

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



XVIII МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

12-16 жовтня 2020 р.

м. Одеса, Україна

Організатори конференції
Міністерство освіти і науки України
Одеська державна обласна адміністрація
Одеська національна академія харчових технологій
Консалтингова лабораторія ТЕРМА

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- | | |
|---|---|
| Єгоров
<i>Богдан Вікторович</i> | – голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор |
| Бурдо
<i>Олег Григорович</i> | – вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор |
| Атаманюк
<i>Володимир Михайлович</i> | – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор |
| Васильєв
<i>Леонард Леонідович</i> | – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор |
| Гавва
<i>Олександр Миколайович</i> | – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор |
| Гумницький
<i>Ярослав Михайлович</i> | – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор |
| Долинський
<i>Анатолій Андрійович</i> | – Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України |
| Зав’ялов
<i>Владимир Леонідович</i> | – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор |
| Сукманов
<i>Валерій Олександрович</i> | – Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор |
| Колтун
<i>Павло Семенович</i> | – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr. |
| Корнієнко
<i>Ярослав Микитович</i> | – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор |

- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович – Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
- Сухий**
Костянтин Михайлович – ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михаїл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова, ректор
Зам. голови

Б.В. Єгоров
Н.М. Поварова
Б.В. Косой

Зам. голови з
організаційних питань
Відповідальний секретар
Секретар

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська
Н.В. Ружицька

Члени оргкомітету:

О.В. Зиков
І.В. Безбах
І.І. Яровий
Ю.В. Гарібяр

І.В. Сиротюк
Є.О. Пилипенко
В.П. Алі
Я.О. Масельська

О.Ф. Терземан
С.А. Малашевич
В.Ю. Юрлов
О.В. Акімов

Одеська національна академія харчових технологій
вул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039
Тел. 8(048) 712-41-29, 712-41-75
Факс +724-86-88, +722-80-42, +725-47-83
e-mail: terma_onaft@ukr.net
сайт: www.terma.onaft.edu.ua.

**Секція 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА
МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ
ПОЛІМОЛЕКУЛЯРНОЇ АДСОРБЦІЇ ФОСФАТІВ
ПРИРОДНИМ ЦЕОЛІТОМ**

Сабадаш В.В. д-р. техн. наук, доцент,
Гумницький Я.М. д-р техн. наук, професор
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Дана робота присвячена дослідженню закономірностей адсорбційних процесів у системі тверде тіло-рідина. На даний час існує строга класифікація основних процесів і провідну роль відіграють масообмінні процеси. Важливе місце у хімічній технології відводиться сорбційним процесам. До них належать абсорбція, хемосорбція, адсорбція, іонний обмін, які об'єднуються однією загальною назвою «сорбційні процеси». Вони використовуються як складова частина технології, а також з природоохоронною метою. З огляду на те, що в Україні є значні поклади природних сорбентів, все ж залишається актуальною проблема синтезу сорбентів, які мають строгу відповідність щодо адсорбції певної речовини. Актуальним залишається дослідження теоретико-практичних аспектів застосування природних сорбентів. У першу чергу це встановлення їхньої сорбційної здатності та можливості збільшення їх спорідненості до адсорбата, а також збільшення їх сорбційної ємності через їх модифікацію. Вимагають дослідження рівноважних залежностей процеси адсорбції неорганічних та органічних речовин, катіонного та аніонного складу, одночасної сорбції кількох речовин, оскільки більшість технологічних рідин, а також промислових стоків є багатокомпонентними. Розглянуті у роботі процеси відносяться до масообмінних процесів з твердою фазою. Мета роботи полягала у встановленні термодинамічних, статичних, кінетичних та динамічних закономірностей процесу сорбції фосфатів природними цеолітами. В попередніх публікаціях було представлено результати експериментальних досліджень щодо адсорбції фосфатів природним цеолітом Сокирницького родовища. У попередніх публікаціях вказується, що процес адсорбції фосфатів проходить у зовнішньо дифузійній області. Встановлено, що процес адсорбції має ендотермічний характер [8]. Нами було встановлено, що поглинання фосфатів проходить за механізмом хемосорбції

при співосаждення вивільнених за рахунок іонного обміну катіона фосфатної солі на обмінні катіони цеоліту – Ca^{2+} та Mg^{2+} .

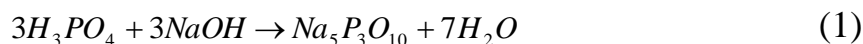
Отже, утворення нерозчинних солей фосфатної кислоти забезпечує ефективне виділення фосфат іону. Проблемою вилучення фосфатів сорбційним методом займається багато дослідників. Результати досліджень стосуються синтезу та модифікації сорбційних матеріалів для забезпечення максимальної спорідненості сорбента до фосфатів. обробленому гідроксидом кальцію для видалення фосфату в потоках фосфору з низькою концентрацією. З цією метою застосовують цеоліти, модифіковані гідроксидом кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Подібний досліджували на предмет ефективності видалення фосфатів із стічних вод з очисних споруд Хамірпур, Хімачал-Прадеш, Індія. Згідно результатів досліджень, процес адсорбції фосфатів не залежав від рН, що забезпечує використання цього сорбенту разом із звичайними процесами водоочищення. [10]. Часто застосовують гідроксиаратит, кальцити, доломіти. Щодо механізмів адсорбції, то більшість авторів підтримує думку, що має місце механізм хемосорбції з утворенням нерозчинних фосфатів. Попередні наші дослідження показали, що адсорбція розчинів фосфатів з концентрацією понад 200 мг/дм³ супроводжується аномальним збільшенням сорбційної ємності цеоліту, що характерно для полімолекулярної адсорбції [8].

Дослідження адсорбційної ємності цеоліту щодо фосфатів з розчинів ортофосфорної кислоти фотометричним методом згідно відомої методики [6]. Термогравіметричний наліз зразків цеоліту було виконано за допомогою термоаналізатора марки Mettler TGA/SDTA 851e. Щодо статистики адсорбції аніонів, то тут прослідковується багатошарова адсорбція, яка, можливо, в деяких умовах може розглядатися як полімолекулярна адсорбція. Зокрема слід відмітити, що ізотерма адсорбції фосфатів більш підлягає під ізотерму адсорбції Ленгмюра, а виділена окрема вітка для адсорбції фосфатів була інтерпретована ізотермою БЕТ. Ізотерма БЕТ є фактично розширеною версією ізотерми Ленгмюра і справедлива для систем, у яких має місце полімолекулярна адсорбція, або поліконденсація. Графічна інтерпретація експериментальних даних щодо адсорбції ортофосфорної кислоти природним цеолітом ізотермою БЕТ для площі початкових концентрацій до 375 мг / дм³. Параметри рівняння БЕТ для процесу адсорбції фосфату цеолітом наступні: $1/(\text{amK})=0.0196$; $(\text{K}-1)/(\text{amK})=0.3304$; $\text{K}=0.99352416$; максимальне значення адсорбційної здатності на фосфатах у полімолекулярному шарі $\text{am} = 51,35296$.

Тому нашим завданням було встановити термодинамічну ймовірність полімолекулярної адсорбції ортофосфорної кислоти природним цеолітом.

Результати термогравіметричного аналізу показали на області фазових переходів в діапазоні температур 600-700°C (відповідає температурі плавлення $T_{\text{пл}}=622^\circ\text{C}$ та 380 °C, що входить у температурний діапазон розкладу полімера.

Приймаючи до уваги, що експериментальні дані добре інтерпретуються рівнянням БЕТ (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9771$), можна припустити утворення в об'ємі цеоліту поліфосфатів згідно з рівнянням. 1:



Для підтвердження утворення поліфосфатів в об'ємі сорбенту ми розраховували зміну ізобарно-ізотермічного потенціалу (стандартної енергії Гіббса).

$$\Delta G_0^{298} = \Delta H_0^{298} - T\Delta S_0^{298} \quad \frac{kJ}{mol} \quad (2)$$

де ΔG_0^{298} -, зміна ізобарно-ізотермічного потенціалу кДж / моль; ΔS_0^{298} – зміна ентропії системи, кДж / (моль·К); ΔH_0^{298} - зміна ентальпії, кДж / (моль); T- абсолютна температура системи, К.

Стан рівноваги досліджуваної термодинамічної системи залежить від співвідношення зміни ентропії та ентальпії. За температури $T = dH / dS$ термодинамічна система буде перебувати у стані рівноваги [2].

Зміну ентропії ми розраховували згідно з таким рівнянням:

$$\Delta S_0^{298} = \sum \Delta S_0^{298} \text{ п.р} - \sum \Delta S_0^{298} \text{ вих}, \quad \frac{kJ}{mol \cdot K} \quad (3)$$

Тепловий ефект процесу розраховували згідно закону Гесса:

$$\Delta H_0^{298} = \sum \Delta H_0^{298} \text{ п} - \sum \Delta H_0^{298} \text{ с}, \quad \frac{kJ}{mol} \quad (4)$$

За стандартних умов ($T = 298 \text{ K}$) зміна енергії Гіббса також залежить від співвідношення ентальпійного та ентропійного факторів [2]. Розрахунок термодинамічних параметрів за цими рівняннями дозволив визначити основні термодинамічні параметри реакції та встановити імовірність спонтанного перебігу процесу. Для реакції (1) за температури $t=298 \text{ }^\circ\text{K}$ ізобарно-ізотермічний потенціал становив $\Delta G=-1202.91$, кДж / моль, зміна ентропії $\Delta S^{298}=0.397$ кДж / (моль К), зміна ентальпії $\Delta H^{298}=-1084.6$ кДж / моль,

Ізобарно-ізотермічний потенціал, тобто зміна стандартної енергії Гіббса досліджуваної термодинамічної системи $\Delta G < 0$. Отже, хімічна реакція (1) в порах цеоліту може відбуватися навіть за нормальних умов. Збільшення температури термодинамічної системи буде збільшувати швидкість прямої реакції. Таким чином, можна стверджувати про утворення поліфосфатів в порах цеолітів під час адсорбції ортофосфорної кислоти.

Аналіз результатів експериментальних досліджень фосфатів природним цеолітом показав, що в процесі адсорбції ортофосфорної кислоти можуть проходити за механізмом полімолекулярної адсорбції. Проведено термогравіметричні дослідження природного та відпрацьованого цеоліту, встановлено області

фазових переходів, що вказують на плавлення та розклад полі фосфатів. Встановлено, що в процесі адсорбції фосфатів цеолітом з розчинів понад 200 мг/дм³ має місце спонтанний процес полі молекулярної адсорбції.

Література

1. Relationship between anion adsorption and physicochemical properties of aluminum oxide / [N. Kawasaki, F. Ogata, K. Takahashi et al.]. // Journal of health science. – 2008. – №54(3). – pp. 324–329.
2. Sabadash V. Thermodynamics of (NH₄⁺) cation adsorption under static conditions / A. Hyvlyud, V. Sabadash, Ya. Gumnitsky, N. Ripak // Chemistry & Chemical Technology. – 2018. – Volume 12, number 2. – pp. 143–146.
3. Shi W. Enhanced phosphate removal by zeolite loaded with Mg–Al–La ternary (hydr) oxides from aqueous solutions: Performance and mechanism/ W. Shi, Y. Fu, W. Jiang, et al. // Chemical Engineering Journal. – 2019. – Т. 357. – pp. 33-44.
4. Sabadash V. Thermodynamics of (NH₄⁺) cation adsorption under static conditions / A. Hyvlyud, V. Sabadash, Ya. Gumnitsky, N. Ripak // Chemistry & Chemical Technology. – 2018. – Volume 12, number 2. – pp. 143–146.
5. Sabadash V. Mechanism of phosphates sorption by zeolites depending on degree of their substitution for potassium ions. / V. Sabadash, A. Hyvlyud, Ya. Gumnitsky // Chemistry & Chemical Technology. – 2016. – Volume 10, number 2. – pp. 235–240.
6. Characterization of chemosynthetic H₃PO₄–Al₂O₃–2SiO₂ geopolymers / Y. He, L. Liu, L. He, X. Cui. // Ceramics International. – 2016. – №42(9). – pp. 10908–10912.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ОСНОВІ КОЛИВАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ

Зав'ялов В.Л., д-р. техн. наук, професор,
Мисюра Т.Г., к-т. техн. наук, доцент,
Попова Н.В., к-т. техн. наук, доцент,
Запорожець Ю.В., к-т. техн. наук, доцент,
Чорний В.В., аспірант
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Специфічність умов промислового використання екстракційної апаратури визначає її функції та конструктивні особливості, які різняться за геометричними ознаками, організацією гідродинамічних умов проведення процесу, спосо-

бом взаємодії фаз та зовнішнім впливом на них. Крім того, цільовий вибір екстракторів ускладнюється також і тим, що у більшості галузей переробної промисловості (харчова, фармацевтична, мікробіологічна, лісохімічна і т.д.) застосовується сировина рослинного походження, властивості якої суттєво змінюються під час процесу екстрагування. Ці складні обставини, що впливають на перенесення екстрактивних речовин на всіх масштабних рівнях одночасно визначають необхідність застосування певних фізичних методів для інтенсифікації процесу.

Останнім часом намітилася тенденція дослідження та використання інтенсифікуючої дії коливальних ефектів. Економічні переваги такої екстракційної апаратури були доведені у всіх випадках її застосування починаючи із середини минулого століття. Екстрактори з віброуючими робочими органами періодичної та безперервної дії, що розроблені на кафедрі процесів і апаратів НУХТ [1, 2, 3], як правило, мають жорстко закріплені на вертикальному штоці пристрої спеціальної конструкції, що здійснюють поздовжній коливальний рух та створюють в зоні перемішування пульсуючі турбулентні потоки, здатні інтенсифікувати масообмін на мікро- і макрорівні.

Враховуючи, що процес протікає одночасно в кінетичній і дифузійній областях, а також різноманітність морфологічних та фізичних властивостей рослинної сировини досліджувалась інтенсифікація процесу екстрагування цілеспрямованою зміною певної групи факторів, що мають визначальний вплив на рушійну силу або на опір процесу.

Досліди проводились на рослинній сировині листового, кореневого, трав'яного та зернового походження. Вивчався сумісний вплив низькочастотних механічних коливань віброперемішувальної системи та високочастотних коливань, генерованих випромінювачем на коефіцієнт масовіддачі при різних навантаженнях апарата по твердій фазі та інтенсивностях коливань віброперемішувальної системи. Встановлено, що така дія на робоче середовище викликає кавітаційний ефект, що впливає на структуру частинки, призводить до появи мікротріщин сировини та збільшує коефіцієнт масовіддачі.

Також ставилась задача дослідити доцільність попереднього оброблення водно-хмельової суспензії електроімпульсними розрядами з метою інтенсифікації віброекстрагування рослинної сировини з низькою екстрактивною властивістю. Встановлено залежності накопичення загальних сухих речовин в екстрагенті від параметрів електроіскрових розрядів. Як результат, за рахунок руйнації клітини стає можливим скоротити час процесу майже втричі у порівнянні з настоюванням. Крім того виникає можливість одержати водноізомеризований екстракт із високим виходом цілої гами цільових компонентів. Такий результат досягається механічною дією на сировинну вібротранспортувальних пристроїв, турбулентних пульсуючих струменів, а також дією ударної хвилі, сформованої імпульсним високовольтним електричним розрядом, генерованим у електроіскровій камері спеціального пристрою. При цьому відбувається перетворення

енергії розряду в механічну роботу руху середовища. Таке високоенергійне електричне імпульсне явище призводить спочатку до утворення, розширення кавітаційної порожнини, її схлопування та пульсації парогазового пухирця. При чому тиск ударної хвилі, в районі вибуху, досягає декількох тисяч атмосфер. Важливо зазначити, що такі електрогідродинамічні ефекти одночасно створюють і асептичні умови одержання екстрактів.

Досліджувався вплив низькочастотних механічних коливань та одночасного віджиму сировини на інтенсивність масообміну при періодичному процесу.

Встановлено, що суттєвий вплив на процес здійснює частота коливань вібросистеми в межах до 9 Гц при температурі екстрагента 85 °С для всіх конструктивних варіантів віброперемішувальних пристроїв.

Встановлено, що при зворотно-поступальному русі гнучкого контейнера створюються турбулентні пульсуючі потоки, що спрямовані як до периферії робочого об'єму апарата, так і до його центральної частини, усувають застійні зони та сприяють інтенсифікації процесу екстрагування на мікро- і макрорівні.

Для всіх дослідних варіантів параметри коливань віброперемішувальних пристроїв змінювались у межах 3 — 9 Гц, при фіксованих амплітудах (5, 10, 15, 20 мм), тривалості процесу 15, 30 і 45 хв та гідромодулях 25, 30, 35. Температура робочого середовища підтримувалась у межах 25 — 85 °С системою терморегулювання. Результати дослідів узагальнені та коментуються кінетичними кривими.

