

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВІБРОУДАРНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРСНИХ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Розглядаються умови та припущення, які були застосовані під час моделювання процесів віброударного зневоднення відходів харчових виробництв (спиртової барди, пивної дробини, бурякового жому, кавового шламу) з метою їх подальшого використання в якості добавок до сільськогосподарських кормів або як палива.*

**Ключові слова:** моделювання, віброударне зневоднення, відходи харчових виробництв, тверді частинки, рідинна фаза, інерційні, в'язки та пружні опори, елементи сухого тертя.

### **Abstract**

*Conditions and assumptions that were applied during modeling of processes of vibro-blowing dehydration of food-processing wastes (alcohol bards, beer pellets, beet pulp, coffee sludge) for their further use as additives to agricultural fodder or as fuel, are considered in this thesis.*

**Keywords:** modeling, vibro-blowing dehydration, food industry waste, solid particles, liquid phase, inertia, bundles and elastic supports, dry friction elements.

### **Вступ**

Харчова промисловість є на даний момент однією з основних галузей України зі значними обсягами виробництва та відходів, таких як спиртова барда, пивна дробина, буряковий жом, кавовий та ячмінний шлам, що являють собою вологі дисперсні матеріали. На вітчизняних підприємствах в більшості випадків дані відходи зливаються на найближчі вільні земельні ділянки, забруднюючи навколишнє середовище. Але у випадку зневоднення цих відходів до вологості 20 – 25% вони можуть використовуватись як цінні високопоживні добавки до сільськогосподарських кормів або в якості висококалорійного палива.

Найбільш поширені способи механічного зневоднення на шнекових пресах та декантерних центрифугах [1] є продуктивними та неенергоємними, але не забезпечують кінцеву вологість відходів нижчу 74 – 76%, що призводить до необхідності здійснювати їх додаткове сушіння і суттєво збільшує загальні енерговитрати. Термічні способи є найбільш енергоємними (зневоднення відходів на найбільш економічних вакуумних сушарках потребує витрат 740 – 760 кВт·год на тону видаленої рідини. Що стосується хімічних та біологічних способів, то вони здійснюються на великогабаритних і дорогих технологічних комплексах, зі значними витратами хімікатів, пари та електроенергії. У зв'язку із цим, за основними показниками ефективності (продуктивністю, енергоємністю та забезпечуваною кінцевою вологістю відходів) найбільш раціональними слід вважати механічні способи, але для підвищення їх ефективності пропонується на останній стадії зневоднення застосовувати віброударне навантаження на установках з гідроімпульсним приводом, що дасть змогу при мінімальних витратах часу та енергії знизити кінцеву вологість відходів до потрібних 20 – 25%.

Метою роботи є розроблення динамічних та математичних моделей процесів віброударного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв, що дасть змогу установити зв'язки між параметрами навантаження відходів, їх фізико-механічними характеристиками, робочими параметрами процесів та їх ефективністю. Ці залежності, в свою чергу, можуть у подальшому використовуватись для створення методики проектного розрахунку процесів та обладнання для зневоднення відходів харчових виробництв.

### **Результати дослідження**

Попередній аналіз процесів віброударного зневоднення відходів харчових виробництв у прес-формі закритого типу на установках з гідроімпульсним приводом [2], здійснений з позицій механіки, гідравліки, реології та резонансно-структурної теорії віброударного пресування непластичних

порошкових матеріалів [3] показав їх значну складність. У зв'язку із цим, для спрощення моделювання даних процесів пропонується здійснювати його за етапами навантаження порції відходів і окремо для їх рідкої і твердої фаз та різних ділянок порції (біля днища прес-форми та пуансона, у середніх перерізах порції та біля її периферії. Взаємодію між сусідніми частинками відходів, що зневоднюються будемо моделювати за допомогою зведених інерційних, пружних, пластичних та дисипативних елементів (елементів в'язкого тертя) та елементів сухого тертя. Враховуємо також стискання твердих частинок та знаходження їх у зваженому стані (вплив Архімедівської сили).

Математичні моделі процесів зневоднення містять рівняння балансів енергії, що передається від виконавчих елементів установки до відходів, які зневоднюються, диференціальні рівняння руху виконавчих елементів та диференціальні рівняння руху твердої та рідкої частинки відходів на етапах їх вертикальних зворотно-поступальних переміщеннях у продовж циклу віброударного зневоднення. При цьому у зв'язку із постійним рівномірним перерозподіленням твердих частинок по об'єму прес-форми під впливом дотичних та стискальних прямих та зворотних напружень та деформацій вважаємо, що відстані між даними частинками є рівномірними і такими, що від циклу до циклу віброударного навантаження поступово зменшуються. Запропоновані залежності для визначення цих відстаней, а також для обчислення зміни густини твердої та рідкої фаз відходів.

### Висновки

1. Аналіз механізму протікання процесів віброударного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв на гідроімпульсних вібропресах та установках є надзвичайно складним і повинен здійснюватись з позицій механіки, гідравліки, реології, а також із застосуванням положень резонансно-структурної теорії процесів віброударного інерційного пресування сухих непластичних порошків.

2. Згідно із проведеними нами розрахунками, висока ефективність попереднього віброударного зневоднення у прес-формі закритого типу, у порівнянні із процесами статичного пресування, обумовлена істотно вищою (у 3 і більше разів) швидкістю передачі енергії від виконавчих елементів гідроімпульсного вібропреса частинкам вологих дисперсних відходів, мірою якої є потужність  $N_z$ , тоді як загальна величина цієї енергії є в 40 – 50 разів меншою. Завдяки цьому, значно підвищується ймовірність руйнування структурних і фізико-механічних зв'язків між частинками рідинної та твердої фаз, а отже й ступінь зневоднення останньої.

3. У порівнянні із процесами статичного пресування, під час попереднього віброударного зневоднення забезпечується 10 - 20-разове збільшення прискорень твердих частинок порції відходів, що при їх незмінній масі призводить до відповідного зростання сил інерції, під впливом яких, в момент різкого гальмування твердих частинок фільтрувальною сіткою, в основному і руйнуються їх зв'язки з частинками рідинної фази, що також обумовлює вищу ефективність пропонованих способу та обладнання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Севостьянов И. В. Процессы и оборудование для виброударного разделения пищевых отходов [Текст]: монография/ И. В. Севостьянов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 417 с.
2. Севостьянов И. В. Математичне моделювання процесів віброударного сепарування вологих дисперсних матеріалів/ І. В. Севостьянов, Р. Д. Іскович-Лотоцький // Вібрації в техніці та технологіях, 2008. - №2. - С. 39 – 45.
3. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування/ Іскович-Лотоцький Р. Д. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 338 с.

**Бондаренко Віктор Володимирович** — студент групи ІГМ-16м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [22583@ukr.net](mailto:22583@ukr.net) .

Науковий керівник: **Севостьянов Иван Вячеславович** – д-р техн. наук, професор, професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Bondarenko Viktor I.** — department of mechanical engineering and transport, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, e-mail : [22583@ukr.net](mailto:22583@ukr.net)

Supervisor: **Sevostyanov Ivan V.** - dr. sc. (eng.), professor, professor of the chair of branch-wise mechanical engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia.