

УДК 631.361:664

## INTENSIFICATION OF EXTRACTION USING CYCLIC PRESSED PLANT MATERIAL

A. Martseniuk, I. Chernelevskiy, V. Zavyalov

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Extraction  
Intermediate spin  
Sugar industry  
Screw extractor*

---

**Article history:**

Received 03.08.2015  
Received in revised form  
31.08.2015  
Accepted 09.09.2015

---

**Corresponding author:**

I. Chernelevskiy

**E-mail:**

npnuft@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Spinning is considered as a promising method of extraction process intensification within the solid-liquid system. The technology of pressing for several times is considered as the most effective. The examples of single and repeated use of extraction mode in spin extractors for food industry are presented and analyzed in this article. The concept and design of a countercurrent screw extractor of continuous action with intermediate extraction of vegetable raw materials have been developed in this study.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИКЛІЧНОГО ВІДЖИМУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

О.С. Марценюк, І.В. Чернелевський, В.Л. Зав'ялов

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто віджим як перспективний метод інтенсифікації процесу екстрагування в системі тверде тіло-рідина. Показано доцільність використання кількарязового віджиму як найбільш ефективного. Наведено приклади й узагальнено відомості одно- і багаторазового застосування віджиму в екстракторах харчової промисловості. Розроблено принципову схему та запропоновано конструкцію протитечійного шнекового екстрактора безперервної дії з проміжним віджимом рослинної сировини.*

**Ключові слова:** екстрагування, проміжний віджим, цукрова промисловість, шнековий екстрактор.

**Постановка проблеми.** У харчових і фармацевтичних виробництвах важливу роль відіграють процеси екстрагування в системі тверде тіло-рідина, де твердим тілом є рослинна сировина капілярно-пористої структури. Рослинна сировина має клітини різної будови, у вакуолях яких міститься цільовий компонент. Як екстрагент у різних галузях харчової промисловості використовується вода, спирт, бензин, бензол, дихлоретан тощо.

Процеси екстрагування використовуються для:

- добування цукрози з буряків;
- вилучення олії з насіння соняшнику, бавовнику, сої, ефірно-масляних культур;
- одержання ферментів з культур пліснявих грибів;
- виробництва вин, пива, лікєро-горілчаних виробів, крохмалю, розчинної кави, чаю та різних плодових екстрактів [1].

Апаратурне оформлення процесів екстрагування, як і шляхи інтенсифікації цих процесів (наприклад, механічні й акустичні коливання, високовольтні розряди в рідинах, кипіння екстрагента тощо), досить різноманітні [2].

Перспективним методом інтенсифікації екстрагування є використання віджиму твердої фази. Цей метод може використовуватись як для свіжої сировини (наприклад, цукрового або столового буряку) так і для висушеної сировини (наприклад, лікарських рослин або чайної сировини) [3].

Віджим є видом механічної дії і полягає в стисненні насиченої екстрагентом твердої фази з метою швидкого та повнішого виділення екстрагента з розчиненим у ньому цільовим компонентом із пор і клітин сировини. Віджим рослинної сировини значно збільшує інтенсивність і підвищує ефективність та повноту екстрагування розчинних речовин. Перенесення речовини з глибини матеріалу до поверхні поділу фаз у цьому випадку значно прискорюється. За ефективністю віджим відповідає перенесенню маси компонента за рахунок сукупності конвективної і молекулярної дифузії [3].

**Мета дослідження.** Розглянути й проаналізувати застосування одно- і багаторазового віджиму в екстракторах харчової промисловості, розробити принципову схему та конструкцію протитечійного шнекового екстрактора безперервної дії з проміжним віджимом рослинної сировини.

**Виклад основного матеріалу.** Розрізняють екстрактори з одноразовим і з багаторазовим віджимом. Прикладом екстрактора з одноразовим віджимом може слугувати пристрій для гідролізу-екстрагування пектиновмісних плодово-ягідних вижимок (рис. 1а)

Циліндричний корпус, обладнаний для обігріву, має конічне днище 2 з перфорованою перегородкою 3, яка закінчується видовженим патрубком 5 зі шнеком. По осі корпусу проходить вал, у верхній частині якого встановлена стрічкова мішалка 4, а в зоні видовженого патрубка — віджимний шнек 1.