Встановлено, що у всіх випадках інтенсифікація процесу відбувається внаслідок впорядкування структури потоку та рівномірної дисипації енергії в поперечному перерізі апарата, усуненням застійних зон і, як результат збільшення молекулярної та конвективної дифузії, що доводить перспективність використання наведених заходів.

Література

1. Пат. 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. Пат. 85436 Україна, МПК В 01 D 11/02. Екстрактор / Зав'ялов В. Л., Попова Н. В. — № а 2007 03027; заявл. 22.03.07; опубл. 26.01.09, Бюл. № 2.
3. Пат. 99991 України МПК В01D 11/02 (2006.01). Вібраційний екстрактор / Зав'ялов В. Л., Бодров В. С., Попова Н. В., Мисюра Т. Г., Варганова І. В., Мілютін О. І. № а 2011 12896; опубл. 25.10.12, Бюл. № 20.

THERMAL DECOMPOSITION OF GRANULATED FUEL FROM MISCANTUS

Korinchevska T.V., Ph.D.,
Mykhailyk V.A., Ph.D., Senior Research Scientist
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv

Since Ukraine is an agrarian country, bioenergy is a promising direction for the development of renewable energy. Using biomass as biofuel will significantly reduce greenhouse gas emissions. The plantations of energy crops (willow, poplar, miscanthus, etc.) ensure the production not only of efficient biofuels, but also improve the ecological state of the environment due to the intensive absorption of carbon dioxide from the atmosphere. Miscanthus is an effective raw material for the production of solid biofuels.

Thermal analysis of granular biofuel from miscanthus and research on the influence of the fractional composition of raw materials, temperature and pressure of granulation on the thermal destruction of granular fuel were carried out.

Miscanthus stems were crushed; the obtained fractions (polydisperse, coarse and microfraction) were used to obtain granules. The granules were formed using a special device consisting of a collapsible matrix and a punch. The pressing was carried out at a pressure of 100 - 120 MPa.

To evaluate the influence of physicochemical factors on the parameters of thermal decomposition of granules, samples obtained by cold pressing, mechanical activation and thermal activation of raw materials were prepared.

Temperature intervals of dehydration, thermal decomposition of organic and mineral substances, average rates of thermal decomposition of organic compounds, humidity and ash content of biofuel samples were determined by thermogravimetry and differential thermal analysis. Stages of dehydration, thermal decomposition of organic compounds, accompanied by the removal of gaseous products, and decomposition of mineral substances are characteristic of all samples of granular fuel from miscanthus. The highest rate of release of gaseous substances was observed in granules from mechanically activated and thermally activated raw materials, the lowest - in granules from polydisperse fraction after cold pressing.

It was found that mechanical activation and thermal activation of raw materials have a positive effect on the process of thermal destruction. The intensity of decomposition of organic matter increases. It was found that the mechanical activation of raw materials is the most significant factor influencing the kinetics of thermal destruction.

In the granules, mainly with preliminary thermal activation of the material, microexplosions were observed in the high-temperature decomposition period during

thermal destruction. Microexplosions have always been observed after a sharp rise in temperature as a result of heat release. Therefore, it should be taken into account that the presence of microexplosions during the thermal decomposition of granules from miscanthus can cause a violation of the gasification regime in furnaces with a separated combustion process and the removal of part of the fuel outside the furnace.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОДЕРЖАННІ ВОДОРОЗЧИННИХ ЕКСТРАКТІВ З МАКУХИ КОНОПЕЛЬ

Авдєєва Л.Ю.¹, д-р, техн. наук, ст. наук. співр.,

Макаренко А.А.², к-т. техн. наук,

Господарчук М.В.¹, магістр

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м.Київ

² Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ

На сьогодні в світі набуває все більшої уваги виробників створення і застосування сучасних технологій вирощування і переробки коноплі. Конопля - це високорентабельна культура, вирощування її насіння дає рентабельність в 50-70% з 1 га. Через надзвичайну рентабельність, протягом останніх 10 років спостерігається бурхливе зростання попиту на продукцію з технічних конопель, завдяки чому ринок ненаркотичних конопель піднявся з нуля до декількох сотень мільярдів доларів. Технічна конопля - це ненаркотична рослина із дуже низьким вмістом тетрагідроканабінола [1]. Основними виробниками конопель у світі є Китай, Чилі, Європа, Корея, Канада, Франція та Росія [2].

Останнім часом звернули увагу на цю культуру і в Україні. Зараз в Україні культивують сучасні високопродуктивні сорти (ЮСО 31, Гляна, Вікторія, Зоряна, Ніка та ін.) із вмістом тетрагідроканабінолу (ТГК), рівним нулю, які не мають аналогів за кордоном [3]. У зв'язку із цим збільшуються посівні площі технічних конопель, зростають обсяги виробництва лубоволокнистої сировини і насіння.

Загалом, продукція вирощування коноплі використовується в енергетиці в якості джерела енергії при опаленні, у текстильній і целюлозно-паперовій промисловості, у виробництві будівельних матеріалів, харчових продуктів, лікарських та парфумерно-косметичних препаратів та ін. [1, 2].

Однак, незважаючи на перспективність напрямку, його розвиток стримують такі фактори, як відсутність в Україні ефективних технологій переробки трести технічних конопель та технологій переробки насіння конопель, налагоджених ринків збуту, а також законодавчі обмеження [1, 2].

Насіння конопель і продукти його переробки – перспективне джерело біологічно активних речовин для використання у харчовій промисловості. Конопляне насіння – одне з кращих джерел легкозасвоюваного рослинного білка; фітонутрієнтів, поліненасичених жирних кислот; вітамінів, мікро- і мікроелементів, а також харчових волокон. Проводяться дослідження можливості використання насіння конопель як біологічно активної сировини у виробництві оздоровчих харчових продуктів – мюслей, сухих сніданків, снєків, кексів та ін.[4]

З насіння конопель виготовляють обрушене конопляне насіння, олію, борошно, висівки (клітковину), протеїн. Цікавим напрямком досліджень є переробка на харчові цілі макухи коноплі, що отримують в результаті холодного пресування обрушеного або не обрушеного насіння при виробництві олії. Найчастіше її використовують для виробництва кормів тварин (ВРХ, свиней, птиці), а також рибних прикормок. Водночас, наші дослідження показали, що макуха є висококалорійним продуктом, що містить 7,3-7,5% вологи, 32-35% білка, біля 35% клітковини і 7-8% жиру. Білок макухи конопель має досить високу біологічну цінність. У складі присутні всі незамінні амінокислоти, які не синтезуються в організмі, що свідчить про повноцінність продукту. Лімітуючими є дві амінокислоти – лізин і валін, що характерно для складу рослинних білків. Отримані результати показали перспективність застосування макухи конопель при виробництві дієтичного або спортивного харчування [5].

Метою роботи було проведення досліджень масообмінних процесів при виділенні цінних водорозчинних речовин макухи коноплі в екстракт для визначення раціональних тепло технологічних режимів і параметрів при виробництві напоїв. Проведені дослідження показали необхідність проведення попереднього грубого подрібнення макухи, через значні відмінності розміру частинок сировини (від 1 мм до 5 см, товщиною до 4 мм) для отримання більш рівномірної дисперсності, однак значне зменшення розміру частинок для збільшення контакту фаз до 0,1-0,3мм призводить до поступового погіршення гідродинамічних умов фільтрування. Дослідження показали, що після нетривалої витримки - набухання (10-25 хв.) у дистильованій воді з температурою 20 ± 2 °C утворюється суспензія, яка легко підлягає гомогенізації. Гомогенізація була використана для створення умов для впливу механізмів дискретно-імпульсного введення енергії і інтенсифікації процесу екстракції. Використання гідромодулів 1:3, 1:4, 1:5 після набухання і диспергування не призводило до значної різниці у зразках за кількістю сухих речовин в екстракті (від 3% до 4%), але призводило до ускладнення процесу фільтрації і переходу значної частини нерозчинних речовин в екстракт.

Висновки

Макуха конопель є цінною сировиною для виробництва харчових продуктів, але є складною для переробки, тому вимагає проведення комплексу додат-

кових досліджень. Раціональний вибір теплотехнологічних режимів і параметрів проведення процесу екстракції дозволить одержати напої із значними перевагами перед існуючими за якістю, високим вмістом біологічно активних речовин, а також ефективністю використання енергії.

Література

1. <https://propozitsiya.com/tehnichna-konoplya-perspektyvy-rozvytku>
2. Марченко Ж.Ю. Напрями використання коноплепродукції у світі. *Луб'яні та технічні культури*. 2015. Вип. 4. С. 159–165.
3. Пилипченко А.В. Рекомендації щодо технологічних особливостей вирощування конопель. Глобине: ТОВ «Науково-дослідний інститут сої», 2016. 28 с.
4. Сова Н. А., Луценко М. В., Єніна Н. Ю., Васараб-Кожушна Л. Д. Насіння ненаркотичних конопель – перспективна біологічно активна сировина для харчової промисловості. *Хранение и переработка зерна*. 2017. №9 (217). С. 16 – 19.
5. Авдєєва Л. Ю., Декуша Г. В., Жукотський Е. К. Ферментативні білкові гідролізати для спеціалізованих харчових продуктів. *Наукові праці НУХТ*, 2020. №3. С. 197-205.

GRANULATION OF MIXTURES OF OBSOLETE SLUDGE AND PEAT

Petrova Zh.O., Academician UAS, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher

Kremnov V.O., Head Laboratory

Korbut N.S., Junior Researcher

Novikova Yu.P., PhD student

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, Kyiv

An urgent task in the development of mankind is the preservation of natural resources and the environment. As a result of household and industrial human activity liquid waste generated in the form of wastewater, which is discharged into the sewer. During treatment at the wastewater treatment plant sludge is formed, which is dehydrated on sludge sites and takes up a lot of space. And this in turn leads to contamination of soils and groundwater with toxic components.

Accumulation of a large volume of sludge is an urgent problem of settlements and industrial enterprises of Ukraine. Some such accumulation can reach 30 – 40 years. The presence of a large number of minerals and toxic substances causes limited use and inefficiency of sludge disposal. The problem of processing sludge into secondary materials in Ukraine is relevant [1].

The process of granulation of obsolete sludge and peat is considered in the work. For research granulation were mixed mixtures of obsolete sludge with a moisture content of 63% and peat with a moisture content of 75.13%. The mixtures were mixed at different ratios. After mixing, the mixture was left for some time to average.



Fig. 1. The mixture of obsolete sludge and peat

Depending on the ratios of the mixture had the form of both a homogeneous thick paste (Fig. 1) and a homogeneous crumbly mass.

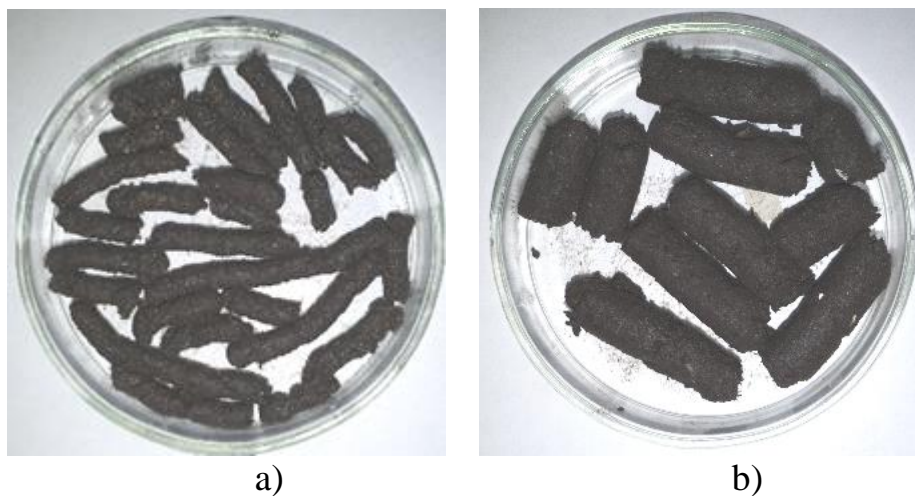


Fig. 2. Formed granules: a) $d = 6$ mm; b) $d = 12$ mm

Hydraulic press HLR – 12 was used for granulation. The mixtures were granulated under a pressure of 0.196 – 0.392 MPa. The granules were formed with a diameter of 6 mm and 12 mm from the mixture shown in Fig. 1. The formed granules were wet, soft, when touched destroy the shape and stick together (Fig. 2). Granules with a diameter of 12 mm (Fig. 2, b) retain their shape better than granules with a diameter of 6 mm (Fig. 2, a). Thus, the study showed that at the appropriate ratio of granules poorly retain their shape, so for further research, a different ratio was selected.

References

1. Krupko V. A. (2014). Analiz mozhlyvostei utylizatsii osadu ochysnykh sporud [Analysis of possibilities of sludge utilization of treatment facilities]. Visnyk of Chernihiv State Technological University. Series: Technical Sciences, 2, 233-236. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcndtn_2014_2_38

ПРОЦЕСИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ

Турчина Т.Я., к-т. техн. наук,
Малецька К.Д., д-р. техн. наук,
Авдєєва Л.Ю., д-р. техн. наук
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Широке використання метода розпилювального сушіння у світі обумовлене швидкоплинністю тепломасообмінних процесів при зневодненні краплинок мікронних розмірів, і незначним термічним впливом за умов видалення основної маси вологи при температурі краплі близькій до температури «вологого» термометру (44-54°C). Саме тому більшість продуктів, добавок та препаратів для харчової, хімічної, мікробіологічної, комбікормової промисловості, сільського господарства, медицини, ветеринарії, парфумерії та ін. галузей виробляється саме на розпилювальних сушарках, де забезпечується їх висока якість.

Як відомо [1], при сушінні рідких матеріалів у розпиленому стані формування внутрішньої структури, стабілізація форми та розміру часток відбувається безпосередньо в процесі зневоднення краплі в камері сушарки.

Управління процесами структуроутворення може здійснюватися як шляхом корегування конструкції та режимів роботи розпилювальної сушарки або окремих її вузлів (розпилювального пристрою, система подачі теплоносія в камеру, організації аеродинаміки двофазного потоку в камері та ін.), так і вибором раціональних параметрів вихідного рідинного продукту за концентрацією сухих речовин та їх фізико-хімічного складу, динамічною в'язкістю, температурою, ступенем дисперсності частинок нерозчинних фракцій та ін..

Величезний вклад у вирішенні цих питань вносить експериментальне моделювання обстановки в реальному сушильному апараті на лабораторних стендах [1, 2], де є можливість вивчати вплив самих різних чинників на кінетику сушіння та морфологію висушених часток, яка визначає сипкість порошку і його якість. За результатами аналізу отриманої інформації створюється модель технологічного процесу в умовах промислових розпилювальних сушарок.

Доведено [2, 3] нерозривний взаємозв'язок між кінетикою сушіння, зокрема, інтенсивністю внутрішніх процесів тепломасопереносу, та процесами фо-

рмування структури і форми висушеної частки в залежності від фізико-хімічних характеристик продукту згідно класифікації матеріалів як об'єктів сушіння методом розпилювання. Зовнішнім режимом зневоднення, швидкістю дифузійного переносу розчинених компонентів та теплопередачею в краплі визначається інтенсивність утворення та приросту твердої фази на стадії кіркоутворення, яка, в свою чергу, починає впливати на інтенсивність тепловологопереносу на подальших стадіях сушіння.

В залежності від вимог до порошкового продукту обираються раціональні параметри теплоносія та рідкого продукту конструкція розпилювального пристрою. Отриманий порошок може відрізнитись за формою, розміром та щільністю часток. Форма висушеної частки, її міцнісні та структурні характеристики, в першу чергу, пов'язані з природою самого матеріалу, чому присвячені численні роботи У. Маршалла, М.В. Ликова і Б.І. Леончика та ін. авторів, і технологічними особливостями організації процесу розпилювального сушіння [1, 2].

Вплив різних теплотехнологічних параметрів розпилювального сушіння на формування форми, структури та дисперсного складу часток порошку демонструють морфологічні характеристики порошку екстракту кори крушини (рис.1) [3]. Більший вихід з камери порошку з покращеними структурно-механічними властивостями за рахунок сферичності часток та більшій однорідності дисперсного складу безумовно забезпечується в умовах сушіння зразку (в).

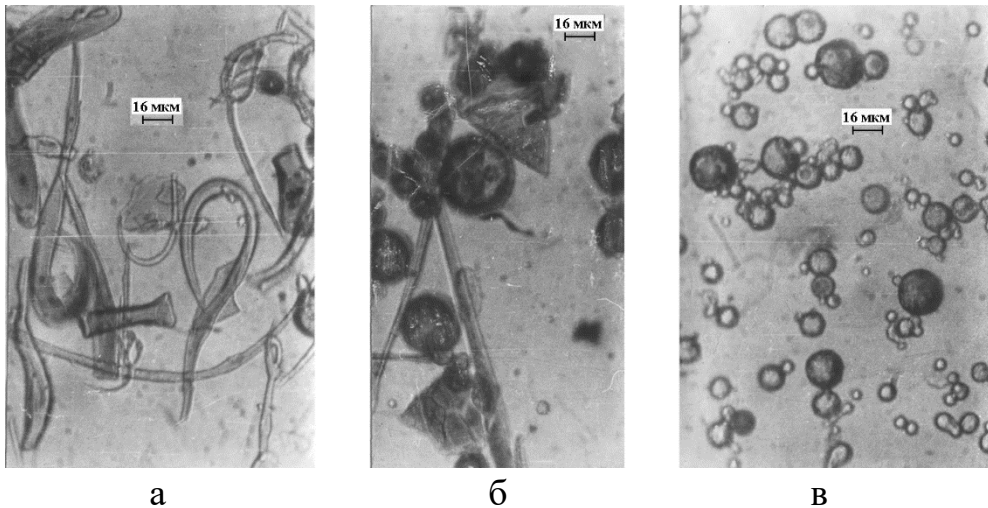


Рис. 1 Морфологія часток порошку екстракту кори крушини при різних умовах розпилювального сушіння

а) $C_o=69\%$;

$T_{вх}=185^{\circ}\text{C}$; $T_{вих}=100^{\circ}\text{C}$;

$d_d=0,080\text{ м}$;

$n=36000\text{ об/мин.}$

б) $C_o=55\%$;

$T_{вх}=160^{\circ}\text{C}$; $T_{вих}=95^{\circ}\text{C}$;

$d_d=0,120\text{ м}$;

$n=18000\text{ об/мин.}$

в) $C_o=36,5\%$;

$T_{вх}=140^{\circ}\text{C}$; $T_{вих}=90^{\circ}\text{C}$;

$d_d=0,080\text{ м}$;

$n=36000\text{ об/мин.}$

Дослідження та розробки інноваційних технологій в ІТТФ НАН України останніх років, у т.ч. продуктів та препаратів з фосфоліпідними наноструктурами, показали доцільність застосування структуруючих біополімерних добавок, які сприяють покращенню реологічних властивостей, однорідності дисперсного складу крапель у факелі розпилу і рівномірності їх висушування, підвищенню термостійкості і досягненню ефекту мікрокапсулювання цінних складових матеріалу. За таких умов утворення структури часток з покращеними паропровідними, міцнісними та структурно-механічними властивостями дозволяє отримувати високоякісний порошок низької вологості з терміном зберігання до 2 років.

Література

1. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Оптимизация процес сов распылительной сушки. К.: Наукова думка, 1984. 240с.
2. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка. В 2-х томах. Т. 1: Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения. Киев: Академперіодика, 2011. 376 с.
3. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка. в 2-х томах. Т. 2: Теплотехнологии и оборудование для получения порошковых материалов. Киев, 2015. 390 с.

ТЕОРІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ ДОМІШОК ПРИ ОЧИСТЦІ РОСЛИНИХ ОЛІЙ.

Осадчук П. І., к-т. техн. наук, доцент
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса

Анотація. Зміна дисперсного складу домішок при коагуляції розглядається на основі поняття анізотропії вільного пробігу часток і спеціальної шкали класових інтервалів гістограми розподілу їхніх розмірів. Імовірності класових інтервалів обчислюються методами теорії марковських ланцюгів.

Біологічна повноцінність і екологічна безпека харчових, зокрема жирових, продуктів - найважливіше завдання при їхньому виробництві. У виробництві рослинних олій екологічна чистота досягається технологічними обробками, що приводять до видалення небажаних з'єднань і домішок.

Для створення необхідного встаткування є потреба у розробці математичних апаратів для розрахунків протікання тих або інших технологічних процесів на різноманітному обладнанні.

Аналізуючи літературні джерела ознайомились з роботами пов'язаними з використанням математичних моделей при різних засобах коагуляції рідинних

субстанцій, так у де яких роботах запропоновані: фізико-математична модель, заснована на рівнянні Смолуховського, що описує динаміку зміни функції розподілу часток рідинно-крапельних аерозолів за розмірами з урахуванням ультразвукового впливу. Розглядаються властивості фундаментальних математичних результатів, пов'язаних між собою з базовими моделями, які описують процеси коагуляції. В якій розмір кластера є дискретною величиною. Розглядається рівняння Смолуховського, Беккера-Дорінга та більш загальні моделі, включаючи коагуляцію.

На підставі аналізу літературних джерел прийшли к висновку практичної відсутності математичних моделей розрахунку процесу коагуляції у в'язких рідинах, якими є рослинні олії. Процес коагуляції є одним з основних при очищенні рослинних олій, тому рішення цієї задачі є актуальною.

Метою досліджень є отримання математичного опису протікання процесу коагуляції при очищенні рослинних олій. Який дозволить розраховувати оптимальний час коагуляції на обладнанні, яке використовується при первинному і вторинному очищенні рослинних олій.

Для досягнення цієї мети необхідно: - розглянути зміну дисперсного складу домішок при коагуляції на основі поняття анізотропії вільного пробігу частинки; - розробити спеціальну шкалу класових інтервалів гістограми розподілу їх розмірів; - розрахувати імовірності класових інтервалів методами теорії марковських ланцюгів.

У дисперсних потоках зважено несуче середовище має поле швидкостей, що породжує друге поле швидкостей, де є присутнім новий параметр - розмір частки δ . Цей параметр входить у розподіл часток по швидкостях, що є основною причиною принципової відмінності кінетики молекул газу від кінетики часток домішки. Якщо в кінетичній теорії газів довжина вільного пробігу не залежить від напрямку, то ймовірність зіткнення частки залежить від напрямку її руху. Звідси потреба доцільності введення поняття анізотропії вільного пробігу часток. У роторних машинах варто розрізняти довжини вільних пробігів у радіальному й тангенціальному напрямку, а при пласко - паралельному русі - у поздовжньому й поперечному напрямку. Тому надалі під швидкістю частки будемо розуміти одну з її компонентів (ту, у напрямку якої відбувається найбільше число зіткнень)

Приймаючи час вільного пробігу за одиницю дискретного часу, можна будувати матриці перехідних ймовірностей Марковського ланцюга.

Коагуляцію часток дисперсного середовища визначає не стаціонарний випадковий процес із функцією розподілу часток по розмірах для будь-якого моменту часу. Якщо діапазон розмірів розділити на n класів, то стан системи яка складається із цих класів буде описувати вектор $\bar{p}(t) = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_i(t), \dots, p_n(t))$, (1) де $p_i(t)$ - імовірність приналежності розміру частки до i -го класу в момент t .

У такий спосіб дослідження коагуляції часток можна звести до вивчення систем з дискретним числом станів, застосовуючи для цього теорію марковських ланцюгів, графічну інтерпретацію стану марковського ланцюга зображує гістограма гранулометричного состава в момент t . Щоб одержати вектор \bar{p} , треба визначити границі класів так щоб матриця перехідних ймовірностей p_{ij} мала найбільш простий вид, тобто мала як можна більше число нулів. Очевидно що $p_{ij} = 0$, якщо $i > j$. Ця властивість слідує з того, що при склеюванні двох часток нова частка не може мати еквівалентний розмір менше кожної з них.

При відомих значеннях щільності потоків обчислення вектора (1) зводиться до рішення системи рівнянь Колмогорова з початковими умовами

$$P_1(0) = p_{01}; P_2(0) = p_{02}; \dots; P_n(0) = p_{0n}; \sum_{i=1}^n p_{0i} = 1.$$

Для розрахунку процесу коагуляції використовуємо перехідну ймовірність p_{ij} , і одержимо матрицю перехідних ймовірностей.

Розглянули докладно процес зміни гранулометричного складу часток домішок в результаті коагуляції за перший інтервал τ_0 . Відповідно до теорії марковських ланцюгів за перший крок зміни стану системи вектор стану її стане рівним $\bar{P}_1 = (P_{01}, P_{02}, P_{03}, \dots, P_{08}) * A$, тут P_{0i} класова ймовірність перебування частки в i класі. $\sum_{i=1}^8 P_{0i} = 1$. Керуючись цим можна представити данні гістограми у табличному виді.

Провівши необхідні розрахунки отримана таблиця перехідних ймовірностей часток у класових інтервалах у результаті злипання після першого зіткнення. Наведені результати були використані при виборі оптимального часу перебування олії в робочій зоні машини.

ІНІЦЮВАННЯ МЕХАНОДИФУЗІЙНОГО РЕЖИМУ ВОЛОГОВІДВЕДЕННЯ В ПРОЦЕСАХ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Яровий І.І., к-т. техн. наук, доцент,

Алі В.П., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Процес сушіння є одними з найбільш поширених енергетично витратних процесів в галузі переробки харчової сировини. Найбільш поширеним способом теплопередачі в процесах сушіння є конвективний. Одним з загальновизнаних недоліків даного способу є багаторазова конверсія потоку енергії в ході

її перетворення з палива – у тепло частинок об'єкту сушіння.

Проте основним і критичним недоліком даного способу теплопередачі є необхідність нагрівання всього вологого матеріалу, тобто неможливість передачі тепла безпосередньо до вологи зосередженої частинках вологої сировини.

Так як конвективні технології передачі тепла достатньо добре вивчені, а їх обмеження давно відомі, науковцями проводиться активна робота по пошуку нових способів сушіння.

Одним з таких способів є використання в якості системи енергопідводу джерел мікрохвильового випромінювання. Використання надвисокочастотних технологій в якості джерел енергопідводу є одним з напрямів з роботи кафедри ПОЕМ ОНАХТ.

Представлене дослідження є частиною дослідницької програми по впровадженню технологій АДЕ (адресної доставки енергії) в технологічні процеси харчової та переробної промисловості, що реалізується під керівництвом професора Бурдо О.Г.

Задачею дослідження є визначення умов та обмежень для ініціації механодифузійного, гідродинамічного потоку вологи з внутрішніх шарів до поверхні частинок вологої сировини. Основною метою наукової роботи є реалізація процесу інтенсивного високопродуктивного виведення вологи з подальшим впровадженням отриманого способу вологовиведення в процеси сушіння рослинної сировини та продуктів рослинного походження.

Додатковою задачею даного етапу роботи було дослідження можливості інтенсифікації процесу відведення вологи з поверхні частинок матеріалу повітряним потоком високої швидкості за аналогією до фільтраційного способу сушіння.

Застосування технології АДЕ для інтенсивного нагріву вологої рослинної сировини має кілька важливих переваг перед конвективним нагріванням [1].

В першу чергу, внаслідок особливостей мікрохвильового нагріву, вологі шари частинок нагріваються інтенсивніше ніж сухі, енергія використовується раціональніше, а сам матеріал піддається меншому термічному впливу.

По друге, технологія забезпечує високу швидкість вилучення вологи. Інтенсивний вплив мікрохвиль на вологу, яка міститься в капілярах рослинної сировини, призводить до генерації потужних гідродинамічних потоків вологи від внутрішніх шарів частинки до поверхні. При досягненні деяких граничних умов, на поверхні частинок виникають множинні викиди капельної вологи, які можливо видалити механічним шляхом, без випаровування, за принципами фільтраційного сушіння [2], що в перспективі робить досяжною побудову сушильних апаратів з високою продуктивністю та низькими енерговитратами одночасно.

Аналітичний опис комплексу фізичних процесів, що обумовлюють перебіг процесу сушіння з використанням технологій АДЕ, занадто проблематич-

ний, саме тому програма досліджень АДЕ віддає пріоритет проведенню експериментальних досліджень. Узагальнені результати експериментів стають основою для побудови математичних моделей з використанням теорії подібності та розробки методик розрахунку апаратів АДЕ з заданими параметрами [3].

Для проведення експериментальної частини дослідження, в якості рослинного матеріалу обрано горох, початкова вологість становила 20-26% з.в.. Дослідження процесу проводилось на спеціально зібраному стенді при комбінованому впливі мікрохвильового нагріву та короткої продувки шару нагрітої вологої сировини потоком повітря. Загальний вигляд і структурна схема і стенду показані на рис. 1.

Суть експерименту полягає в фізичному моделюванні процесу впливу на матеріал стрічкової сушильної установки з камерами мікрохвильового нагріву. Сам процес вологовидалення являє собою послідовну обробку касети зі зразком вологого матеріалу мікрохвильовим випромінюванням і подальшу продувку касети атмосферним повітрям. Тривалість нагріву і продувки регулюється.

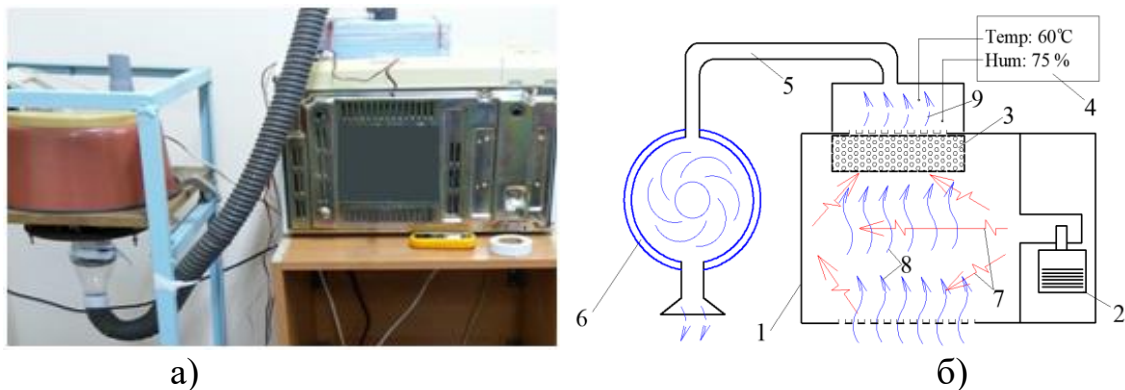


Рис. 1. Стенд для дослідження комбінованого способу сушіння

а) загальний вигляд; б) схема процесу, де: 1- камера нагріву, 2 - генератор випромінювання, 3 - касета з вологим матеріалом, 4 - система вимірювання параметрів, 5 - повітропровід, 6 - вентилятор, 7 - мікрохвильове випромінювання, 8 - потік атмосферного повітря, 9 - вологе повітря.

Експериментально визначено, що для ініціювання механодифузійного режиму вологовиведення, необхідні наступні умови: частинки вологого матеріалу повинні мати достатню кількість води, (від 18-20% з.в.), нагрівання слід здійснювати питомою потужністю 3-4 кВт/кг протягом 40-60 с. При такому впливі на поверхні частинок (бобів) утворюються викиди води у вигляді окремих крапель, які в подальшому, потоком повітря зі швидкістю 6-7 м/с, слід здути з поверхні, тобто видалити без повного випаровування. При наступних циклах обробки тривалість нагріву слід скоротити до 20-30 с, а на етапі досушування до 10-15 с, щоб уникнути перегріву і пошкодження матеріалу. Тривалість продувки може становити біля 5 с.

Алгоритм проведення експерименту включав фазу попереднього нагріву, і понад 20 циклів обробки. Для управління послідовністю дій і реєстрації параметрів процесу, стенд доповнений системою автоматичного управління. В якості додаткового, індикативного, параметра, що характеризує динаміку вилучення вологи, використовувалась вологість потоку повітря що пройшов через касету з матеріалом.

Моделювання навантаження здійснювалося вибором трьох розмірів касети. У кожному досліді товщина шару становила 20 мм., Площа шару становила: 0.0088 м², маса матеріалу - 140 г.; 0.0132 м², матеріал - 164 г.; 0.0176 м², матеріал - 215 г.; потужність: 4.285, 3.658 і 2.79 кВт/кг відповідно.

В досліді, при питомій потужності 4.285 кВт/кг, параметри процесу були наступними:

Матеріал: горох з вологістю 26,1%;

Кінцева вологість матеріалу: 8,2%;

Час обробки (сушіння): 9,2 хв.;

Кількість циклів обробки: 22;

Параметри циклу: нагрівання-20 с. продування-5с.;

Швидкість вилучення вологи: 1-2,4% / хв .;

Режим видалення вологи мав ознаки механодифузійного процесу у вигляді крапель вільної вологи на поверхні касети, рис. 2.



Рис. 2. Капельна волога на поверхні касети

Результати проведеного експериментального моделювання демонструють значний потенціал даного способу вологовидалення.

Для отримання явного, візуального підтвердження наявності механодифузійного режиму вилучення вологи проведено серію експериментів з відеофіксацією процесу. Було використано циліндричну касету, маса вологого матеріалу і режим обробки прийняті близькими до попереднього циклу експериментів.

