. Для проведення дослідження роботи динамічних сепараційних пристроїв, як вказувалось вище, необхідно вирішити задачу гідроаеропружності.

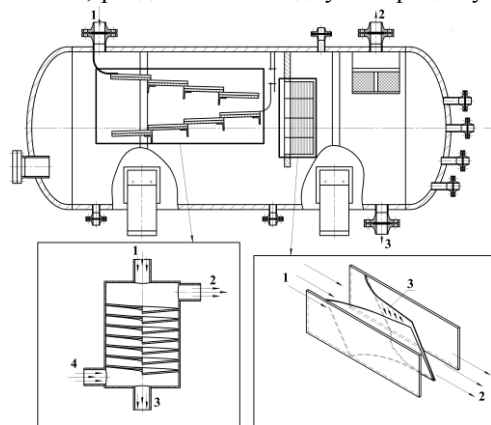


Рисунок 5 – Конструкція горизонтального трифазного розділювача та пропонувані модульні сепараційні елементи (1 – газорідний потік, 2 – очищений газ, 3 – відділена рідина, 4 – отдувочний газ)

В якості вихідних даних приймалися результати технологічного розрахунку апарату, а саме швидкість руху газорідного потоку вздовж апарату яка може змінюватись від 2 до 6 м/с. На даному етапі задавалось постійне значення об'ємної частки рідини 0,0002, діаметр краплин 1 мкм. Чисельне моделювання проводилось з використанням програмного комплексу ANSYS Workbench, а саме модуль Fluent та Transient Structural, з об'єднанням за допомогою технології System Coupling [8]. Дана задача являється затратною для обчислення,

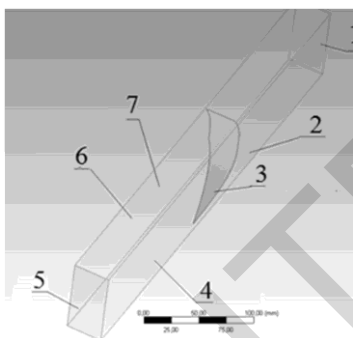


Рисунок 6 – Граничні умови для розрахунку динамічного сепараційного елемента (1 – inlet, 2 – symmetry, 3 – wall, deforming, 4 – wall, bottom, 5 – outlet, 6 – wall top, 7 – wall)

тому щоб зменшити розрахункову сітку будемо вирішувати симетричну задачу. Але при побудові моделі необхідно враховувати, що два лопаткові елементи контактують, що являється неможливим при розрахунку потоку, для цього в модулі Transient Structural вводимо твердий елемент, який буде запобігати зімкненню пружних пластин. Між введеним твердим тілом та пружною пластиною задаємо тип контакту Frictionless, який являється контактом без тертя. Кромку пластини закріплюємо у всіх напрямках за допомогою Fixed Support. На рисунку 6 наведені граничні умови для розрахунку течії в каналі. Оскільки канал по якому проходить потік має рухомі границі необхідно використовувати деформовану розрахункову сітку. В ANSYS Fluent доступна велика кількість методів її перебудови та деформації, які обираються в залежності від швидкості та значень переміщень. У даному випадку було обрано для кожної границі свої методи деформації сітки, а саме: вхід (inlet) та вихід (outlet) були нерухомими (Stationary), деформованими (Deforming) – верхня (wall\_top) та нижня (wall\_bottom) стінки каналу, оскільки їх частиною є кромки пружної пластини, поверхні пружної пластини для обміну даними з модулем Transient Structural – FSI. Для зменшення часу розрахунку до гранично

можливих значень скошеності елементів (0.95) та якості ортогональності (0.01) число вузлів та зв'язки між ними не змінювались, а лише деформувались самі елементи, за допомогою методу згладжування (Diffusion Smoothing).

