

УДК 664.061.4:084

REGULARITIES OF LOW- AND HIGH-FREQUENCY MECHANICAL OSCILLATIONS INFLUENCE ON EXTERNAL MASS TRANSFER AT PERIODICALLY VIBROEXTRACTION

V. Zavialov, V. Dekanskiy

National University of Food Technologies

Key words:

Grain raw material

Vibroextraction

Mass transfer

Dissolution

Aluminum sulphate

The rate of flow

Article history:

Received 27.03.2014

Received in revised form

03.04.2014

Accepted 15.04.2014

Corresponding author:

V. Zavialov

Email:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The results of studying external mass transfer using model sample of aluminum sulphate in conditions of periodic vibroextraction of components from grain plant materials in poly action of low- and high-frequency mechanical oscillations of two-phase system are presented. The use of the proposed method of periodic vibroextraction with combined energy supply is rationalized.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ НИЗЬКО- І ВИСОКО-ЧАСОТНИХ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ НА ЗОВНІШНІЙ МАСОБМІН ПРИ ПЕРІОДИЧНОМУ ВІБРОЕКСТРАГУВАННІ

В.Л. Зав'ялов, В.Є. Деканський

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати дослідження зовнішнього масообміну з використанням модельних зразків сірчаноокислого алюмінію в умовах періодичного віброекстрагування цільових компонентів із зернової рослинної сировини в полі дії низько- і високочастотних механічних коливань двофазової системи. Підтверджено доцільність використання запропонованої методики при періодичному віброекстрагуванні з комбінованим енергопідведенням.

Ключові слова: *зернова сировина, віброекстрагування, масовіддача, розчинення, сірчаноокислий алюміній, швидкість обтікання.*

Розроблення нової прогресивної твердофазової екстракційної апаратури, зокрема віброекстракторів, в основу роботи яких покладено застосування низькочастотних механічних коливань, потребує пошуку нових і вдосконалення вже існуючих способів оцінювання ефективності спроектованого апарата. Так, для процесів масообміну в системі рідина — тверде тіло (частинка) може бути визначальною ефективною швидкістю обтікання твердого тіла, нерухомо встановленого в потоці екстрагента, за швидкістю його фізичного розчинення (за дифузійним типом).

Результати застосування цього методу враховуватимуть лише зовнішній масообмін (за встановленими умовами обтікання поверхні частинки), ефективність якого забезпечується досконалістю конструкції екстрактора та його окремих елементів, і не враховуватимуть внутрішнє дифузійне переміщення цільового компонента всередині частинки.