Спочатку проводять екстрагування-гідроліз сировини, при цьому мішалка і шнек обертаються в бік створення висхідної течії. Після завершення екстрагування-гідролізу обертання вала з мішалкою і шнеком перемикають на зворотне. Екстракт відводиться з днища 2 після його фільтрації через перфорацію 3 у верхній частині днища, а відпрацьована сировина захоплюється шнеком, який відтискує з неї залишок екстракту і через перфорований циліндр 6 повертає його у верхню частину апарата. Стиснена сировина відводиться з нижньої частини патрубка. Далі цикл роботи повторюється [4].

Віджим екстракту з відпрацьованої сировини дає змогу більш якісно провести процес екстрагування в апараті періодичної дії.

Більшій ефективності від методу віджимання можна досягти за рахунок забезпечення кількарізності процесу в екстракторі безперервної дії. Це

досягається обробкою сировини під час її руху від початку до кінця екстрактора кількома циклами спресування-розпушення. Віджим у такому випадку є проміжним.

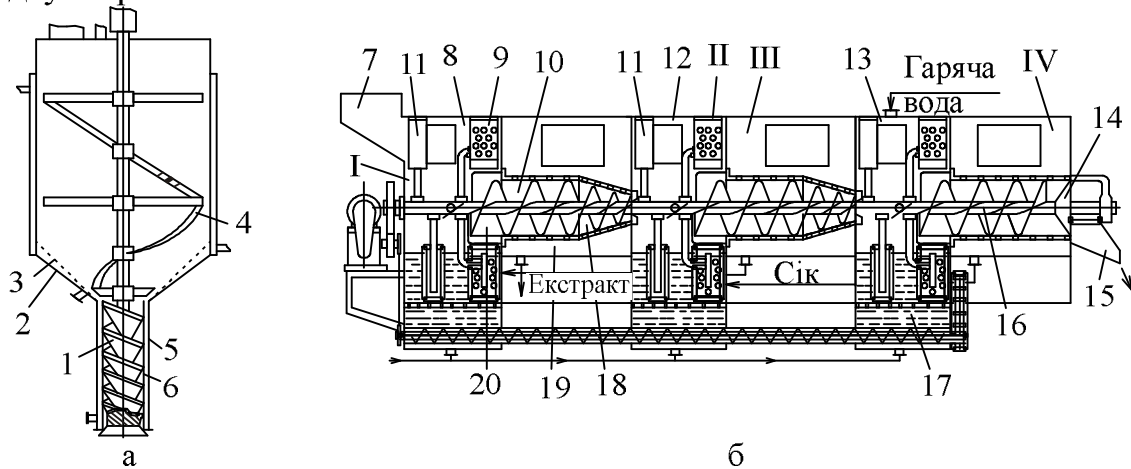


Рис. 1. Екстрактори з одноразовим — (а) і багаторазовим — (б) віджимом сировини

Прикладом екстрактора безперервної дії з проміжним віджимом сировини є екстрактор для виноградних вижимок (рис. 1б).

Екстрактор для виноградних вижимок працює так: перед пуском в експлуатацію екстрактор на 1/3 висоти заповнюють гарячою водою. Свіжі виноградні вижимки і гаряча вода в пропорції 1:1 надходять у промивач через бункер.

За допомогою перемішувальних лопатей 11, розташованих по гвинтовій лінії на шнековому валу 16, виноградні вижимки перемішуються і одночасно переміщуються в напрямку до перевантажувальних ковшів 9, задня стінка яких перфорована для забезпечення стікання розчину в промивач першої секції 8. Ковші 9 перевантажують попередньо промиті вижимки в перевантажувальний бункер 20. Вижимки транспортують пристроєм 10 до підпресувального пристрою 18. Під дією підпресувального пристрою тверда фаза відокремлюється від рідкої — екстрагенту, при цьому тверда фаза вижимок спрямовується в промивач другої секції 12, а екстракт з піддону 17 секції II і екстракт з сокозбірника 19 секції II перекачують у спеціальний збірник-ємність, з якого екстракт спрямовують на подальшу переробку.

Тверду фазу вижимок після первинного відділення екстрагенту спрямовують у промивач другої секції 12, в якому процес повторюється. Після багаторазового відділення екстрагенту вижимки спрямовують у промивач третьої секції 13, в якому змішують їх з чистою гарячою водою, а з пресувального пристрою останньої секції IV через регулятор вологості 14 відтиснуті вижимки потрапляють на розвантажувальний лоток 15.