В ході серії експериментів по візуалізації процесу механодифузії отримано відео процесу вилучення крапельної вологи (рис. 3) та процес з швидкістю видалення вологи 2,5 - 3,2 %/хв..



Рис. 3. Процес видалення крапельної вологи

За результатами дослідження запропоновано конструктивні зміни, щодо удосконалення мікрохвильової сушильної установки кафедри. Як доказ можливості ініціації механодифузійного режиму вилучення вологи отримано серію відеороликів, що фіксують формування крапель води в момент продувки шару вологого матеріалу, попередньо обробленого в камері мікрохвильового нагріву. Експериментально встановлено, що тривалість продувки мало впливає на кількість видаленої вологи, з отриманого відео можна зробити висновок, що основна маса вологи «здувається» з поверхні частинок протягом перших секунд продувки.

Запропоновано до практичної реалізації конструкцію удосконаленого сушильного модуля, що реалізує даний комбінований спосіб сушіння.

Льтература

1. Бурдо, О.Г., Терзієв, С.Г., Бандура В.М., Яровий, І. І. Механодифузійний ефект - нове явище в Тепломассоперенос. Book of Abstracts of the MMF. Minsk, Belarus, 2016, p. 224. [in Russian]https://www.itmo.by/doc/mif_15/Tom2.pdf
2. Atamanyuk, V., Mosiuk, M., Ivashchuk, O., & Zakharkiv, O. (2016). КІНЕТИКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОГО МІСКАНТУСА. Науковий вісник НЛТУ України, 26 (8), 257-264.[In Ukrainian]<https://doi.org/10.15421/40260840>
3. Burdo O., Bandura V., Zykov A., Zozulyak I., Levtrinskaya J., Marenchenko E., (2017), Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes, EA-Western European Journal of Enterprise Technologies , Vol.4 / 11 (88), pp.34-42;<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108843>

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ФІТОЕКСТРАКТІВ ТА КОНЦЕНТРАТІВ З ЕФІРООЛІЙНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ, ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ТА ПАРФУМЕРНО-КОСМЕТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Ружицька Н.В., к-т. техн. наук, асистент,

Терземан О.Ф., інженер,

Акімов О.В., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Ефіроолійна сировина широко використовується у фармацевтичній та парфумерно-косметичній промисловості [1]. У харчовій промисловості в якості смакових добавок використовуються як сушені ефіроолійні рослини, так і різноманітні екстракти та в невеликій кількості ефірні олії [2].

Для досліджень з інтенсифікації процесів екстрагування та дистиляції ефіроолійної сировини було обрано рослини, які культивуються в Україні.

Україна є виробником ефірної олії лаванди. Традиційна технологія переробки лаванди включає подрібнення сировини, парову дистиляцію, яка відбувається за температури 100...120 °С, декантування дистиляту з виділенням первинної ефірної олії, зневоднення та фільтрацію олії. До 5 % ефірної олії втрачається з дистиляційними водами, тому їх можуть направляти на когобацію. В результаті одержують вторинну олію, яка має нижчу якість через підвищений вміст камфори. Відпрацьована сировина, що містить 0,05...0,07 % ефірної олії може проходити екстрагування органічними розчинниками з утворенням конкрету та абсолюту, косметичного воску [3].

Проте залучення технології імпульсного енергопідводу дозволяє не тільки знизити температури і тривалість процесу, але й принципово змінити традиційну схему та одержати нові продукти. Так у мікрохвильовому вакуум-екстракторі, розробленому на кафедрі процесів, обладнання та енергетичного менеджменту ОНАХТ одержано екстракт лаванди, який містить ефірну олію у вигляді емульсії. Таким чином можливе одержання екстракту лаванди, ефірної олії та гідролату. Аналогічні продукти одержано при переробці м'яти перцевої. Температури процесу не перевищували 96 °С.

Троянда також є цінною ефіроолійною рослиною, проте її дикий родич – шипшина також містить ряд цікавих для харчової та парфумерно-косметичної промисловості речовини. Це антиоксиданти, антоціани та ефірна олія [4]. Тому можливе не тільки вилучення ефірної олії, а й одержання водних екстрактів пелюсток.

Окремо необхідно виділити спиртовий екстракт корзинонок троянди, який містить віск та смоли, що мають властивості фіксаторів аромату. У мікрохви-

льовому вакуум-екстракторі вилучено близько 4% сухих речовин з корзинок троянди та отримано концентрат – в'язку темну непрозору рідину коричнево-зеленого кольору з вмістом сухих речовин 18 %. Температура процесу екстрагування не перевищувала 70 °С і є резерви для її зменшення.

В цілому використання мікрохвильових технологій у комбінації з вакуумом дозволяє розробити нові схеми переробки ефіроолійної сировини та одержати нові фітоекстракти та концентрати з високим вмістом біологічно активних речовин для харчової, фармацевтичної та парфумерно-косметичної промисловості.

Література

1. Пономарева Е.И., Молохова Е.И., Холов А.К. ПРИМЕНЕНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В ФАРМАЦИИ // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21156> (дата обращения: 05.05.2020).
2. Кондратюк Т.А., Зыкова И.Д. ЭФИРНЫЕ МАСЛА ПРЯНО-ВКУСОВЫХ РАСТЕНИЙ // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 9. – С. 135-139; URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=32898> (дата обращения: 05.05.2020).
3. Технология натуральных эфирных масел и синтетических душистых веществ / Сидоров И.И. и др., М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 368 с.
4. Vinokur Y., Rodov V., Reznick N., Goldman G., Horev B., Umiel N., Friedman H. (2006). Rose Petal Tea as an Antioxidant-rich Beverage: Cultivar Effects. *Journal of Food Science*. 71. pp.42 - 47. 10.111

Секція 2. МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ.ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ І ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ ТОРФУ

¹Сорокова Н.М., д-р. техн. наук, ст. наук. співр.,

²Корінчук Д.М., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.,

²Сороковий Р.Я.

¹ НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», м. Київ

² Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Виробництво торф'яних гранул передбачає висушування фрезерного торфу. Початкова вологість (відношення маси води до маси тіла з даним вмістом

вологи) торфу досягає 90%. При цьому перший етап сушіння до вологості 40–45% проводиться у природних умовах, подальше сушіння до кінцевої вологості 15–20% здійснюється сумішшю димових газів і повітря переважно в сушильних установках барабанного типу. Вибір режимів сушіння торфу в значній мірі визначає енергоємність технологічного процесу виробництва паливних гранул. Сучасною тенденцією створення сушильних технологій є інтенсифікація процесу при забезпеченні високої якості готового продукту.

Підвищення температури сушильного агента T_c істотно інтенсифікує тепломасообмінні процеси при сушінні фрезерного торфу, так як частинки мають малі розміри і знаходяться в умовах рівномірного обігріву теплоносія. По досягненні частинками певних температур, зменшення вологовмісту проходить сумісно з процесом термічного розкладання [1]. Перша стадія деструкції для торфу починається при температурі 175 °С і супроводжується розкладанням геміцелюлози з виділенням кисневмісних газів і пірогенетичної вологи. Це сприяє підвищенню калорійності сухого залишку. Наступні стадії, коли температура торфу перевищує 270 °С, характеризуються розкладанням целюлози і лігніну. В присутності повітря ці процеси є екзотермічними і їх проходження призводить до швидкого зростання температури і істотної втрати горючої складової сухого торфу. Тому при розробці технологій високотемпературного сушіння торфу корисним є забезпечення проходження першої стадії термодеструкції та досягнення кінцевого вологовмісту до початку стадії термічного розкладання целюлози. Щоб створити відповідні умови проходження процесу сушіння, необхідне детальне вивчення тепломасопереносу зв'язаної речовини в результаті дифузії, фільтрації, фазових перетворень, усадки частинок торфу та їх термічного розкладання. Ефективним методом дослідження взаємопов'язаних процесів в сукупності є математичне моделювання.

В [2] побудовано математичну модель і метод розрахунку динаміки тепломасопереносу, фазових перетворень та усадки при сушінні сферичних частинок фрезерного торфу в умовах рівномірного омивання теплоносієм, адекватність якої підтверджена порівнянням результатів розрахунку та експериментальних даних. Математична модель побудована на основі диференційного рівняння переносу субстанції для деформуємих систем і включає рівняння переносу енергії та масопереносу рідкої, парової і повітряної фаз в пористому тілі. Вона може бути застосована для розрахунку високотемпературного сушіння, оскільки по-перше, пірогенетична вода видаляється разом із залишками вільної і зв'язаної вологи шляхом дифузії і фільтрації; по-друге, представлені в [1] результати свідчать, що термічне розкладання геміцелюлози у торфі супроводжується помітною зміною ефективною енергії активації мікрочастинок зв'язаної речовини, тобто термодеструкція є активаційним процесом, як і процеси дифузії і випаровування [3].

На відміну від інших видів біопалива, ефективна енергія активації зв'язаної речовини для торфу з початком термодеструкції зменшується [1]. Тобто процес зневоднення повинен відбуватись ще швидше. Вплив термодеструкції на сушіння частинок торфу враховувався тим, що у програмі розрахунку, побудованій на базі математичної моделі [2] та розробленого чисельного методу, по досягненні в окремих точках матеріалу, визначених вузлами різницевої сітки, температури 175 °С (початку деструкції) змінювалося значення енергії активації фізико-хімічно зв'язаної води $A = 0,435 \cdot 10^8$ Дж/кмоль, на ефективне значення $A_{\text{еф}} = A_{\text{Деф}} = 0,37 \cdot 10^8$ Дж/кмоль. На рис.1 представлені результати розрахунку.

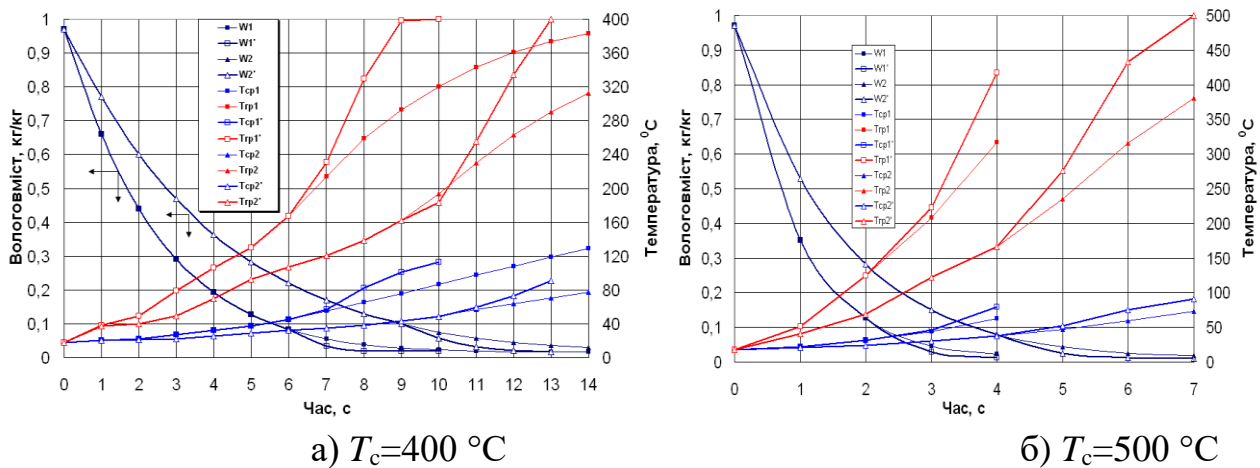


Рис. 1. Зміна в часі середніх вологовмісту W і температури T , температури $T_{\text{гр}}$ на поверхні сферичної частинки торфу діаметром $d = 10$ мм (криві 1) і $d = 13$ мм (криві 2) при сушінні без, і з урахуванням термодеструкції (W' , T' , $T_{\text{гр}}'$) в потоці димових газів з параметрами: $w_c = 4$ м/с, $d_c = 12$ г/кг с. пов.

Висновки. Результати розрахунку свідчать, що досягнення кінцевого вологовмісту частинками торфу при високотемпературному сушінні відбувається після початку першої стадії термічного розкладання, але до початку другої. Вплив термічного розкладання на динаміку високотемпературного сушіння торфу є досить істотний. Запропонований спосіб математичного моделювання дозволить оптимізувати сушіння з боку енерговитрат та покращити якість біопалива.

Перелік посилань

1. Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н. Математическое моделирование динамики сушки коллоидных капиллярно-пористых тел в условиях кипящего слоя // Наукові праці ОНАХТ. 2016. –Т.80, вип.1. С.78–82.
2. Коринчук Д.Н. Неизотермический анализ компонентов композиционных топлив на основе торфа и биомассы // Энергетика і автоматика. 2018. №1. С. 56–71.

3. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Киев: Наукова думка, 2014. 744 с.

ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ТЕПЛОТИ

Демченко В.Г., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.,
Коник А.В., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Розвиток та інтенсивне використання джерел відновлюваної енергії у теплоенергетиці істотно знижує залежність від викопних видів палива, що позитивно впливає на довкілля, оскільки суттєво зменшуються шкідливі викиди. Однак, ці джерела енергії, як правило, значно територіально віддалені від споживача, або мають ситуативний характер у часі [1].

Відстань у просторі та часі між джерелами енергії та споживачами вимагає розробки та вдосконалення систем зберігання теплової енергії. Так, в мережах централізованого опалення теплові акумулятори (ТА) можуть виконувати наступні завдання:

- компенсувати піки споживання теплової енергії;
- оптимізувати чи «вирівнювати» графіки виробництва теплової енергії шляхом накопичення надлишкової енергії;
- накопичувати теплову енергію, яка буде використана під час відключення (відсутності) енергопостачання та інше.

Акумулятори теплоти розрізняють за періодом заряджання й розрядження (короткострокові, середньострокові, довгострокові) та за рівнем робочої температури (низькотемпературні (<120 °С), середньотемпературні (120÷400 °С), високотемпературні (>400 °С)).

Технології інтенсифікації процесів (ТІП) представляють усі підходи, що ведуть до зменшення розмірів та підвищення ефективності технологічного обладнання. Характеризуються ТІП, щонайменше, одним із наступних трьох елементів - збільшення теплопередачі та маси; зменшення розмірів ТА; застосування модульних конструкцій [2]. Основними напрямками розвитку ТА в контексті технологій інтенсифікації процесів є:

- застосування сучасних підходів та технологічно-апаратного оснащення 4th Generation District Heating (4GDH), що дозволяє забезпечити теплопостачання споживачів з низькою витратою паливно-енергетичних ресурсів і незначними тепловими втратами в системах централізованого опалення. Також передбачається експлуатація низькопотенційних джерел теплоти і створення інтелектуального управління енергетичною системою. Основна увага приділяється ін-

теграції електро-, тепло- та холодопостачання, питанням транспорту теплоти, а також гнучкості короткострокових/довгострокових накопичень;

- підвищення теплопередачі та маси, головним чином, здійснюється за рахунок більшого значення співвідношення (внутрішня поверхня теплообміну)/(об'єм накопичення) в ТП обладнання, підвищує показники як на рівні її елементів, так і на рівні системи. При зменшенні розмірів обладнання, керувати процесом акумулювання простіше та легше реалізувати оптимальне управління потоком енергії. Окрім того, розбивка об'ємів зберігання теплоти на окремі елементні модулі дає можливість проектування теплових акумуляторів будь-якої потужності з уніфікованих елементів.

- зменшення впливу теплової стратифікації, що виникає в об'ємі рідинних ТА і негативно впливає на процес зберігання теплоти.

- доцільність використання ТА в залежності від середньодобової температури. Оскільки, у період зимового піку навантаження ТА дає економію капітальних витрат, дозволяючи використовувати базисні установки меншої теплопродуктивності, а також витрат на паливо завдяки зменшеним потребам в потужності і меншою тривалістю роботи. У період, характерний для середини літа, потрібно порівняно небагато пікової енергії, при цьому ТА дає економію вартості палива, оскільки використання акумулятора обмежується потребами енергії в піковий період. З урахуванням можливості зниження робочої потужності установок, шляхом зупинки частини з них для ремонту, профілактичних робіт і заправки паливом, економії на вартості палива.

Вирішення питання балансу між попитом на теплову енергію та її максимально можливого використання важливе завдання, що вирішується за допомогою ТА. Одне з таких рішень запропоновано авторським колективом в матеріалах [3, 4]. Запропоновано конструкцію мобільного теплового акумулятора, що представляє собою контейнер з індивідуальним тепловим пунктом і встановленими акумуляторами теплоти спеціальної конструкції. Кількість ТА визначає загальну потужність акумулятора контейнерного типу, яку можна підібрати в залежності від потреб споживача. Особливістю акумуляторів є те, що в них вирішено проблему стратифікації в об'ємі, шляхом використання теплового діоду та речовин з фазовим переходом. Також підбрано склад акумулюючої речовини, що представляє собою псевдопластичну рідину. Конструктивні рішення, стосовно, комплектації, геометричних розмірів та способу передачі теплоти споживачу ґрунтуються на інженерних розрахунках та проведених експериментальних дослідженнях. Конструкцію ТА зібрано з стандартних елементів, що широко представлені на ринку України, як наслідок забезпечується висока взаємозамінюваність деталей та поміркована вартість обладнання в цілому.