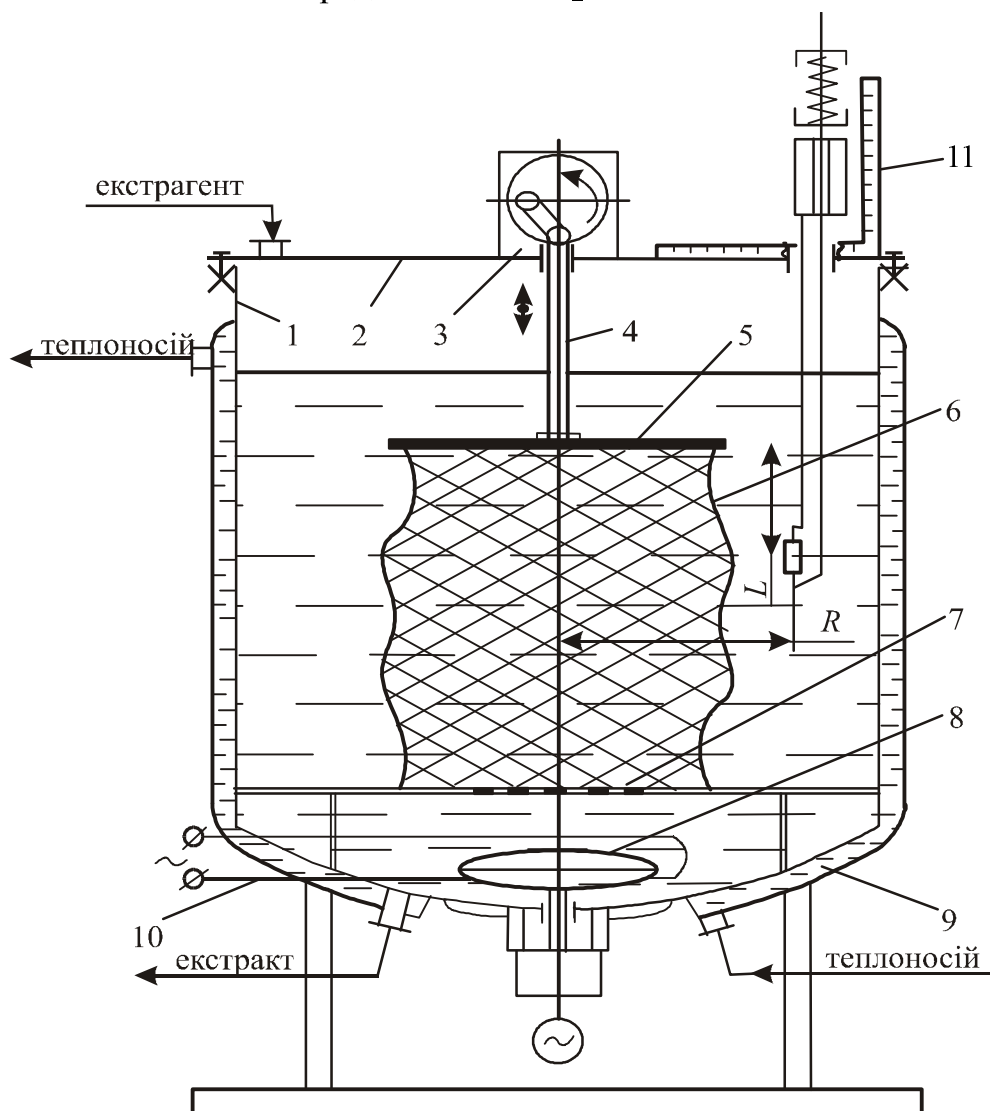


Рис. 1. Віброекстрактор з віброперемішувальною системою і з високочастотним випромінювачем: 1 — корпус; 2 — кришка; 3 — вібропривід; 4 — шток; 5 — перфорований диск; 6 — гнучкий контейнер; 7 — опора; 8 — високочастотний випромінювач; 9 — нагрівна оболонка; 10 — теплоелектронагрівач; 11 — пристрій для встановлення зразка в заданій координатній точці

З метою перевірки гіпотези впливу високочастотних коливань на інтенсивність зовнішнього масообміну (руйнування пограничної плівки, оновлення поверхні контакту фаз — згідно з «теоріями» масопередачі) в умовах періодичного віброекстрагування, нами були проведені досліді на віброекстракторі періодичної дії (рис. 1, [1]). У циліндричному корпусі віброекстрактора 1 розміщувалась віброперемішувальна система, що складається з гнучкого контейнера 6, проникного для екстрагенту, з попередньо завантаженою рослинною сировиною, закріпленого на ситчастій опорі 7 та з'єданого штоком 4 через верхній перфорований диск 5 з віброприводом 3 — джерелом низькочастотних механічних коливань. Формування міжфазової турбулентності на мікрорівні в апараті забезпечується додатково встановленим високочастотним випромінювачем 8. Так, при коливальному русі фаз унаслідок різниці їх густин біля поверхні поділу виникають різноспрямовані градієнти швидкостей, що утворюють певні пари сил, які, у свою чергу, викликають в цій зоні мало масштабні вихори. Тертя, що виникає між потоками вихорів екстрагенту й поверхнею твердої фази, підсилює ефект руйнування пограничної плівки. Одночасно великоамплітудні вихори, генеровані віброперемішувальною системою, у свою чергу, забезпечують масоперенесення на великомасштабному рівні в робочому об'ємі апарата. Отже, одночасна дія велико- та маломасштабних вихорів забезпечуватиме збільшення загальної ефективності конвективної й молекулярної дифузій.

Дослідження ефективності зовнішнього масообміну при віброекстрагуванні виконувались з використанням модельних зразків циліндричної форми та визначених розмірів, виготовлених із сірчаноокислого алюмінію (із захищеними від розчинення спеціальним покриттям торцями) і розміщених у суміші екстрагента (води) й подрібненої зернової рослинної сировини [2].

Порядок роботи з визначення ефективної швидкості такий: в умовах установленого режиму роботи апарата та запланованих технологічних характеристик системи в запланованій координатній точці робочого об'єму суміші, що піддавалась дії генерованих різномасштабних коливань (вихорів), розміщувався попередньо зважений модельний зразок, закріплений в утримувачі пристрою 11 (рис. 1).