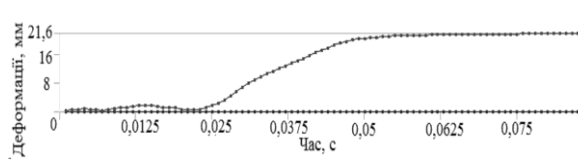
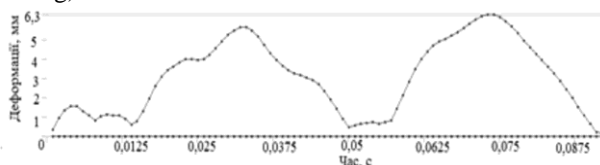


Рисунок 7 – Залежність переміщень пластини від часу отримані для швидкості входу 6 м/с та товщини пружної пластини 0,5 мм (а) та 1 мм (б)

Після виходу якості елементів за допустимі межі автоматично додавались або перебудовувались лише деякі елементи за допомогою Local cell Remeshing та при неспроможності підтримувати якість елементів при використанні попередніх двох функцій на необхідному рівні повністю перебудовувався весь внутрішній об'єм, використовуючи при цьому Zone Remeshing. Для моделювання руху газорідної суміші була обрана модель турбулентності k-ε та для врахування багатофазності потоку модель Eulirian. В результаті отриманих розрахунків було визначено, що починаючи зі швидкості входу газорідного потоку 3 м/с виникають коливання елементів з частотою 104 Гц та зростають до частоти в 153 Гц для швидкості входу 6 м/с. Траєкторія руху передньої кромки пружної пластини вказана на рисунку 7 а. Зрозуміло, що при коливанні пружних елементів відбувається розбризкування шару вловленої рідини з їх поверхні, тому для запобігання розбризкування було вирішено збільшити товщину елементів до 1 мм, на рисунку 7 б вказана траєкторія руху кромки елемента для швидкості входу 6 м/с. Необхідно відмітити, що під час проведення досліджень виникла ідея не запобігати коливанню елементів, а використовувати їх для коливання потоку, що як відомо може підвищити ефективність розділення газу та рідини за рахунок коагуляції дисперсних краплин. Прототипом даного підходу до розділення є метод акустичної віброкоагуляції краплин. Саме на дослідження даних явищ і будуть направлені подальші дослідження.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР №0117U003931 «Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання») під керівництвом д.т.н., гол. наук. співробітника Ляпощенко О.О.

### Висновки

Існуюче сепараційне обладнання, що застосовується на установках стабілізації нафти/конденсату, відрізняється застарілим конструктивним оформленням та низьким ступенем розділення багатофазних потоків. Принципово новим підходом до його вдосконалення є метод оптимізаційного компонування з застосуванням модульних сепараційних пристроїв. При перевірці запропонованих варіантів компонування проводилось чисельне моделювання гідродинаміки потоків у фазних розділювачах. У результаті чого було визначено гідродинамічні параметри потоку, а саме локальний розподіл швидкостей та густини, а також висота вільної поверхні розподілу фаз. Співставлення результатів моделювань з регламентом та режимними параметрами роботи УСН підтвердили достовірність числового експерименту. Також було проведено моделювання динамічного сепараційного пристрою, для застосування в горизонтальних фазних розділювачах. В результаті була виявлена оптимальна товщина пружних пластин динамічних сепараційних елементів при яких не відбувається їх коливання. Був запропонований спосіб віброкоагуляції при якому не буде необхідності запобігати коливанням пружних елементів, саме на вивчення даного способу і будуть направлені подальші дослідження.

Застосування вищевказаних методів при проектуванні окремих сепараційних елементів та обладнання в цілому дозволяє одночасно вивести на новий рівень основні робочі параметри, ефективність та інтенсивність сепарації, продуктивність, зменшити матеріалосмієність розділювачів та капітальні і експлуатаційні затрати при їх виробництві, а також енергетичні затрати на транспортування та переробку нафти.