Перелік посилань

1. Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., et al. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy* 68, 1–11. doi:10.1016/j.energy.2014.02.089
2. Thermal Energy Storage. Technology Brief / IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief E17 – January 2013, p.24
3. Demchenko V.G., Konyk A.V. Research of heat accumulation capacity binary water systems / <http://www.iosrjournals.org/iosr-jac.html> <https://doi.org/10.9790/5736-1306010107>
4. Демченко В.Г., Трубачев А.С., Коник А.В. Дослідження напружено-деформованого стану елементів мобільного теплового акумулятора / *Теплофізика та теплоенергетика*, 2020, Т. 42, №2, с. 68-75.

СЕКЦІЯ 3. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

УПРАВЛІННЯ МІЖНАРОДНОЮ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА

Бундюк А.М., к-т. техн. наук, професор,
Лихащенко К.О., студент
Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

Вступ. Конкурентоспроможність розглядається як можливість або здатність підприємства використовувати свої порівняльні переваги у виробництві і реалізації товарів і послуг по відношенню до виробників і постачальників аналогічних товарів і послуг. Можливість підприємства конкурувати на певному товарному ринку залежить насамперед від конкурентоспроможності товару, тобто від ефективності використання наявних трудових, матеріальних і фінансових ресурсів.

Міжнародна конкурентоспроможність підприємства розглядається як здатність підприємства створювати та реалізовувати продукцію, цінові й нецінові якості якої більш привабливі, ніж в аналогічній продукції конкурентів на зовнішньому ринку.

Міжнародна конкурентоспроможність підприємства відображає можливість ефективної виробничо-господарської діяльності в умовах глобального конкурентного ринку. Це забезпечується всім комплексом наявних у підприємства ресурсів. Виробництво та реалізація конкурентоспроможних товарів і по-

слуг є узагальнюючим показником життєздатності підприємства, його вміння ефективно використовувати свій фінансовий, виробничий, науково-технологічний та трудовий потенціал.

На зростання сучасної міжнародної конкурентоспроможності величезний вплив справляє розвиток науково-технічного прогресу. Це впливає, з одного боку, зі змін, що відбулися в світовому господарстві, з іншого боку, виходячи з аналізу факторів міжнародної конкурентоспроможності країн [1,2].

Виклад основного матеріалу. Концепція управління конкурентоспроможністю виходить з необхідності прискореного задоволення вимог ринку, насичення його товарами та послугами першочергового або підвищеного попиту, створення умов для гідного виходу на зовнішній ринок і виживання підприємства в умовах жорсткої конкуренції з урахуванням наявних ресурсів..

Конкурентоспроможність формується на різних рівнях: товару (послуги), компанії, галузі (ринку), регіону, країни. У зв'язку з цим слід розрізняти відповідно конкурентоспроможність товару, послуг, фірми, галузі, регіону, країни. У загальному вигляді конкурентоспроможність означає здатність виконувати свої функції (призначення, місію) з необхідними якістю і вартістю в умовах конкурентного ринку.

Управління конкурентоспроможністю являє собою організаційно-розпорядчий, економічний, морально-психологічний вплив суб'єктів управління в особі державних і регіональних органів, власників, менеджерів безпосередньо виробників і споживачів на процеси розробки, виготовлення, ринкового обігу, споживання товарів і послуг, що здійснюється з метою зміцнення позицій на ринках, максимізації обсягу продажів, виручки від продажів, доходу, прибутку через використання конкурентних переваг.

В умовах посилення глобалізації конкурентна стратегія є одним із ключових інструментів забезпечення конкурентоспроможності підприємства у довгостроковій перспективі. Сукупність стратегічних дій для кожного підприємства є індивідуальним, що визначає неповторність поведінки підприємства на ринку. При цьому, вибір стратегії є обумовлений різними факторами, які є динамічними у просторі і часі.

Крім цього, до основних критеріїв, за якими слід обирати конкурентну стратегію відносять:

- інтенсивність конкуренції;
- умови економічного середовища;
- ступінь розвитку бізнесу та його привабливість;
- конкурентний статус підприємства;
- конкурентоздатність продукції та привабливість галузі.

Основними особливостями ринку товарів та послуг є:

- висока динамічність ринкових процесів;
- територіальна сегментація;

- висока динамічність обороту капіталу;
- високий ступінь чутливості до зміни кон'юнктури ринку;
- специфіка організації виробництва товарів та послуг (великі можливості для гнучкого реагування на зміну ринкової кон'юнктури);
- специфічні особливості організації процесу з надання послуг (розвиток комунікативних зв'язків, підвищені вимоги до професійних якостей, досвіду, рівню кваліфікації, культурі і етиці виробника);
- значна диференціація товарів та послуг;
- невизначеність результату діяльності з надання послуг.

Стратегічний підхід в управлінні конкурентоспроможністю реалізується через організаційно-економічний механізм, що являє собою систему досягнення цілей управління конкурентоспроможністю і необхідного кінцевого результату. Без створення і вдосконалення даного механізму підприємству в сучасних ринкових умовах не можливо отримати бажаний результат діяльності. Механізм управління конкурентоспроможністю можна визначити як сукупність ресурсів, методів, засобів, інструментів і важелів впливу на ринкові процеси, які застосовуються керівними органами всіх ієрархічних рівнів для досягнення цілей економічного розвитку елемента економічної системи [3].

Механізм управління конкурентоспроможністю включає в себе наступні елементи:

- мета управління (бажаний результат діяльності, який повинен бути досягнутий в межах деякого інтервалу часу);
- фактори управління (фактори конкурентоспроможності, на які здійснюється вплив в інтересах досягнення поставлених цілей);
- організаційна структура управління;
- ресурси управління (матеріально-технічні, фінансові, соціальні, інституційні та інші, при використанні яких реалізується обраний метод управління і забезпечується досягнення поставленої мети);
- методи впливу на фактори (напрямки, інструментарій).

Управління конкурентоспроможністю підприємства вимагає тривалого часу, великих коштів і ресурсів, професіоналізму керівників і фахівців.

Стратегічне управління виходить з того, що створити стійку конкурентну перевагу – це значить запропонувати велику сприйману цінність споживачам та іншим зацікавленим особам. Ці переваги можуть бути пов'язані як з характеристиками наданих послуг, так і з характеристиками самого підприємства і його положенням на ринку. Тактичне управління конкурентоспроможністю направлено на розробку і здійснення конкретних заходів щодо реалізації стратегічних планів управління конкурентоспроможністю підприємства [4].

Ефективне управління конкурентоспроможністю вимагає створення на підприємстві організаційної структури, що здійснює маркетингову діяльність.

Організаційні структури маркетингу залежать від ресурсів, якими володіє підприємство, специфіки продукції і ринків, від сформованої структури управління. Основними видами організаційних структур служби маркетингу є функціональна, товарна, ринкова, товарно-ринкова (матрична), функціонально-товарна, функціонально-ринкова організація служби маркетингу. Для реалізації поставлених цілей підвищення рівня конкурентоспроможності необхідні ресурси. Сукупність організаційних, фінансово-економічних, трудових, інформаційних, технологічних та інших ресурсів підприємства становить конкурентоспроможний потенціал підприємства.

Механізм управління конкурентоспроможністю підприємства включає в себе методи впливу. Найбільш ефективним методом управління конкурентоспроможністю є методи стратегічного управління, контролю та самоорганізації, які дозволяють ефективно організувати діяльність, пов'язану з вирішенням поставленого завдання щодо підвищення рівня конкурентоспроможності підприємства.

Висновки. Формування механізму управління конкурентоспроможністю має спиратися на сукупність принципів системності, цільової спрямованості, урахування специфіки діяльності, інформаційного забезпечення, використання сучасних технологій та інструментів. Найбільш ефективним методом управління конкурентоспроможністю є методи стратегічного управління, контролю та самоорганізації, які дозволяють ефективно організувати діяльність задля підвищення рівня конкурентоспроможності підприємства.

Література

1. Піддубна Л. І. Управління міжнародною конкурентоспроможністю підприємства: огляд наукових праць останнього десятиріччя [Електронний ресурс] / Л. І. Піддубна // – Режим доступу: irbis-nbuv.gov.ua
2. Масляєва О.О. Економічна сутність категорії «конкурентоспроможність»: детінізація та систематизація [Електронний ресурс] / О.О. Масляєва. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=737>.
3. Малихіна С. В. Міжнародна конкурентоспроможність – як пріоритетний фактор розвитку зовнішньоекономічної діяльності підприємств / С. В. Малихіна // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.:НТУ – 2012. – Вип. 10.
4. Бундюк А.М. Забезпечення міжнародної конкурентоспроможності підприємства / А.М. Бундюк, К.О. Лихащко // Матеріали НПК "Енергія. Бізнес. Комфорт, 20.12.19. ОНАХТ, 2020, с. 16-18.

ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Яровий І.І., к-т. техн. наук, доцент,

Алі В.П., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Україна знаходиться в умовах сприятливих для використання такого альтернативного джерела як сонячна енергія, а для півдня України, і зокрема Одеської області, ці умови дуже добрі [1]. Сумарне середньорічне сонячне випромінювання на півдні області складає до 1350 кВт*год/м², що перевищує такий показник для Німеччини, одного з європейських лідерів у впровадження альтернативних енерготехнологій.

За даними Інституту загальної енергетики НАНУ при споживанні щорічно 210 млн. т. у. п. паливно-енергетичних ресурсів потенціал енергозбереження України оцінюється на рівні 42-48%. Основна економія ПЕР, за розрахунками експертів, може бути досягнута в промисловості (38%) і комунальній сфері (30%). У паливно-енергетичному секторі цей показник може скласти до 17% [2].

Сонячна енергія, одна з найбільш зручних для використання, та одночасно достатньо доступна і універсальна, для її утилізації розроблено, і що важливо, постійно удосконалюються технології концентрування та перетворення. Технологічні установки для концентрування сонячної теплової енергії та її перетворення в електричну енергію достатньо прості, мають високу надійність, та стають все більш доступними в ціні, не в останню чергу завдяки державним програмам впровадження альтернативних джерел енергії.

Завдяки великому вибору як імпортованих комплектуючих, так і вироблених в Україні, споживач може знайти на ринку дуже різні рішення як за технологічними параметрами так і за ціною політикою. Проте на сьогодні, використання альтернативних джерел енергії лише завойовує своє «місце під сонцем» у промисловому виробництві.

Причин такого уповільненого старту, полягає у відносно невисокій потужності таких джерел, великій вартості виробленої енергії та непостійності її генерації. В той же час переваги сонячних технологій добре відомі: невичерпний ресурс сонячного джерела, значний термін експлуатації установок при невеликих витратах на ремонт та обслуговування, екологічна чистота генерації та відсутність впливу на довкілля.

Основною ідеєю, яка претендує на практичну реалізацію, є те, що найбільш ефективною реалізацією впровадження альтернативного джерела енергії у конкретний технологічний процес, має бути гібридна система енергопостачання, яка не замінить повністю основне джерело, а компенсуватиме енергетичні витрати виробництва або бізнесу, пропорційно інтенсивності актуального потоку альтернативної енергії (сонячного випромінювання).

Подальша деталізація даної ідеї полягає у відборі та аналізі ефективності типових моделей впровадження технологій гібридного енергопостачання у конкретні технологічні процеси. Головним критерієм такого відбору є «синфазність» зміни потужності потоку енергії генерованої установкою (внаслідок сезонних та добових коливань потоку сонячної радіації) та потужності, що споживається об'єктом.

Прикладом такої «синфазної» пари може бути система кондиціонування повітря офісної будівлі та сонячна фотоелектрична станція.

Високоєфективною моделлю для впровадження є дооснащення об'єкту готельно – ресторанного бізнесу комплексом гарячого водопостачання на основі сонячних колекторів.

В якості ще одного варіанту реалізації моделі «синфазної пари» генеруюча установка – споживач може розглядатись сонячна електростанція та промисловий холодильник.

Суттєвим обмеженням впровадження об'єктів сонячної енергетики є доступна для використання площа підприємств. Найбільш доцільною для використання є площа даху будівлі підприємства. Але сонячну електростанцію значної потужності не вмістити в розміри площини даху навіть великої промислової будівлі, та й нестабільність потоку альтернативної енергії часто не сумісна з вимогами промислового виробництва, навіть за умови «синфазності» джерела та виробничого процесу. Тому, доцільним рішенням є впровадження саме систем комбінованого енергопостачання, коли альтернативна енергетика є змінною складовою в системі енергопостачання.

Такий підхід надасть можливість встановити та гнучко використовувати сонячну електростанцію з потужністю достатньою для енергозабезпечення як мінімум однієї ділянки виробництва, з можливістю його оперативного переключення до основної мережі при відсутності або зменшенні потужності джерела альтернативної енергії.

Література

1. Казак, В. М. Оцінка ефективності використання вітрової та сонячної енергетики в Україні / В. М. Казак, д-р техн. наук, проф., Я. М. Панченко, К. В. Ковбій //Електронне видання – Режим доступу: <http://www.icit.nau.edu.ua/files/sbt/7-8/16.pdf>

2. Панасюк М. В. Порівняльна характеристика поновлюваних джерел енергії / М. В. Панасюк //Електронне видання – Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2016/paper/view/699>

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАКОПИЧЕННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ

Перетяка С.М., к-т. техн. наук, доцент,
Одеський національний морський університет, м. Одеса

В статті проаналізовано загроза впровадження необґрунтованих заходів підвищення енергоефективності в приміщеннях закладів освіти без урахування їх впливу на людину. Встановлено, що певні заходи з одного боку підвищують температуру в аудиторіях, наближаючи її до комфортної, з іншого боку погіршують якість повітря, що безпосередньо впливає на організм людей, які навчаються та навчають. Тому потрібен аналіз і порівняння не тільки витрат енергії на опалення, а і їх вплив на якість повітря, зокрема концентрації вуглекислого газу.

Впровадження заходів спрямованих на підвищення енергетичної ефективності систем опалення відбувається за відомою схемою: енергетичний аудит, здивування від отриманих результатів, заміна вікон і утеплення стін, іноді відмова від центральної системи опалення з переходом на автономну та використання альтернативних енергоносіїв. Головна мета цих заходів зменшити витрати енергії на опалення приміщень. Найчастіше вважається що людині, яка знаходиться в цих приміщеннях після реалізації перелічених заходів стане комфортно. Однак, це навпаки може створити для мешканців приміщень небезпеку.

Зрозуміло, що повітря у навчальних аудиторіях повинне бути чистим і не містити шкідливих речовин. На перший погляд це легко забезпечити в аудиторіях, тому що вони не містять джерел утворення шкідливих речовин. Однак джерелом забруднення є сама людина. У будь-якому місці, де знаходяться люди: шкільні класи та дитячі садки, офіси і кінотеатри, крамниці і транспорт – завжди існує ймовірність перевищення норми вуглекислого газу внаслідок дихання людей.

Дослідження впливу діоксиду вуглецю на самопочуття людей показали, що при високих концентраціях цього газу в повітрі проявляється значне зниження уваги і виникає хронічна втома. Більш того, вуглекислий газ стає причиною підвищеної захворюваності людей. В першу чергу страждає носоглотка і дихальні шляхи, підвищується число астматичних нападів. При тривалому впливі вуглекислого газу на організм людини, в крові починають відбуватися

біохімічні зміни, що призводить до гіпертонії, ослаблення серцево-судинної системи.

Метою цієї роботи є пошук шляхів покращення якості повітря (безпечна концентрація вуглекислого газу) у навчальних корпусах Одеського національного морського університету (ОНМУ). Об'єктом дослідження є навчальні аудиторії ОНМУ. Предмет дослідження – концентрація діоксиду вуглецю в аудиторії.

Були проведені дослідження в стандартній аудиторії об'ємом 163 м³ (8,5×6×3,2 м), яка розрахована на 40 студентів, для проведення лекцій та практичних занять. Мета дослідження – динаміка накопичення вуглекислого газу. Вимірювалась температура, відносна вологість повітря та концентрація CO₂.

Вимірювання проводилось протягом трьох навчальних пар. Кількість студентів на занятті – 36, 28 та 30 осіб. Під час перерв відкривалось одне вікно і двері для створення протягу. За 4,5 години температура в аудиторії зросла з 15 до 21 °С, так і не досягнув оптимальних параметрів мікроклімату. Відносна вологість піднялася з 89 до 95 %. Тільки за першу пару з 8.30 до 9.50 концентрація CO₂ зросла з 400 до 3066 ppm, тобто у 7,5 разів. Після першої перерви нова група розпочала заняття при концентрації 2233 і закінчила при 3480 ppm. Термін першої перерви 10 хвилин. Строк другої перерви 20 хвилин. В цей період за рахунок провітрювання концентрація впала до 2066 ppm. Третя група закінчувала заняття при «рекордних» 3835 ppm.