Тривалість розчинення зразка у двофазовій суміші складала 60 с; для припинення процесу розчинення зразок миттєво вилучався із суміші, короткочасно занурювався у спирт, просушувався у сушильній шафі та повторно зважувався. При цьому координати точки вимірювання для встановлення зразка в заданій точці визначались відстанню від диска 5 по вертикалі L з кроком 60 мм та по радіусу від осі симетрії диска R з кроком 20 мм. Робота віброперемішувального пристрою забезпечувалась при амплітуді його коливань $A = 20$ мм і частоті $n = 4$ Гц. Досліді проводились на екстрагенті — воді при температурі 20 °С і з використанням подрібненого кукурудзяного солоду середнього помелу з гідромодулем 12:1. Після кожного досліді екстрагент, сировина та модельний зразок оновлювались, а робочий об'єм апарата ретельно очищався.

За результатами дослідів будувалися графіки залежності $K_c = f(w_{\text{еф}})$, де K_c — коефіцієнт розчинення, який визначався за рівнянням [3] для випадку, коли $G_0 < C^* \cdot V$

$$K_c = \frac{V \sqrt{G_0}}{F_0 \tau} \cdot \frac{2}{\sqrt{C^* V - G_0}} \left(\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{G_0 - \theta/2}}{\sqrt{C^* V - G_0}} - \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{G_V + \theta/2}}{\sqrt{C^* V - G_0}} \right),$$

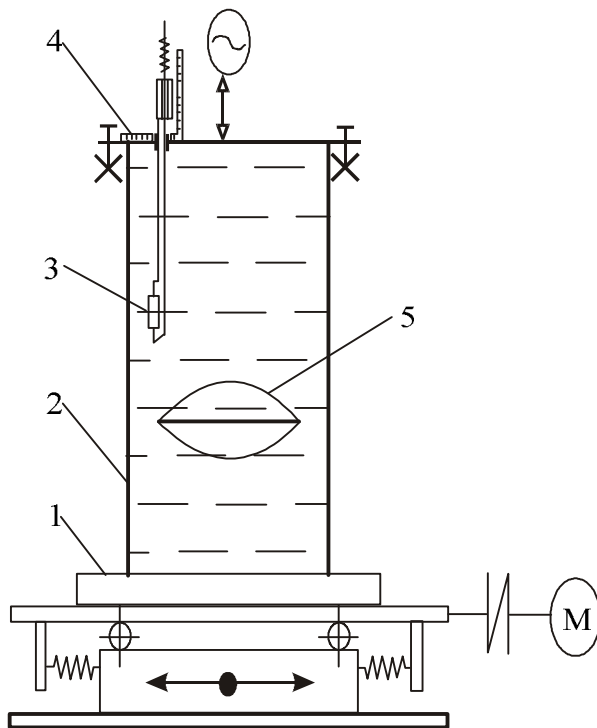


Рис. 2. Вібростенд з високочастотним випромінювачем для визначення коефіцієнта розчинення: 1 — вібростіл; 2 — ємність з екстрагентом (водою) або двофазовою сумішшю; 3 — модельний зразок; 4 — пристрій для встановлення зразка; 5 — високочастотний випромінювач

де V — об'єм рідинної суміші в апараті, м^3 ; G_0 — маса модельного зразка до розчинення, кг ; $F_0 = 2\pi r(\tau_0)h$ — площа циліндричної поверхні розчинення модельного зразка, м^2 ; $r(\tau_0)$ — радіус зразка до занурення в екстрагент або двофазову суміш, м ; τ — тривалість розчинення, с ; C^* — рівноважна концентрація сірчаноокислого алюмінію в рідинній суміші (екстрагенті), $\text{кг}/\text{м}^3$; $\theta/2$ — зміна маси зразка за час його занурення в заплановану координатну точку, починаючи від моменту контакту з екстрагентом і за час виведення зразка з цієї точки, до моменту закінчення контакту з

екстрагентом, кг ; G_V — маса зразка після розчинення, кг . $\omega_{\text{еф}} = \omega_0 \eta$ — ефективна швидкість (швидкість пульсуючих потоків біля поверхні зразка), $\text{м}/\text{с}$; $\omega_0 = 2AnP/(1-P)$ — початкова, середньоінтегральна за період коливань швидкість пульсуючих потоків, що генеруються віброперемішувальною системою, $\text{м}/\text{с}$; $\eta = (1-L/D)^{-m}$ — коефіцієнт затухання коливань на відстані L від віброуючого пристрою, P — частка живого перерізу віброперемішувальної системи. Друга серія експериментів з розчинення модельних зразків виконувалась на вібростенді (рис. 2) за аналогічною методикою першої серії. З метою порівняння інтенсифікуючої дії низькочастотних механічних коливань на зовнішній масообмін були використані дані, отримані П.П. Лободою [4] для умов стаціонарного обтікання зразка в трубі, пропусканням знизу вверх потоку рідини з постійною швидкістю й температурою.