Процес екстрагування здійснюють безперервно зі ступінчастим, за рахунок протитечії, підвищенням вмісту цукру в екстрагуючій рідині. При цьому вижимки неодноразово промиваються і перелопачуються в потоці, двічі піддаються підпресуванню і один раз фінішному пресуванню для відділення екстракту [5].

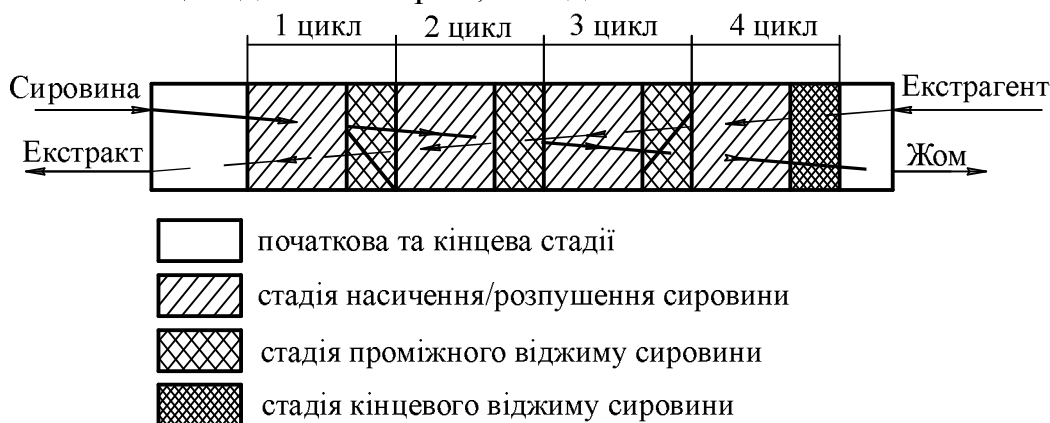
Кожен цикл спресування-розпушення складається з двох стадій:

- насичення/розпушення сировини, під час якої відбувається розпушення твердої фази та її насичення екстрагентом;

- спресування твердої фази, під час якої відбувається відтиснення з неї рідкої фази.

Залежно від конструкції апарата та характеристик сировини інколи доцільним є застосування кінцевого віджиму, який відбувається після проходження сировиною останньої секції і характеризується максимально можливим тиском віджимання й дозволяє на виході з апарата отримати сухий жом і запобігти втратам екстрагенту з жомом.

Принципова схема екстрактора безперервної дії з циклічним віджимом рідкої фази з твердої капілярно-пористої сировини подана на рис. 2. Схема складена для екстрактора з чотирма циклами віджиму. Потовщеними лініями показані межі циклів, тонкими — межі стадій у рамках одного циклу. За допомогою штрихування показано розподіл тисків на різних стадіях процесу — чим щільніше штрихування, тим вищий тиск. Ділянки без штрихування — це початкова та кінцева ділянки апарата, які є допоміжними і не є обов'язковими.



**Рис. 2. Схема протитечійного екстрактора безперервної дії з чотирма циклами віджиму**

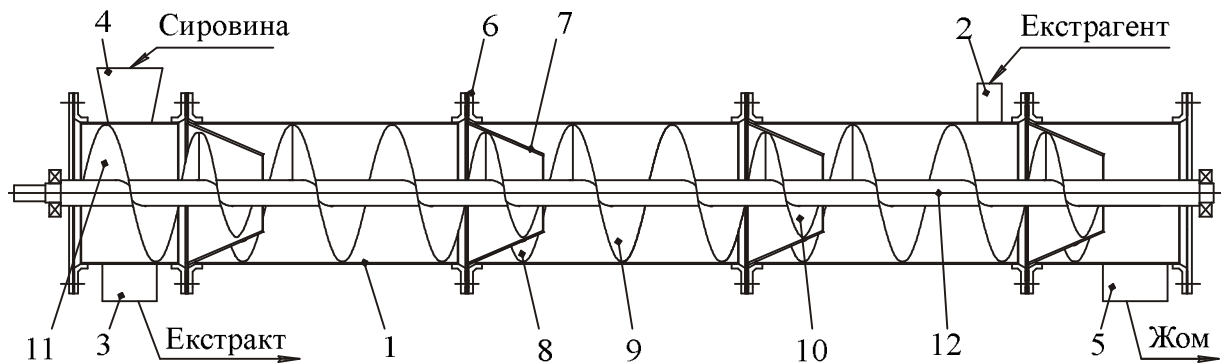
Недоліком екстрактора на рис. 1б та інших конструкцій екстракторів безперервної дії з проміжним віджимом є недостатнє оновлення поверхні контакту фаз, нерівномірне розподілення і слабка турбулізація екстрагенту між частинками рослинної сировини та недостатнє проникнення екстрагенту всередину клітинної структури рослинної сировини внаслідок слабкої механічної дії шнека на сировину і, як наслідок, менший вихід цільового компонента й тривалість процесу.