### Література

1. N. Kharoua, CFD Modelling of a Horizontal Three-Phase Separator: A Population Balance Approach / N. Kharoua, L. Khezzar, Petroleum Institute, Abu Dhabi, United Arab Emirates, H. Saadawi, Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operation (ADCO), Abu Dhabi, United Arab Emirates // American Journal of Fluid Dynamics 2013, N. 3(4): P. 101-118.
2. Pourahmadi Laleh, Computational Fluid Dynamics-Based Study of an Oilfield Separator--Part II: An Optimum Design. / Pourahmadi Laleh, A., Svrcek, W. Y., & Monnery, W. // Oil and Gas Facilities, Society of Petroleum Engineers, Journal Paper 2013, February 1 P. 52 - 59
3. Pourahmadi Laleh, Computational Fluid Dynamics-Based Study of an Oilfield Separator--Part I: A Realistic Simulation. / Pourahmadi Laleh, A., Svrcek, W. Y., & Monnery, W. // Oil and Gas Facilities, Society of Petroleum Engineers, Journal Paper 2012, December 1 P. 57 - 68
4. О.О. Liaposhchenko Hydrodynamics simulation and forecasting the efficiency of separation equipment oil stabilization unit of Gnidyntsy gas processing plant / O.O. Liaposhchenko, I.V. Pavlenko, M.M. Demianenko, O.Ye. Starynskyi // II International Scientific and Technical Conference "Machines, Equipment and Materials for Oil and Gas Production Increase" PGE – 2018 24 – 27 April - Ivano Frankivsk 2018 – P. 340 – 342.
5. Пат. 111039 У Україна, МПК (2016.01) B01D 45/00. Спосіб вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку / О.О. Ляпощенко, О.В. Настенко, І.В. Павленко, М.М. Дем'яненко, О.Є. Старинський (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u201605061; заявл. 06.05.2016; опубл. 25.10.2016, бюл. № 20
6. Павлено І. В. Оптимізаційне компонування трифазних сепараторів для установок стабілізації вуглеводневої сировини / Павлено І. В., Дем'яненко М.М., Старинський О. Є., Ковтун В. В., Борисова Н. В.// Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної

конференції (м. Суми, 17–20 квітня 2018 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко – Суми : Сумський державний університет, 2018. – С. 232.

7. Ляпошенко, О.О. Моделювання процесів сепарації та розробка методики розрахунку трифазного сепаратора / О.О. Ляпошенко, І.В. Павленко, Р.Ю. Усик, М.М. Дем'яненко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій : науковий журнал. – Серія «Технічні науки». – 2015. – № 47. – Т. 1. – С. 62–66.

8. Sloboda, O., Numerical approach in aeroelasticity. / Sloboda, O., Korba, P., Hovanec, M., & Pila, J. // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 2016, Vol. 93, P. 115–122.

УДК 663.26

## СУЧАСНІ СЕПАРУВАЛЬНІ АПАРАТИ ДЛЯ ВИНОПРОДУКТІВ

Ковалевський К.А. проф., к.т.н., Валько М.І. проф., д.т.н., Мамай О.І. доц., к.т.н., Кузьміна Т.О. проф., д.т.н., Яковенко Т.О., асистент.

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

## MODERN SEAFINDING EQUIPMENT FOR WINE PRODUCTS

Kovalevskiy K.A., PhD in Tech.Sci., prof., Valko M.I., Dr. of Tech.Sci., prof., Mamay O.I., PhD in Tech.Sci., Asosiate prof., Kuzmina T.O., Dr. of Tech.Sci., prof., Yakovenko T.O., assistant

Kherson National Techikal University, Kherson, Ukraine

**Анотація.** В статті наводяться результати досліджень щодо застосування гідроциклонів для відокремлення твердих частинок з виноградного суслу, виноградного насіння з вичавок, а також для освітлення дифузійного соку після екстракції виноградних вичавок, стічних вод та інших забруднених рідин. В результаті проведених досліджень визначені оптимальні параметри гідроциклонів при відокремленні різних твердих частинок. Запропоновано режими роботи гідроциклонів, при яких досягаються максимальні ефекти розподілу. Для розподілу використовуються різні конструкції гідроциклонів, з регулюванням отвору виходу осадів з обертовим активатором, тощо.