Висновки. Таким чином, згідно досвіду розвинутих країн, якість повітря у вітчизняних закладах освіти не може вважатися безпечною в холодний період року. Виникає питання як покращити ситуацію з урахуванням, що збільшення повітрообміну неминуче призведе до зростання витрат теплоти на опалювання. Тому необхідно в першу чергу впроваджувати заходи які не потребують значних коштів:

1. Прийняти і впровадити санітарні норми, що будуть визначати вміст діоксиду вуглецю у приміщеннях, зокрема, закладах освіти, враховуючи світовий досвід.

2. Забезпечити аудиторії, у першу чергу, розраховані на значну кількість студентів приладами для вимірювання концентрації CO₂.

3. Запровадити практику обов'язкового провітрювання аудиторій на перервах.

4. Змінити розклади занять таким чином, щоб основний об'єм навчального часу припадав на теплий період року.

5. Впровадити систему енергетичного менеджменту.

До заходів другої черги можливо віднести:

1. Відмова від централізованого опалення як в край не ефективного. Спробуйте знайти гардероби у закладах вищої освіти!

2. Перехід на автономну опалювальну мережу, в межах одного корпусу, з паралельною подачею теплоносія в приміщення.
3. Відмова від централізованої примусової припливно-витяжною вентиляцією.
4. Необхідно впроваджувати більш гнучку децентралізовану систему вентиляції для аудиторій у вигляді рекуператорів теплоти витяжного повітря.
5. Автоматизовані системи вмикання вентиляційних приладів в залежності від якості повітря.

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУПУТНІХ ТОВАРІВ ТА ПАКУВАННЯ

Ватренко О.В., д-р. техн. наук, професор,
Левтринська Ю.О., к-т. техн. наук, асистент,
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Вступ. Актуальною проблемою сьогодні є нестача продовольства. Продовольча криза особливо гостро відчутна у країнах третього світу та країнах, що розвиваються. Ця проблема у найближчі роки буде загострюватись за прогнозами вчених. Сьогодні можна відчувати проблеми, пов'язані з нестачею енергетичних ресурсів, про які попереджали 20-30 років тому. Це виражається у здорожчанні товарів усіх категорій, у тому числі – харчових продуктів. Іншою загальносвітовою проблемою є забруднення довкілля використаною упаковкою харчових продуктів. Особливо небезпечним є забруднення полімерною упаковкою. Це стосується як суходолу так і світового океану, на якому з'являються острови з використаної пластикової упаковки. Як наслідок – в деяких країнах законодавчо заборонені поліетиленові пакети в супермаркетах, а в Європейському союзі з 2020 р. заборонений одноразовий пластиковий посуд. Шляхом вирішення цих проблем може бути раціональне використання усіх продовольчих ресурсів та рециркуляція відходів, у тому числі органічних у супутні харчові товари та пакування [1].

Аналіз проблематики використання відходів харчових виробництв. Сьогодні, для України нестача продовольства не є головною з проблем, проте аграрії та виробники стикаються з низкою проблем, які у майбутньому можуть викликати небезпечні наслідки. По-перше, спостерігається загальне погіршення екологічного стану, що викликане недбалим ставленням до георесурсів нашої країни та забрудненням побутовими відходами. Проблеми стосуються переробки відходів, у тому числі органічних. Відбувається забруднення водних горизонтів, що викликає засолення, відкладення токсичних сполук у ґрунтах. Вирощена у таких умовах харчова сировина може бути, як низької якості, так і вза-

галі небезпечною для вживання. По-друге, через економічний спад, пов'язаний, як з нестачею паливно-енергетичних ресурсів, так і з наслідками пандемії коронавірусу COVID-19 у країні, значно знизилася покупна здатність населення. Це зумовило зниження попиту на товари середнього цінового сегменту та товари категорії «преміум», на користь більш дешевих аналогів. Товари, що не є необхідними, споживачі можуть взагалі виключити зі свого кошика. До таких товарів можна віднести екзотичні фрукти, десерти та солодощі, каву, дорогі алкогольні напої, делікатесну продукцію, снеки, тощо. До таких продуктів також можна віднести харчові концентрати, так як вони не вважаються здоровим харчуванням. Підприємства-виробники такої продукції вже зараз мають суттєві збитки [2].

Існує багато наукових робіт, де розглядаються проблеми промислового виробництва харчових продуктів та раціонального використання відходів [3-10]. Проблеми постають при зневодненні, подрібненні, екстрагуванні, пакуванні, серед яких як проблеми низької енерго- та ресурсоефективності, так техніко-економічні проблеми, на розв'язання яких витрачається колосальна кількість зусиль. Якщо замислитись, що продукція, на виготовлення якої витрачено сировину, енергію, працю робітників, закладено амортизацію обладнання, наукові консультації фахівців, у результаті необхідно утилізувати, замість отримання прибутку стає зрозуміло, що це неприпустима ситуація. Погіршує сприйняття такої ситуації те, що кожного дня за статистикою від Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) та Організації об'єднаних націй (ООН) від голоду та злиднів вмирає 12 до 20 тисяч людей, у середньому – 4 людини кожену секунду [3]. Все це вказує на проблему надмірного виробництва товарів, що мають малі строки зберігання, не упакованих або неефективно упакованих. Тому використання сучасних методів, що підвищують споживчу якість продуктів та знижують кількість невикористаної сировини дасть можливість виробляти більшу кількість продовольства, та знижувати його вартість.

Огляд наукових робіт у галузі переробки рослинних відходів. Науковою групою співробітників кафедри процесів, обладнання та енергетичного менеджменту ОНАХТ розроблено низку технологій енергоефективних екстрагування, сушіння та концентрування, що об'єднані у комплекс заходів екоіндустрія АПК [4-5].

Запропоновані схеми комплексної переробки рослинної та тваринної сировини. Застосування електромагнітних технологій не лише інтенсифікує процеси, а й дозволяє спростити технологічні лінії, отримати продукти більш високої якості при зниженні енергетичних витрат. Навіть за використання більш ефективних технологій виробництва харчових продуктів проблемою залишається утилізація твердих відходів. Як один зі способів утилізації пропонується виготовлення паливних агропелет, проте цей спосіб не є досить екологічно без-

печним тому, що при спалюванні виділяється двоокис вуглецю, що є парниковим газом та кіптява.

Оскільки рослинна сировина переважно складається з целюлози, перспективним методом утилізації може бути виготовлення одноразового посуду та пакування із твердих органічних залишків. Естонські науковці провели ряд досліджень з одноразовим посудом, що виготовляється з відходів круп'яних виробництв [6]. За аналогічної якості та властивостей до пластикового посуду, запропонований посуд з відходів значно швидше розкладається та не становить небезпеки при захороненні на полігонах.

Рослинні відходи також може слугувати сировиною для виготовлення біополімерів, що розкладаються швидше за полімери, які отримано з нафтопродуктів [7]. Для виготовлення таких полімерів потрібна значна кількість енергії та води, однак технології постійно удосконалюються. Актуальні дослідження у сфері утилізації відходів показують, що будь-яка рослинна сировина придатна для виготовлення тари, у тому числі опале листя [8]. Однак, проблемою є те, що така сировина може містити токсичні домішки і безпечність її для використання у якості посуду та споживчої тари залишається відкритою проблемою.

Сьогодні ряд компаній вже виготовляє готові біополімери із рослинних відходів. Італійська компанія Novamont(MaterBi) використовує відходи від обробки пшениці для виготовлення одноразового посуду та харчових плівок. Японська компанія Plantic Technologies (Plantic) виготовляє полімери із пшениці. Rodenburg Biopolymers (Solanyl) використовують відходи пшениці та картоплю для виготовлення полімерів. Німецькі компанії Biologische Verpackungs (Biorac) та Biotec GmbH (Bioflex) використовують крохмаль для виготовлення плівок та пакування для харчових продуктів. Ряд компаній у США, у тому числі всесвітньо відомі Procter & Gamble використовують відходи переробки зернових, крохмаль та целюлозу для виготовлення полімерів, одноразової тари та плівок [9]. В Україні сьогодні жодна компанія не використовує рослинні відходи для виготовлення полімерів та пакування.

Як показують дослідження західних науковців [10], рослинні відходи можуть бути сировиною для наноматеріалів, оскільки є природніми наноконструкціями.

Рослинна сировина сьогодні є більш перспективною за продукти тваринництва, оскільки не потребує кормової бази і може замінювати м'ясні і молочні продукти, як наприклад соєві продукти. Матеріали, що отримують з сої демонструють високу технологічну якість та покращені технологічні властивості у порівнянні з іншими біополімерами [11].

В Україні є велика кількість виробництв, відходи яких дозволяють створювати достатню кількість тари, щоб не потребувати використовувати полімери з нафтопродуктів. Такий підхід дозволяє вирішувати одночасно проблему

утилізації твердих побутових відходів та проблеми накопичення небезпечних полімерних відходів з нафтопродуктів на полігонах.

У Одеській національній академії харчових технологій є досвід використання рослинних відходів для виготовлення агропелет [4-5], при яких відбувається формування пелет при нагріванні та пресуванні. Аналогічні технології із мінімальними хімічними перетвореннями, без значного використання води та енергії можна залучити для виготовлення інших супутніх товарів. Великі перспективи також мають галузь тваринництва та переробки риби, оскільки відходи цих галузей є джерелом природних полімерів та клеїв.

Висновки: Неутилізовані рослинні відходи, що сьогодні становлять проблему для вітчизняних виробництв є цінним ресурсом, який за раціонального ставлення може стати основою для виробництва споживчої тари та полімерів. Україна має стабільну сировинну базу для розвитку технологій виробництва біополімерів з рослинної сировини. Такі виробництва мають входити до структури харчових виробництв для більшої ефективності, стійкості та забезпечення харчової промисловості якісним та екологічно-безпечним пакуванням.

Література:

1. Lentz, E. C., Michelson, H., Baylis, K., & Zhou, Y. (2019). A data-driven approach improves food insecurity crisis prediction. *World Development*, 122, 399-409.
2. Коткова, Н. С. (2019). Індикатори розвитку продовольчої системи України в умовах економічних викликів. *Продовольчі ресурси*, (12), 229-247.
3. Stezhko, N. (2020). CAUSES AND SCOPE OF GLOBAL FOOD SECURITY PROBLEMS IN THE MODERN WORLD. *Zat'ko Jozef*, 77.
4. Бунецкий, В. А., Зыков, А. В., Войтенко, А. К., Безбах, И. В., & Кашкарев, А. А. (2019). Модульный принцип организации производства пеллет из растительного сырья. *Scientific Works*, 83(1), 157-163.
5. Бурдо, О. Г., Терзиев, С. Г., Ружицкая, Н. В., & Макиевская, Т. Л. (2014). Процессы переработки кофейного шлама. *Киев: ЭнтерПринт*, 228 с.
6. Olt, J., Soots, K., Olt, A., & Rooni, V. (2019, December). EXPLORATION OF THE POSSIBILITIES FOR THE PRODUCTION OF TABLEWARE FROM THE BRAN OF VARIOUS CEREALS. In *Proceedings of the International Scientific Conference "Rural Development"* (pp. 188-193).
7. Вильданов, Ф. Ш., Латыпова, Ф. Н., Красуцкий, П. А., & Чанышев, Р. Р. (2012). Биоразлагаемые полимеры современное состояние и перспективы использования. *Башкирский химический журнал*, 19(1). 135-139
8. Liu, B. F., Liu, M. D., Jin, P., & Zhong, Y. X. (2020). Study of pulping technology on disposable tableware using withered leaves as raw material. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 711, No. 1, p. 012056). IOP Publishing. 1-7

9. Кадырова, А. Т., & Хайруллин, Р. З. (2017). Обзор современного рынка биоразлагаемых полимерных материалов. *Научный альманах*, (3-3), 394-397.
10. Pinheiro, I.F., Ferreira, F.V., Souza, D.H.S., Gouveia, R.F., Lona, L.M.F., Morales, A.R., Mei, L.H.I., Mechanical, rheological and degradation properties of PBAT nanocomposites reinforced by functionalized cellulose nanocrystals, *European Polymer Journal* (2017), doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.10.026> 356-365
11. Ольхов, А. А., Хватов, А. В., Попов, А. А., Заиков, Г. Е., & Абзальдинов, Х. С. (2016). Технологические свойства биодеструктурируемых материалов на основе диацетата целлюлозы и соевой муки. *Вестник Казанского технологического университета*, 19(1). 75-79

О КОМПЛЕКСНОМ УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Воинова С.А., кандидат технических наук, доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

Воинов А.П., доктор технических наук, профессор

Одесская национальная академия строительства и архитектуры, Одесса

***Аннотация.** Техническим объектам присуща определенная технологическая эффективность функционирования, которая содержит экологическую составляющую. Экологическая эффективность отражает лишь видимую экологичность технического объекта. Однако технический объект на единицу производимой им продукции расходует определенную энергию и материалы и, как их потребитель, несет в себе косвенную долю ответственности за свое косвенное вредное воздействие на природную среду, фактически оказанное производителями этих энергии и материалов. Сформированную этим обстоятельством фактическую экологичность технического объекта не учитывают в нынешней практике оценивания его экологичности. Для снижения этой доли ответственности, необходимо повышать эффективность использования в технологическом процессе энергии и материалов, получаемых техническим объектом со стороны. Сумма ущерба, наносимого ныне природной среде всеми подаваемыми в технический объект потоками материалов, а также подаваемой в него энергии, определяет разницу между видимой и фактической экологической эффективностью рассматриваемого технического объекта. Следует стремиться к такому режиму функционирования технического объекта, при котором уровень его видимой и уровень его фактической экологической эффективности были бы доступно максимальными. В перспективе надлежащий*

уровень экологичности функционирования технического объекта можно будет обеспечить при условии высококачественного управления ее видимой и фактической составляющими, то есть при осуществлении комплексного управления экологичностью технического объекта.

Abstract. *Technical objects have a certain technological efficiency of functioning, which contains an environmental component. Environmental efficiency represents only the visible environmental friendliness of the technical object. However, a technical object consumes a certain amount of energy and materials per unit of its products. Technical object, as consumer of their, contains an indirect share of responsibility for his indirect harmful effects on the natural environment, which the producers of these energies and materials actually had on it. They do not take into account the actual environmental friendliness of the technical object formed by this circumstance in the current practice of assessing its environmental friendliness. To reduce this share of responsibility, it is necessary to increase the efficiency of using in the technological process energy and materials received by the technical object from the outside. The amount of damage now caused to the natural environment by all the flows of materials supplied to the technical object, as well as the energy supplied to it, determines the difference between the visible and actual environmental efficiency of the technical object that is being considered. One should strive for such a mode of functioning of a technical object in which the level of its visible environmental efficiency and the level of its actual environmental efficiency would be available peak. In the future, it will be possible to ensure the appropriate level of environmental friendliness of the technical object's functioning, provided that high-quality control of its visible and actual components, that is, when implementing integrated environmental control of the technical object.*

Ключевые слова: природная среда, технический объект, вредное воздействие, экологическая эффективность, комплексное управление.

Keywords: natural environment, technical object, harmful effect, environmental efficiency, integrated control.

Постановка проблемы. Современное мировое производство объединяет множество отраслей; каждая из них представлена рядом предприятий.

На каждом из предприятий применяют ряд технических объектов (ТО), в каждом из которых осуществляют определенный, свойственный ему, технологический процесс.

Технологическому процессу свойственна определенная технологическая эффективность (ТЭ) функционирования, отражающая степень совершенства осуществляемого им технологического процесса.

Технологическая эффективность функционирования производственного технического объекта (ТО) содержит три составляющие: экологическую эффективность (Э_лЭ), экономическую эффективность (Э_нЭ) и общетехническую эф-

фективность ($\mathcal{E}_0\mathcal{E}$). Каждая из них характеризует степень совершенства действующего ТО в определенном отношении, с определенных позиций.

Каждая из указанных составляющих ТЭ ТО, в свою очередь, содержит ряд частных составляющих – частных свойств ТО.

Для обеспечения высокого уровня ТЭ функционирования ТО, необходимо обеспечить высококачественное управление его технологическим процессом.

Как известно, наиболее важной, базовой оценкой процесса функционирования объектов производства является степень их вредного воздействия на природную среду (ПС) [1]. Подобной количественной оценкой применительно к ТО является уровень его $\mathcal{E}_л\mathcal{E}$.

Этот показатель, как ведущий, выбирают из числа известных факторов вредного воздействия ТО на ПС. Согласно принятой методике, по его численному значению оценивают в целом уровень $\mathcal{E}_л\mathcal{E}$ функционирования ТО [2].