Враховуючи будову періодичного екстрактора з одноразовим відтискуванням сировини і безперервно діючого екстрактора з підпресуванням сировини (рис. 1а, б) та використовуючи вищенаведену схему (рис. 2), нами розроблена така конструкція шнекового екстрактора, яка забезпечує протитечійне взаємопроникнене переміщення твердої й рідкої фаз й дозволяє реалізувати ефект кількарізного проміжного віджиму та наступного розпушення твердої фази.

За основу взято одношнековий екстрактор безперервної дії, що належить до горизонтальних і нахилених екстракторів, які застосовуються для екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини (наприклад, із цукрового буряку, лікарських трав, оліе-жирової сировини тощо).

Загальний вигляд протитечійного шнекового екстрактора безперервної дії з проміжним віджимом рослинної сировини зображено на рис. 3. Апарат

складається з трьох основних секцій, початкової та кінцевої. Послідовність секцій і складових частин апарата з урахуванням напрямку руху сировини.

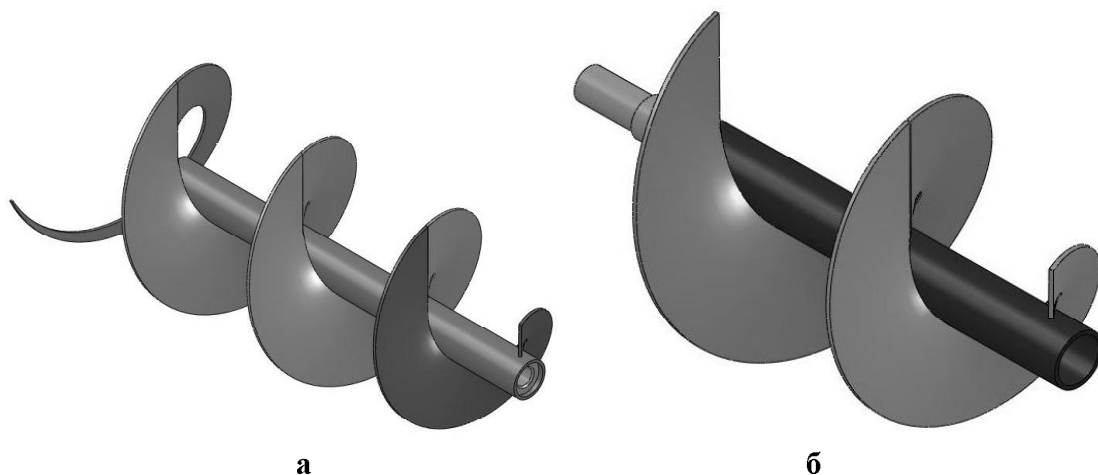


**Рис. 3. Протитечійний шнековий екстрактор безперервної дії з проміжним віджимом рослинної сировини**

Шнековий екстрактор з проміжним віджимом являє собою апарат безперервної дії, що складається з корпусу 1 із пристроями введення 2 і виведення 3 екстрагенту та з пристроями підведення 4 та відведення 5 твердої фази. Секції корпусу апарата з'єднують за допомогою фланцевих з'єднань 6. У кінці кожної секції встановлено конічні частини 7, які являють собою зрізані конуси, причому всі конуси, крім останнього, перфоровані.

У середині кожної основної секції співвісно з корпусом встановлено трискладовий перфорований шнек (рис. 3), який складається з трьох частин — зовнішньої конічної 8, циліндричної 9 і внутрішньої конічної 10. Діаметри та кроки різних частин шнеку такі: зовнішня конічна частина має змінний внутрішній діаметр з постійним кроком шнека; у циліндричній частині шнек має постійний діаметр і постійний крок; у внутрішній конічній — більший діаметр біля циліндричної частини і менший ближче до вершини конуса та змінний крок — ближче до вершини конуса крок зменшується. У початковій секції встановлено двоскладовий шнек 11 (рис. 3), який відрізняється від трискладового шнека основної секції відсутністю зовнішньої конічної частини.