**Ключові слова:** виноградне насіння, сусло, обертовий активатор, ефект розподілу.

**Abstract.** The article presents the results of research on the use of hydrocyclones for separation of solid particles from grape wort, grape seeds from grease, and for clarification of diffusion juice after extraction of grape scraps, sewage and other contaminated liquids. As a result of the studies, the optimum parameters of hydrocyclones were determined in the separation of various solid particles. The operating modes of hydrocyclones are proposed, at which the maximum separation effects are achieved. For separation, various designs of hydrocyclones are used, with the adjustment of the outlet of the precipitation, and also with the rotating activator.

**Key words:** grape seeds, wort, adjustable cross section, rotating activator, separation effect.

Гідроциклони відносяться до класу вихрових апаратів, призначених для поділу рідких неоднорідних систем (суспензій, нестійких емульсій та газовмісних рідин) в полі відцентрових сил [1]. Завдяки простоті конструкції, компактності, високій питомій продуктивності та надійності, гідроциклони набули широкого застосування в хімічній, нафтовидобувній, гірничорудній, харчовій галузях, в енергетиці, металургії, а також в системах очищення промислових і побутових стічних вод [2]. Ці апарати вигідно відрізняються можливістю застосування в безперервних замкнутих технологічних циклах і в безвідходних виробництвах із забезпеченням порівняно високої якості розділення сумішей. Фактор поділу в гідроциклонах становить 500 ... 2000, а в гідроциклонах і мультициклонах високого тиску - до 5000.

Практичне застосування гідроциклонів в ряді галузей промисловості (цукрової, крохмале-патокової, олійно-жирової, консервної та ін.), а також позитивні результати досліджень з освітлення сусла і виноматеріалів, суспензій при переробці вторинних продуктів виноробства свідчать про можливість використання цього типу апаратів у виноробстві. Гідроциклони застосовувались у виноробстві для відокремлення виннокислого вапна від маточного розчину, для відокремлення завислих частинок від сусла при подачі його на сепаратор, для очищення цукрового сиропу в плодово-ягідному виробництві, для відокремлення кристалів винного каменю з виноматеріалу і ін. [3-5]. За кордоном гідроциклони на винзаводах використовуються, як правило, для видалення піску із сусла і захисту від зношування дорогих барабанів сепараторів [6,7].

До переваг гідроциклонів відносять простоту конструкції, відсутність обертових частин, малі габаритні розміри і велику продуктивність. Проте, незважаючи на простоту конструкції гідроциклонів, розробка

МОДЕЛЮВАННЯ РЕАКТОРА НАСИЧЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКАТІВ	
<b>Гузьова І.О., Атаманюк В.М.</b> .....	78
УНИФИЦІРОВАННИЙ ПОДХОД К МОДЕЛЮВАННЮ КАВІТАЦІОННИХ РЕАКТОРІВ	
<b>Иваницкий Г.К., Недбайло А.Е., Коник А.В., Целень Б.Я., Гоженко Л.П.</b> .....	84
МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У АПАРАТІ З ПНЕВМАТИЧНИМ ПЕРЕМІШУВАННЯМ	
<b>Данилюк О. М., Атаманюк В.М., Гумницький Я.М.</b> .....	89
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УВАРЮВАННЯ СОКУ ТА ЙОГО ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	
<b>Маяк О.А., Сардаров А.М., Костенко С.М., Гриценко О.Ю., Шершньов Г.Г.</b> .....	94
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ И ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ БИОМАССЫ	
<b>Сороковая Н.Н., Коринчук Д.Н.</b> .....	99