Когда ТО оснащают системой автоматического управления (САУ) его технологическим процессом, в качестве одной из задач ей поручают управление текущим значением ведущего показателя ТЭ: $\mathcal{E}_л\mathcal{E}$.

По поддерживаемому среднестатистическому численному значению этого показателя – $(\mathcal{E}_л\mathcal{E})_{ср}$ – судят об уровне $\mathcal{E}_л\mathcal{E}$ функционирования ТО.

Однако, показатель $(\mathcal{E}_л\mathcal{E})_{ср}$ характеризует уровень экологичности ТО только с позиций степени совершенства постановки процесса его функционирования в конкретных условиях, так как отражает лишь степень вредного воздействия работающего ТО на ПС, то есть отражает видимую экологичность конкретного ТО.

Таким образом, действующий ТО, потребляющий энергию, оказывает видимое вредное воздействие на ПС, которое принято отражать уровнем его $(\mathcal{E}_л\mathcal{E})_{ср}$.

Уровень видимой экологичности ТО зависит от качества управления его технологическим процессом.

То есть, понятие $\mathcal{E}_л\mathcal{E}$ ТО, имеющее общепринятое ныне толкование, отражает лишь его видимую экологичность, которой ограничивают сегодня представление об экологичности ТО вообще.

Привлекает внимание еще один аспект представления $\mathcal{E}_л\mathcal{E}$ ТО.

Действующий ТО, на единицу производимой им продукции расходует определенное (удельное) количество энергии: электричества, теплоты, получаемых со стороны, от производящих их предприятий энергетики.

Известно, что среди отраслей производства энергетика является источником наиболее интенсивного вредного воздействия на ПС. Причем это воздействие имеет комплексный, многосторонний характер [3, 4, 5, 6].

Повышение экологичности производства в полной мере отвечает задачам программы энергосбережения, принятой странами европейской ассоциации и

отраженной в национальной программе энергосбережения Украины [7]. Программа энергосбережения имеет природоохранную сущность. Это обстоятельство обусловило ее значение как важнейшей программы современности.

Выполнение задач программы энергосбережения на конкретном ТО является участием в повышении экологичности этого объекта и, одновременно, участием в повышении экологичности его как потребителя энергии [8].

Целью статьи является раскрытие наличия и необходимости учета неявной - фактической экологичности наряду с традиционно используемой – видимой при оценке экологичности технических объектов, рекомендации по комплексному управлению ими.

Основная часть. Известно, что каждая единица выработанной энергии несет в себе определенную долю ответственности за вредное воздействие на ПС от ответственности, лежащей на выработавшей ее энергоустановке. Эту долю ответственности каждая единица энергии передает использующему ее потребителю

В связи с этим, рассматриваемый ТО, как потребитель получаемой им энергии, получает вместе с ней и берет на себя косвенную, указанную выше долю ответственности за свое косвенное вредное воздействие на ПС, фактически оказанное ранее производителем этой энергии – энергоустановкой.

Эта доля ответственности ТО снижает реально наблюдаемый, видимый формально уровень его $\mathcal{E}_n\mathcal{E}$, до уровня фактического, отражающего фактическую экологичность ТО. Ее не учитывают, не рассматривают в нынешней (фактически формальной) практике оценивания уровня экологичности ТО. Этим невольно завышают экологичность ТО от ее фактического уровня до уровня видимой экологичности, то есть освобождают ТО от ответственности за ущерб, наносимый ПС энергоустановкой, вырабатывающей энергию, получаемую от нее ТО.

Как известно, в общем случае, в действующий ТО подают не только поток энергии, но также подают другие потоки конструкционных и других материалов, необходимых для осуществления технологического процесса и создания продукции, производимой рассматриваемым ТО.

При этом, каждый из подаваемых материалов, например, материал «А», предварительно производят на соответствующем производстве и при этом, оказывают определенное вредное воздействие на ПС, наносят ей экологический ущерб. Носителем некоей доли этого ущерба является, например, каждый килограмм ранее произведенного там материала «А».

Сумма ущербов, наносимых ныне ПС всеми подаваемыми в ТО потоками материалов, а также подаваемой в него энергией, определяет разницу между $\mathcal{E}_n\mathcal{E}$ видимой и $\mathcal{E}_n\mathcal{E}$ фактической рассматриваемого ТО.

Приведенная, детализированная модель процесса формирования уровня экологичности ТО раскрывает и указывает пути и возможности управляющего

воздействия на его свойства, раскрывает возможности комплексного управления экологичностью этого ТО.

Важно отметить, что снижение удельной энергоемкости выпускаемой конкретным ТО продукции повышает уровень его фактической экологичности. По этой причине малоэнергоемкое производство и его малоэнергоемкая продукция в общем случае характеризуются повышенной экологичностью.

Уровень фактической экологичности ТО зависит от качества управления его технологическим процессом.

Для снижения этой доли ответственности, необходимо повышать эффективность использования в технологическом процессе рассматриваемого ТО энергии, получаемой им со стороны

Необходимость учета фактической экологичности ТО очевидна в свете развития производства и повышения внимания к его экологичности.

На фоне изложенного, очевидным является стремление к повышению видимой и повышению фактической экологичности ТО.

Предстоящее развитие мирового производства по инновационному сценарию вынуждает критически подходить к постановке управления Э_лЭ каждого ТО, углубленно анализировать все составляющие ТЭ его работы, особенно экологическую составляющую, ее видимую и ее фактическую части.

Иными словами, стремиться следует к такому режиму функционирования ТО, при котором уровень его видимой Э_лЭ, и уровень его фактической Э_лЭ были бы доступно максимальными.

В перспективе надлежащий уровень экологичности функционирования ТО можно будет обеспечить при условии высококачественного управления ее видимой и ее фактической составляющими, то есть при осуществлении комплексного управления экологичностью ТО.

При этом в целях обеспечения наиболее высокого доступного уровня экологичности ТО, необходимо будет применить такую систему автоматического управления ТО, техническое, алгоритмическое и программное обеспечение которой будет инновационно насыщенным.

Следует особо отметить своевременность и важность осуществления на действующих объектах отечественного производства программы мероприятий, направленных на повышение уровня их экологической эффективности функционирования.

Выводы

1. В настоящее время, в период глобального обострения экологической обстановки, ведущей проблемой стала необходимость реального повышения уровня экологической эффективности объектов производства.

2. Мировое производство в процессе взаимодействия с ПС оказывает на нее вредное воздействие, интенсивность которого возрастает.

3. Перед человечеством встала проблема защиты ПС от вредного воздей-

ствія виробництва.

4. Важнейшим показателем степени совершенства ТО является уровень его экологической эффективности функционирования.

5. Видимая экологическая эффективность ТО не отражает вредное воздействие на ПС со стороны потребляемых им энергии и материалов.

6. Фактическая экологическая эффективность ТО в полной мере отражает его экологичность.

7. Следует стремиться к такому режиму функционирования ТО, при котором уровень его видимой и уровень его фактической экологической эффективности были бы доступно максимальными.

8. Комплексное управление экологичностью функционирования ТО состоит в параллельном управлении его видимой и его фактической составляющими.

9. В перспективе надлежащий уровень экологичности функционирования ТО можно будет обеспечить при условии высококачественного управления ее видимой и ее фактической составляющими, то есть при осуществлении комплексного управления экологичностью технического объекта.

10. В современных условиях актуальным является осуществление на объектах отечественного производства программы мероприятий по повышению уровня их экологичности.

Список литературы

1. Воинова С.А., Воинов А.П. О главенствующем положении природоохранного аспекта в многогранной деятельности человечества / Энергія. Бізнес. Комфорт: матеріали регіональної науково-практичної конференції, Одеса, 20 грудня 2019 р. – Одеса: ОНАХТ, 2020. – С. 11 – 13.

2. Воинова С.А. Управление экологичностью в задаче управления эффективностью функционирования технологического объекта / Энергетика та електрифікація. – 2019. – № 7. – С. 43 – 46.

3. Воинов А., Элькин Ю., Крюковская-Тележенко С. Воздействие на экологическую эффективность энергетики - средство управления экологичностью мирового производства / Научно – технический и производственный журнал “Экология и водное хозяйство”. – 2020. – №1. – Баку: Азербайджанский университет архитектуры и строительства. – С. 6 – 9.

4. Склярів В.Ф. Необхідність прогнозування забезпечення екологічної та енергетичної політики / Екологічна безпека в аспекті перспективного розвитку енергетики України. Громадські слухання: Зб. матеріалів. – К., 2008. – С. 36 – 37.

5. Шидловський А.К., Стогній Б.С., Кулик М.М. та ін. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.

6. Ольховский Г.Г. Глобальные проблемы энергетики / Электрические

станції. – 2005. – № 1. – С. 4 – 10.

7. Воинов А.П., Воинова С.А. Проблема энергосбережения и защита природной среды / Энергетика та електрифікація. – 2019. – № 8. – С. 31 – 33.

8. Воинов А.П., Воинова С.А. Экологичность энергетики в проблеме энергосбережения. Аналитико-управленческий аспект / Энергетика та електрифікація. – 2019. – № 3. – С. 31 – 34.

СЕКЦІЯ 4. ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ ВИРОБНИЦТВ

ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ПУЛЬСАТОРІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВНУТРІШНЬОГО МАСОПЕРЕНОСУ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Целень Б.Я., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.,
Гоженко Л.П., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.,
Радченко Н.Л., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.,
Іваницький Г.К., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

USE OF CAVITATION PULSATION APPARATUS FOR THE INTENSIFICATION OF INTERNAL MASS TRANSFER DURING EXTRACTION FROM PLANT RAW MATERIAL

Tselen B.Ya, Ph.D.,
Gozhenko L.P., Ph.D.,
Radchenko N.L., Ph.D.,
Ivanitsky G.K., DSc.
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, Kiev

***Анотація.** Представлено огляд традиційних і сучасних технологій екстрагування з рослинної сировини та найбільш ефективних методів інтенсифікації даного процесу. Особливу увагу приділено застосуванню кавітаційних ефектів як одним із найбільш перспективних засобів інтенсифікації, котрі забезпечують значне скорочення часу процесу екстрагування та підвищення ступеня вилучення цільової речовини при менших енерговитратах у порівнянні з традиційними методами. Розглянуто основні види кавітації, які використовуються в технологіях екстрагування, обговорюються їх позитивні якості та недоліки. Зазначено, що в сучасних технологіях перевага, з погляду енергозбереження, надається гідродинамічній кавітації, яка суттєво відрізняється від альтернативних кавітаційних методів вкрай невеликими питомими енерговитратами. Показано, що для інтенсифікації процесів екстракції доцільно застосовувати кавітаційні реактори пульсаційного типу. Пульсаційні апарати різної модифікації які на протязі років створювалися в ІТТФ НАН України,*

успішно використовуються в різних галузях промисловості. Представлено нову конструкцію пульсаційного кавітаційного екстрактора для екстрагування і диспергування грубо дисперсної сировини та описано принцип його роботи. До найбільш вагомих переваг нової конструкції віднесено скорочення часу екстракції при високому вилучення цільових речовин, зменшення питомих енерговитрат та збільшення продуктивності, а також можливість одночасного проведення процесів екстракції, диспергування, гомогенізації

Ключові слова: екстракція, кавітація, пульсаційні апарати, енергетична ефективність.

Abstract.

An overview of traditional and modern technologies of extraction from plant raw materials, as well as the most effective methods of intensification of this process is presented. Among the main factors influencing the extraction process, special attention is paid to the use of cavitation effects as one of the most promising means of intensification, which can significantly reduce the duration of the extraction process and increase the recovery of the target substance at significantly lower energy consumption compared to traditional methods. The various types of cavitation used today in extraction technologies, in particular, ultrasonic, electric discharge, hydrodynamic, are considered, and their positive qualities and shortcomings are discussed. It is noted that in modern technologies, especially in food, chemical, pharmaceutical industries, the advantage, in terms of energy conservation, is given to hydrodynamic cavitation, which differs significantly from other cavitation methods with extremely low specific energy costs. It is shown that it is expedient to use hydrodynamic cavitation reactors based on pulsation apparatuses to intensify extraction processes. Pulsation devices of various modifications and various purposes, which over the years have been created in the Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, are successfully used in various industries. A new design of a pulsation-type cavitation extractor for extraction and dispersion of coarsely dispersed raw materials is presented and the principle of its operation is described. The most important advantages of the new design are the reduction of extraction time with high extraction of target substances, reduction of specific energy consumption and increased productivity, as well as the possibility of simultaneous processes of mixing, extraction, dispersion, homogenization.

Key words: extraction, intensification, hydrodynamic cavitation, pulsation apparatus, energy efficiency.

Вступ. Технології екстрагування цільових речовин посідають найважливіше техніко-економічне значення при виробництві широкого асортименту продукції для харчової, фармацевтичної, хімічної галузей промисловості і АПК. На сьогодні традиційними вважаються технології на основі циркуля-

ційного екстрагування (апарат Сокслета), протиточного екстрагування безперервної дії з перемішуванням сировини та екстрагента, перколяція, мацерація тощо [1]. Позитивна якість цих методів полягає в простоті обладнання і експлуатації. Однак традиційні способи не відповідають вимогам сучасного виробництва, оскільки не забезпечують достатню повноту виснаження сировини, характеризуються високою тривалістю і непродуктивними енергетичними та ресурсними витратами. У підсумку все це знижує ефективність застосування таких технологій.

Інноваційні методи екстрагування. Вирішенням може стати розробка нових сучасних методів інтенсифікації екстракції або ж принципово нових технологічних рішень [2–7]. В числі новітніх розробок, над якими сьогодні активно працюють дослідники, є декілька перспективних і привабливих методів. Серед них субкритична екстракція, в якій використовуються специфічні властивості води, яка при високих тисках та температурах, проявляє себе як надзвичайно сильний розчинник майже всіх органічних речовин і як активний реагент в хімічних реакціях [2]. Підвищенні тиску і температури, сприяють розриву водневих зав'язків між молекулами води, що приводить до різкої зміни теплофізичних властивостей води. Перспективним вважається також метод надкритичної флюїдної екстракції із застосуванням в якості екстрагента води або діоксиду вуглецю [2]. Однак ці методи потребують комплексних досліджень для кожного конкретного типу сировини та параметрів обробки, а обладнання на їх основі доволі високовартісне. Найбільш дієвим на сьогодні день вважається метод екстрагування в перегрітій рідині під високим тиском і [2,3]. Суть метода полягає у інтенсифікації процесів екстракції за рахунок підвищення температури екстрагента до 200⁰С при тиску до 15 МПа. Це забезпечує можливість швидкого вивільнення цільових компонентів з клітини, а також прискорення їх переносу через капілярно-пористу структуру сировини.

Використання кавітаційних механізмів. Прискорення екстрагування за допомогою кавітації на даний момент вважається одним із найбільш дієвих із перелічених способів інтенсифікації процесу, що підтверджується зростанням кількості наукових робіт за останній час [4-9] і розробок в цьому напрямку. Застосування різних видів кавітаційних механізмів в процесах екстракції, таких як акустична, електророзрядна, парова, гідродинамічна кавітація сприяє швидкому і ефективному вилученню цільових компонентів, та суттєвому зменшенню непродуктивних енерговитрат. [4,8]. Акустична кавітації базується на ефекті проходження через середовище ультразвукового хвиль в середовищі з утворенням локальних зон високого і низького тиску [5,6]. В зоні низького тиску відбувається формування та різке зростання кавітаційних бульбашок, а в зоні високого – їх колапс з випромінюванням потужних динамічних імпульсів. В результаті пришвидшується процес набухання сировини і розчинення вмісту клітин. Молекулярна дифузія всередині частинок та в зовнішньому погранич-

ному шарі змінюється на конвективну, що прискорює процеси масообміну. Завдяки ударній дії імпульсів при колапсі бульбашок всередині частинок сировини, відбувається руйнування клітинних структур та перехід діючих речовин в екстрагент шляхом їх вимивання [5]. Вибір частоти та інтенсивності ультразвуку дає можливість вибирати оптимальні режими обробки в залежності від виду сировини.

Спільними недоліками акустичних методів екстрагування, які фактично перебивають можливість застосування цих ефективних процесів у промисловості є насамперед, значні енерговитрати при невеликих об'ємах створюваних кавітаційних зон, а також відносно висока вартість ультразвукових пристроїв. До недоліків варто віднести і некеровану зміну властивостей біологічно активних речовин внаслідок супутніх термічних ефектів [5,6].