Зовнішній вигляд трискладового та двоскладового шнеків зображено на рис. 4.



**Рис. 4. Трискладовий шнек — (а) і двоскладовий шнек — (б)**

Шнеки змонтовано на загальному валу 12, який приводиться в рух від привідної станції.

Принцип роботи екстрактора розглянемо окремо для твердої і рідкої фази (рис. 3).

Так, при твердій фазі сировина вводиться в початкову секцію екстрактора через пристрій 4, змішується з рідкою фазою і транспортується циліндричним шнеком до кінця початкової секції. У кінці початкової секції тверда фаза підпресовується за рахунок зменшення діаметра конуса та зменшення кроку конічного внутрішнього шнека, внаслідок чого рідка фаза витискується крізь перфоровану поверхню конічної частини секції. Після проходження початкової секції тверда фаза витискується у першу основну секцію, де розпушується, згодом процес повторюється знову. Після проходження всіх секцій тверда фаза остаточно віджимается у неперфорованій конусній частині останньої секції та у вигляді жому вивантажується з екстрактора через пристрій 5. Очищення зовнішньої поверхні конічних перфорованих частин від пульпи, що утворюється внаслідок віджимання твердої фази, відбувається за допомогою зовнішньої конічної частини шнеку 8.

При рідкій фазі екстрагент вводиться в циліндричну частину останньої секції через патрубок 2, перемішується з твердою фазою та рухається протитечійно назустріч твердій фазі. Перфорація витків шнека дозволяє екстрагенту рухатися назустріч потоку твердої фази в межах секції, а перфоровані конусні частини забезпечують віджимання насиченої екстрагентом твердої фази та перетікання екстрагенту із секції в секцію. Після перетікання в наступну секцію процес повторюється заново. Після контактування з твердою фазою, пройшовши послідовно через усі секції, екстрагент вже у вигляді екстракту виводиться через патрубок 3.

Таким чином, конструктивні рішення забезпечують протитечійний рух екстрагента і сировини в апараті й одночасне спресовування і розпушення сировини у кожній секції з очищенням зовнішньої поверхні конічних перфорованих частин від пульпи, що утворюється внаслідок віджимання твердої фази.

### **Висновки**

Розроблено принципову схему та запропоновано конструкцію протитечійного шнекового екстрактора безперервної дії з проміжним віджимом рослинної сировини. Запропонований екстрактор може бути використаний у бурякоцукровій, фармацевтичній, хімічній і парфумерній промисловостях.

### **Література**

1. *Процеси і апарати харчових виробництв*: Підручник / За ред. проф. І.Ф. Малєжика. — К.: НУХТ, 2003. — 400 с.
2. *Аксельруд Г.А.* Экстрагирование. Система твёрдое тело - жидкость / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. — Ленинград: Химия, 1974. — 254 с.
3. *Лысянский В.М.* Экстрагирование в пищевой промышленности / В.М. Лысянский, С.М. Гребенюк. — Москва.: Агропромиздат, 1987. — 188 с.
4. *Пат. 2061031* Российская Федерация, МПК В 01 D 11/02, С 12 М 1/06. Устройство для гидролиза-экстракции пектинсодержащих плодово-ягодных выжимок / В.А. Ломачинский, О.И. Квасенков (РФ). — № 93057776/13.

5. А.с. 1138404 СССР, МПК С 12 G 1/02, С 01 D 11/02. Экстрактор для виноградных выжимок / М.В. Собор, И.Н. Царану, Ю.А. Щеглов (СССР). — № 3636486/28-13.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЦИКЛИЧЕСКОГО ОТЖИМА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**А.С. Марценюк, И.В. Чернелевский, В.Л. Завьялов**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрен отжим как перспективный метод интенсификации процесса экстрагирования в системе твердое тело–жидкость. Показана целесообразность использования многократного отжима как наиболее эффективного. Приведены примеры и обобщены сведения одно- и многократного применения отжима в экстракторах пищевой промышленности. Разработана принципиальная схема и предложена конструкция противоточного шнекового экстрактора непрерывного действия с промежуточным отжимом растительного сырья.*

**Ключевые слова:** *экстрагирование, промежуточный отжим, сахарная промышленность, шнековый экстрактор.*