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ**

КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ АДСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ГЕЛПОУСТАНОВОК	
<b>Беляновська О.А., Пустовой Г. М., Суха І.В., Губинський М.В., Литовченко Р.Д., Сухий К.М.</b> .....	106
ЗАСТОСУВАННЯ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ВИЛУЧЕННІ БІЛКІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ	
<b>Сабадаш В.В., Гумницький Я.М.</b> .....	111
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ	
<b>Пазюк В.М.</b> .....	116
ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСА ТЕПЛООБМЕНА СОЛНЕЧНОЇ УСТАНОВКИ	
<b>Селихов Ю.А., Коцаренко В.А.</b> .....	120
ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК У ПРОЦЕСАХ КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ	
<b>Крусір Г.В., Сагдєєва О.А., Чернишова О.О., Мадані М.М., Гаркович О.Л.</b> .....	125
ПРО ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ТА ЗАОЩАДЖЕННЯ РЕСУРСІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ТОМАТІВ	
<b>Гаврилов О.В.</b> .....	131
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ КОМПЛЕКСУ ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИЦІЙНОГО БІОПАЛИВА	
<b>Коринчук Д. М., Снєжкін Ю.Ф., Бунецький В. О.</b> .....	134
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ УТИЛІЗАЦІЇ-МОДИФІКАЦІЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ ТА ПАКУВАННЯ	
<b>Бухкало С.І.</b> .....	140
ЗАСТОСУВАННЯ СОЛЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ РІЗНОГО ТИПУ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ	
<b>Ощипок І.М.</b> .....	143

## **ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ ВИРОБНИЦТВ**

АНАЛІЗ СИРОВИНИ, ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВИХ ПОРОШКІВ	
<b>Потапов В.О., Євлаш В.В., Педорич І.П.</b> .....	149
ІНФРАЧЕРВОНЕ СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВІБРОХВИЛЬОВИМ КОНВЕЄРОМ. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ	
<b>Паламарчук І.П., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.О.</b> .....	153
РАЦІОНАЛЬНЕ КОМПОНУВАННЯ ФАЗНИХ РОЗДІЛЮВАЧІВ З МОДУЛЬНИМИ СЕПАРАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ	

---

<b>Ляпошенко О.О., Іванов В.О., Павленко І.В. Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Ковтун В.В. ...</b>	159
<b>СУЧАСНІ СЕПАРУВАЛЬНІ АПАРАТИ ДЛЯ ВИНОПРОДУКТІВ</b>	
<b>Ковалевський К.А., Валько М.І., Мамай О.І., Кузьміна Т.О., Яковенко Т.О. ....</b>	164
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ</b>	
<b>Бурдо О.Г., Зыков А.В., Мордынский В.П., Светличный П.И., Пур Д.Р. ....</b>	169
<b>СПОСІБ ПЕРЕРОБКИ ЯГІД ВИНОГРАДУВ НАТИВНОМУ СТАНІ</b>	
<b>Кепін М.І. ....</b>	175
<b>ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ БЛОЧНОГО ВИМОРОЖУВАННЯ</b>	
<b>Трішин Ф.А., Светлічний П.І., Трач О., Орловська Ю.В. ....</b>	180
<b>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ В УМОВАХ МІНІ-ЦЕХІВ</b>	
<b>Осадчук П. І., Дударев І. І. ....</b>	185
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЙ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА В СОВРЕМЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ</b>	
<b>Потапов В.А., Белый Д.В. ....</b>	189
<b>СИРОВИННІ РЕСУРСИ ПТАХОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	
<b>Хомічук В.А., Усатенко Н.Ф. ....</b>	192
<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАМЕСА ТЕСТА – ЗАДАЧИ И ОТВЕТЫ</b>	
<b>Янаков В.П. ....</b>	194
<b>РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЛАСТИФІКАЦІЇ МАСЕЛ І ЖИРІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	
<b>Хомічук В.А., Гнядий А.В. ....</b>	197
<b>ИННОВАЦИОННОЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ</b>	
<b>Грабова Т.Л., Шматок А.И., Посулько Д.В., Сильягина Н.Б., Степанова О.Е. ....</b>	199
<b>АПАРАТИ ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ</b>	
<b>Бандура В. М., Яровий І.І., Маренченко О. І. ....</b>	204