Узагальненні результати досліджень наведено на рис. 3, 4.

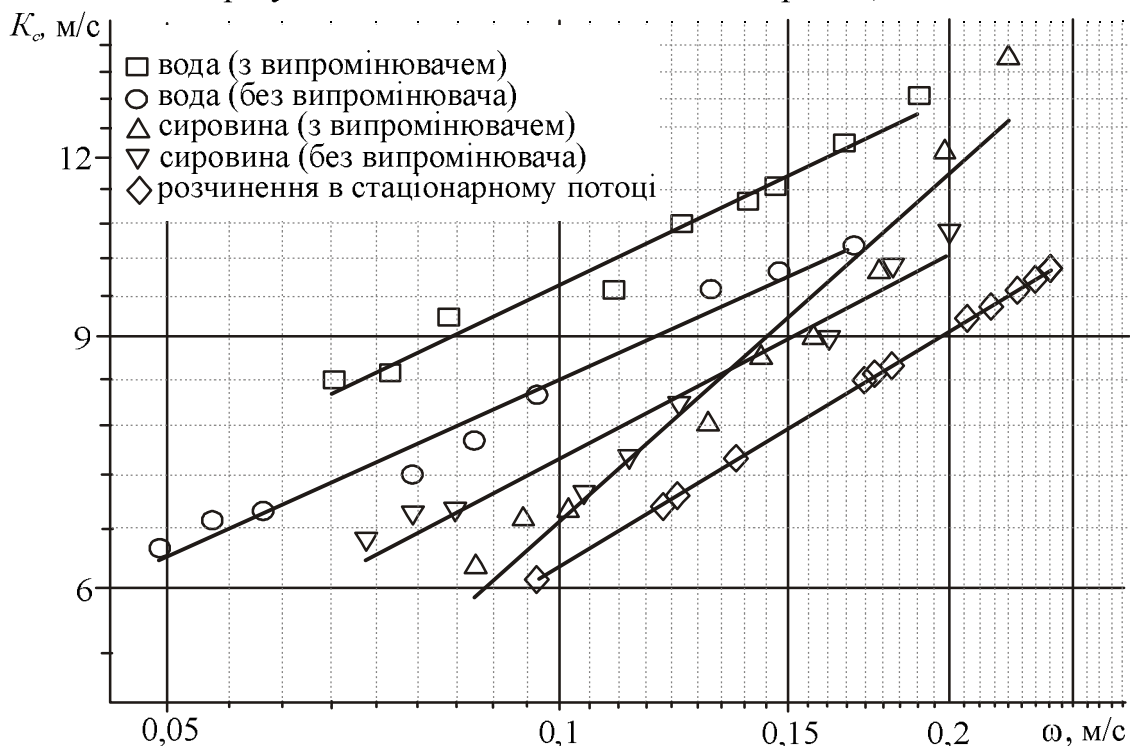


Рис. 3. Узагальнення експериментальних даних про залежність коефіцієнта розчинення модельного зразка від ефективної швидкості його обтікання в апараті

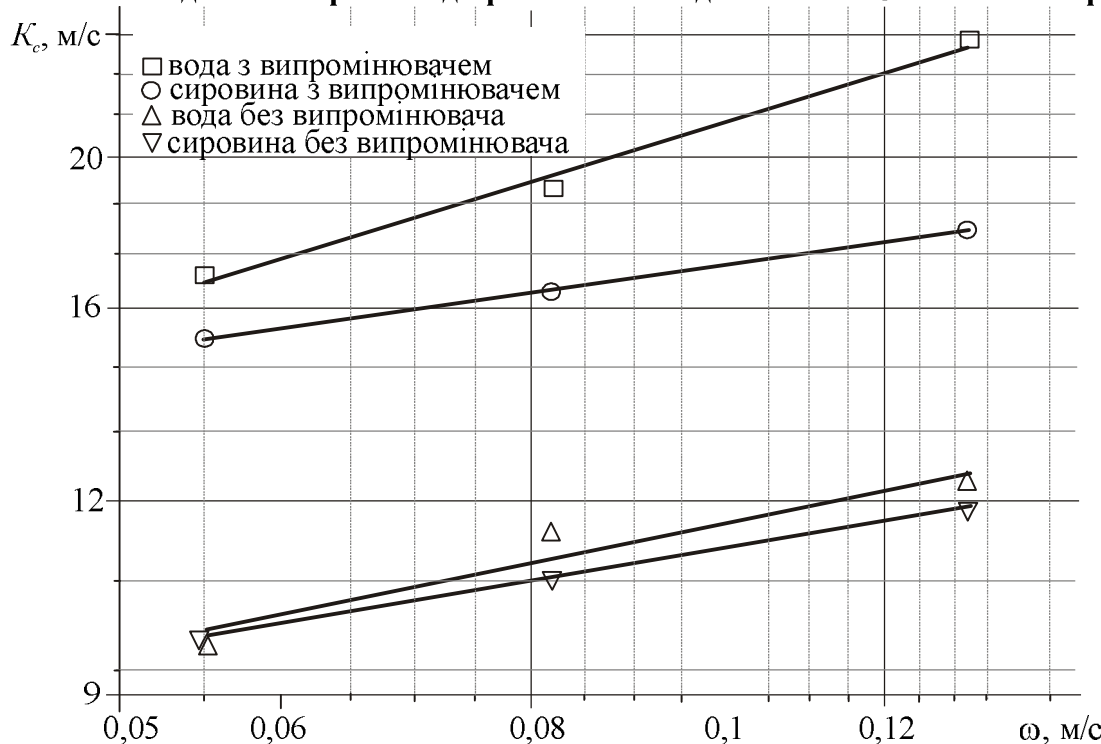


Рис. 4. Узагальнення експериментальних даних про залежність коефіцієнта розчинення модельного зразка від ефективної швидкості його обтікання на вібростенді

Інша картина спостерігається для умов віброекстрагування (рис. 3), де знакозмінні, великомасштабні вихори, генеровані віброперемішувальною системою (рис. 1, поз. 3, 4, 5) створюють умови інтенсивного зовнішнього масообміну. Слід також зазначити, що випромінювання механічних коливань високої

частоти майже не впливають на процес. Очевидно, що в цих умовах віброекстрагування система досягає режиму високої турбулізації потоку, тобто працює як модель ідеального перемішування і без додаткового впливу на процес високочастотного випромінювання.

Висновки

Висунута гіпотеза про вплив високочастотного випромінювання на зовнішній масообмін не підтвердилася, що свідчить про те, що лімітуючою стадією процесу віброекстрагування є внутрішній масообмін.

Література

1. Патент 103838 України, МПК В 01 D 11/02. Вібраційний екстрактор періодичної дії з комбінованим енергопідведенням/ Зав'ялов В.Л., Деканський В.Є., Попова Н.В., Мисюра Т.Г., Бодров В.С., Запорожець Ю.В. — № а 2012 08141; заявл. 30.07.12; опубл. 25.11.13, Бюл. № 4.

2. Лобода П.П. Исследование массоотдачи от твердых тел к жидкости в аппаратах с вибрирующими устройствами: Автореф. канд. дис. — Киев. — 1966. — 28 с.

3. Зав'ялов В.Л., Бодров В.С., Мисюра Т.Г., Попова Н.В., Запорожець Ю.В. Математична модель зовнішнього масообміну при віброекстрагуванні. В кн. «Вібрації в техніці та технологіях». — Вінниця, 2011. — №2 (62) — С. 120—125.

4. Черников А.В., Лобода П.П. Исследование гидродинамики массообменных аппаратов с перемешивающими устройствами при помощи растворимых образцов. — 1979. — Вып. 25, — С. 7—9.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ НИЗКО- И ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА ВНЕШНИЙ МАССООБМЕН ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ВИБРОЭКСТРАГИРОВАНИИ

В.Л. Завьялов, В.Е. Деканский

Національний університет пищевых технологий

В статье представлены результаты исследования внешнего массообмена с использованием модельных образцов сернокислого алюминия в условиях периодического виброэкстрагирования целевых компонентов из зернового растительного сырья в поле действия низко- и высокочастотных механических колебаний двухфазной системы. Подтверждена актуальность использования предложенной методики при периодическом виброэкстрагировании с комбинированным энергоподводом.

Ключевые слова: *зерновое сырье, виброэкстрагирование, массоотдача, растворение, сернокислый алюминий, скорость обтека.*