Застосування електророзрядних методів для прискорення процесів екстрагування так само, як і в акустичній кавітації, базується на динамічній дії парогазових бульбашок, які періодично створюються, пульсують і захоплюються з утворенням ударних імпульсів тиску [7]. Дія ударних хвиль прискорює проникнення екстрагента всередину клітини і за короткий проміжок часу в локальних зонах всередині частинок сировини виділяється велика кількість енергії та відбувається мікроривбух, який руйнує клітини і вимиває цільові компоненти, що суттєво збільшує вихід біологічно активних речовин. Внаслідок електричного пробоя в об'ємі потоку рідини ініціюються надзвичайно потужні ефекти кавітації, що є вагомим фактором впливу на протікання процесів екстрагування.

Можливість застосування електророзрядних методів екстрагування в промислових масштабах обмежується невисокою продуктивністю, великими питомими енерговитратами та їх вибухонебезпечністю. Не зрозумілим залишається ступінь впливу розрядів на зміну структури і властивостей екстрагованої сировини. Зокрема, це стосується неконтрольованого перебігу електрохімічних реакцій на електродах пристрою інтенсивного газовиділення та підвищення температури, яке веде до окислення вилучених компонентів.

Альтернативою акустичній кавітації і серйозним конкурентом стосовно до інтенсифікації процесів екстрагування є гідродинамічна кавітація, яка здатна забезпечити всі умови у/з кавітації, але в набагато більшому масштабі і з кращою енергетичною ефективністю [4,8,9]. Для реалізації процесів гідродинамічної кавітації застосовують різні типи роторно-пульсаційні апарати (РПА) [4,М], сопла Вентурі [8,9], пульсаційні апарати, відцентрові насоси та інші типи кавітаційних реакторів проточного типу. Застосування в промисловості того чи іншого типу кавітаційного реактора залежить від поставленої технологічної задачі та від рівня питомих енерговитрат [4,8, М].

Ефективність РПА базується на створенні високочастотних знакозмінних пульсацій тиску в потоці рідинної суміші в щілинних каналах апарата, а також на дії сильних зсувних напружень у вузьких зазорах між ротором та статором.

Зазвичай РПА встановлюється в циркуляційному контурі замкнутому на екстракторі з мішалкою. Застосування РПА забезпечує турбулізацію і пульсацію оброблюваної суміш та одночасне механічне подрібнення частинок сировини. За рахунок цього в скорочується тривалість екстрагування і підвищується вихід біологічно активних речовин. Проте, область застосування РПА через їх низьку абразивну стійкість обмежується можливістю обробки лише дрібнодиспергової сировини. Основним обмежуючим фактором При використанні в процесах екстракцій таких ефективних та абразивно стійких кавітаторів як сопла Вентурі основним обмежуючим фактором є те, що вони завжди працюють по рециркуляційній схемі разом з абразивно чутливими відцентровими насосами [8–10].

Стосовно екстракції з грубодисперсної сировини доцільно використання гідродинамічних апаратів пульсаційного типу [11], які разом зі скороченням тривалості процесу дозволяють підвищити вихід цільових речовин і які розглядаються як основа створення ефективних екстракційних технологій.

Пульсаційні екстрактори. До гідродинамічних кавітаційних пристроїв відносяться також створені в ІТТФ НАНУ пульсаційні апарати з активною мембраною різної модифікації, які знайшли застосування у виробництві в якості ефективних змішувачів, гомогенізаторів, екстракторів [12–15]. Ці апарати відрізняються високою зносостійкістю та відсутністю вузлів, які труться або обертаються, що дозволяє обробляти гетерогенні суміші з твердими частинками, незалежно від їх форми, розміру та абразивних властивостей. Створення достовірної математичної моделі пульсаційного апарата [12] дозволило обґрунтувати вибір раціональної конструкції та оптимальні режими роботи таких пристроїв. відповідно до сфери їх використання та поставлених технологічних задач [13,14].

На основі модифікації лабораторного зразка кавітаційного реактора пульсаційного типу [15] створено конструкцію екстрактора збільшеної продуктивності для застосування в промислових технологіях екстрагування. Принципову схему нової конструкції представлено на рис. 1.

В нижню частину 2 резервуара 1 при відкритому клапані скидання 3, що розташований в перегородці 4 завантажуються вихідна сировина з розчинником. Після чого клапан скидання 3 закривається і вмикається циркуляційний насос 5, який подає сировину через мембранний клапан 6 в трубу-пульсатор 7, а далі у верхню частину 8. За командою системи автоматичного керування 14 через керуючий клапан 9 стиснене повітря пульсаційно надходить з ресивера 10 від компресора 11 над мембраною 12 клапана 6. Режим роботи клапана 9 підбирається експериментальним шляхом. В результаті мембрана 12 з прискоренням виштовхує оброблювану сировину з об'єму клапана в трубу-пульсатор 7 з наступним миттєвим перекриттям вихідного отвору труби-пульсатора 7, де здійснюється наступна кавітаційна обробка в об'ємі труби-пульсатора 7. Прой-

шовши через пульсаційно-кавітаційну обробку в трубі-пульсаторі 7 сировина подається у верхню ємність 8 резервуара 1. Потім відкривається клапан скидання 3 в перегородці 4 і вся оброблювана сировина перетікає в нижню ємність 2 резервуара 1. Таким чином завершується перший етап обробки сировини. Такі цикли обробки проводяться повторно до отримання продукту заданої якості. Кількість циклів визначається експериментально для кожного типу сировини. Продуктивність насоса 5, об'єм труби-пульсатора 7, циклічність роботи клапана 9 та розміри клапана 6 підбираються виходячи із необхідних параметрів роботи екстрактора. Конструктивне розділення ємності на дві частини дозволяє забезпечити кращу циркуляцію сировини і досягти максимальної однорідності обробки. Процес обробки сировини з розчинником реалізується в трубі пульсаторі, де і створюються кавітаційно-гідродинамічні умови інтенсифікації процесу екстракції.

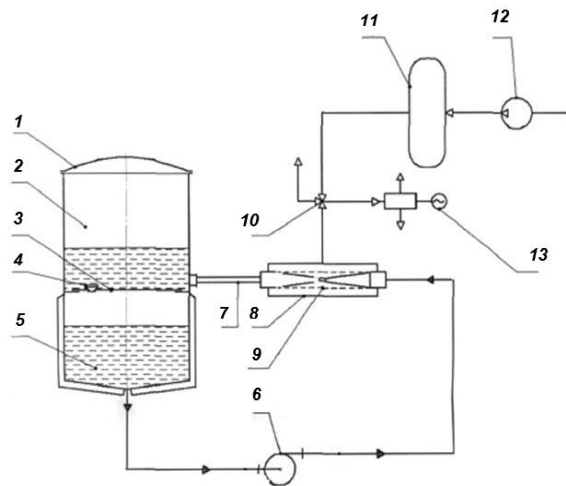


Рис.1. Схема кавітаційного екстрактора

1 - ємність; 2 - верхня частина ємності; 3 - клапан; 4 - перегородка; 5 - нижня частина ємності; 6 - насос; 7 – труба-пульсатор; 8 – робоча камера; 9 - мембрана; 10 – е/м клапан; 11 - ресивер стисненого повітря; 12 - компресор; 13 - система керування.

Висновки

В результаті розробки нової конструкції кавітаційного екстрактора підвищеної продуктивності досягнуто скорочення часу екстракції, збільшення ступеня вилучення цільових компонентів з рослинної сировини, з урахуванням їх термолабільності, при зменшенні питомих енергетичних витрат. Позитивною якістю даного кавітаційного екстрактора пульсаційного типу є можливість одночасного проходження процесів змішування, екстракції, диспергування, гомогенізації, що дозволяє подальше його застосування в різних технологічних лініях одержання якісної цільової продукції. Пропонована конструкція може бути застосована для екстракції у багатьох галузях, зокрема, фармацевтичній, харчовій, хімічній промисловості та агропромислому комплексу.

Література

1. Лысянский В.М., Гребенюк С.М. Экстрагирование в пищевой промышленности. – М.: Агропром, 1987.–182 с.
2. Natural product extraction: Principles and applications. Edited by M. Rocagno and J. Prado. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 2013.–500 p.
3. Benthin B, Danz H, Hamburger M. (1999). Pressurized liquid extraction of medicinal plants. J Chromatogr. A. .837(1/2), 211–219.
4. Parag R. Gogate P.R. Hydrodynamic Cavitation for Food and Water Processing //Food Bioprocess Technol.–2011. –Vol.4, No.6.–pp 996–1011.
5. Shirsath, S.R.; Sonawane, S.H.; Gogate, P.R. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations.–A review of current status. Chem. Eng. Process. Process Intensif. 2012, 53, 10–23.
6. Потороко И.Ю., Калинина И.В. Перспективы использования ультразвукового воздействия в технологии экстракционных процессов // Прикл. биохимия и биотехнологии. 2014. Т. 2, № 1 С.42-47.
7. Sensoy I., Sastry S.K. Extraction using moderate electric fields. J. Food Sci.2004.–Vol.69, pp.7–13.
8. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах. – Тернопіль: видавн. ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009.–220 с.
9. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. –Киев: Наук. думка, 2008. –381 с.
10. Ivanitsky G.K, Avdeyeva L.Yu., Makarenko A. A. Using the effects of hydrodynamic cavitation for purposeful dynamical action on the supramolecular structures. //Physics of Aerodisperse systems.–2016.–№ 53.–pp. 142–151.
11. Малышев Р.М., Кутепов А.М., Золотников А.Н., Седов А.А., Бомштейн В.Е., Рябенко Е.А. Процессы пульсационной экстракции из растительного сырья. //ТОХТ. 2001. Т 35. №1. с. 57-60.
12. Иваницкий. Г.К., Корчинский А.А., Матюшкин М.В. Математическое моделирование процессов в пульсационном диспергаторе ударного типа //Пром.теплотехника.–2003.- Т.25, №1.–С.29–34.
13. Басок Б. И., Новицкая М. П., Чайка А. И. Гидродинамика и теплообмен при пневмо- пульсационном воздействии на жидкие системы.–К.: «Калита», 2014.–140 с.
14. Иваницкий Г.К., Гоженко Л.П. Анализ эффектов кавитации в пульсационном экстракторе // Междунар. н-т. конф. «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК» (ПРЭТ–2014) / Иван. гос. хим.–технол. ун–т. –Иваново, 2014.–С.475–479.
15. Іваницький Г.К., Чайка О.І., Гоженко Л.П. Застосування кавітаційного реактора пульсаційного типу для екстрагування з рослинної сировини // Наукові праці ОНАХТ 2015. – Вип.47.–Т.2. С.138–142.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ РЕГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОТИ ТА ВОЛОГИ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТНИХ АДСОРБЕНТІВ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ»

Беляновська О.А.¹, к-т. техн. наук, доцент,
Литовченко Р.Д.¹, аспірант,
Сухий К.М.¹, д-р техн. наук, професор,
Сухий М.П.¹, к-т. техн. наук, професор,
Губинський М. В.², д-р техн. наук, професор,
Суша І.В.¹, к-т. техн. наук, доцент

¹ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
м. Дніпро

²Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Основне глобальне енергоспоживання припадає на житлово-комунальний сектор. Найбільш розповсюдженим методом підтримання температурно-вологісного режиму в приміщенні є охолодження або нагрівання повітря в теплообміннику. Зазвичай подібні системи базуються на парових компресійних холодильних машинах, що призводить до значного навантаження систем електропостачання. Альтернативою подібним системам є адсорбційні перетворювачі теплової енергії відкритого типу, зокрема, адсорбційні регенератори теплоти та вологи. Мета даної роботи – оцінити експлуатаційні характеристики адсорбційного регенератора теплоти та вологи на основі композитних адсорбентів «силікагель – натрій сульфат» в умовах типової системи вентиляції.

Отримав подальший розвиток алгоритм для визначення експлуатаційних характеристик адсорбційного регенератора, який включає обчислення об'єму повітря, що проходить через шар адсорбенту, кінцевої абсолютної вологості повітря біля виходу з регенератора, адсорбції та теплоти адсорбції під час припливу та викиду, кінцевої температури холодного повітря, температура повітря після змішування холодного повітря з вулиці та теплого повітря в приміщенні біля теплого кінця регенератора під час припливу, температури повітря після змішування холодного повітря з вулиці та теплого повітря з приміщення біля холодного кінця регенератора під час викиду, визначення температурних та вологісних коефіцієнтів корисної дії, обчислення критерію Рейнольдса шару адсорбенту, коефіцієнта гідравлічного опору, втрати тиску, споживаної потужності вентилятора, сумарної адсорбції та часу досягнення максимальної адсорбції. Показана відповідність результатів розрахунку згідно запропонованого алгоритму експериментальним даним.

Показано вплив конструктивних та експлуатаційних характеристик адсорбційного регенератора на його ефективність. Максимальні значення температурного коефіцієнта корисної дії встановлені при часу перемикання потоків 5 хв. та швидкості руху повітря 0.12 – 0.22 м/с, які відповідають мінімальній споживаній потужності вентилятора.

Представлена робота виконана при підтримці Міністерства освіти і науки України в рамках держбюджетної роботи № 0119U002243.

ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ДОБАВКИ З ГРИБА ШИЇТАКЕ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ АКТИВОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ПОЛІСАХАРИДІВ

Авдеєва Л.Ю., д-р. техн. наук., ст. наук. співр.,
Жукотський Е.К., ст. наук. співр.,
Декуша Г.В., к-т. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

За останні десятиліття в світі та Україні великої популярності набувають технології новітніх продуктів та дієтичних добавок із так званих природних суперфудів рослинного походження, які характеризуються підвищеною біологічною та харчовою цінністю. Одним з них є відомий в традиційній медицині Далекого Сходу гриб шиїтаке, який завдяки наявності комплексу біологічно активних речовин проявляє клінічно підтвержені онкостатичні, імуномодельючі, гепатопротекторні та антивірусні властивості.

До складу свіжого гриба шиїтаке, що містить 10-11 % сухих речовин, входять збалансовані за складом незамінних амінокислот білки (10-17 % сухої речовини), ліпіди з наявністю есенціальних лінолевої та ліноленової жирних кислот (0,6-8,0% сухої речовини), вітаміни групи В, Д₂, Е, калій, фосфор, селен, ряд фенольних сполук тощо. Однак, найбільшу цінність представляє його вуглеводна складова (67,5-78,0 г сухої речовини), яка крім резервних моно-, дисахаридів та глікогену містить фармакологічно активні полісахариди, а саме, 1,3/1,6-β-глюкани, хімічно зв'язані в хітин-глюкановому комплексі клітинної стінки гриба. Їх біологічна активність, а саме м'яка стимуляція імунної системи людини, обумовлена їх здатністю до передачі інформації за рахунок особливостей лінійної та розгалуженої структури молекул, молекулярної маси, довжини ланцюга та конформації молекули. Серед усіх лікувальних грибних полісахаридів близько 70% припадає на високомолекулярні полісахариди, біля 20% складають олігосахариди з молекулярною масою 3-5 кДа. На сьогодні найбільш вивчене полісахарид протипухлинної дії лентинан – 1,3-β-глюкани з β-1,6-розгалуженням молекулярної маси 500 кДа [1], який широко використовують в

світі для виробництва фармакологічних препаратів. Однак переробка цільного гриба шіітаке для харчової промисловості з метою отримання дієтичної добавки дозволить зберегти весь спектр його поживних речовин та лікувальних властивостей і розкрити біологічний потенціал в повному обсязі.

Огляд літературних і патентних джерел показав актуальність створення промислових технологій виробництва порошкової форми продуктів з гриба шіітаке, отриманих методом розпилювального сушіння.

За результатами комплексу експериментальних досліджень фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей грибних суспензій, отриманих з застосуванням механізмів дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), встановлено раціональні режимні параметри стадії підготовки гриба шіітаке до розпилювального сушіння, що забезпечують стабільну роботу сушарки і найбільший вихід порошкового продукту. Запропонована обробка призводить до підвищення вмісту лікувального комплексу біологічно активних полісахаридів з 3% в нативних грибах до 18% в сухому порошок.

Проведений мікроструктурний аналіз дозволив охарактеризувати особливості структури грибної суспензії, отриманої при ДІВЕ-обробці плодового тіла гриба шіітаке на стадії підготовки до розпилювального сушіння. Дисперсна фаза суспензії представляє собою сукупність часток подрібнених гіфів гриба довжиною 50-5000 мкм та діаметром 1-13 мкм [2].

Визначення реологічних властивостей грибної суспензії за різних режимних параметрів та структуруючих добавок підтвердили доцільність використання декстринової добавки для отримання грибної суспензії і сухого порошку з високими функціональними властивостями [3]. Встановлено раціональні температурні режими розпилювального сушіння грибної суспензії, при яких досягнуто найбільший вихід продукту з сушарки з високими функціональними властивостями.

Розроблено інноваційну технологію і проект нормативної документації на виробництво дієтичної добавки з гриба шіітаке у сухій порошковій формі, ТУ У 15.8-05417118-055:2019 Дієтична добавка гриба шіітаке з підвищеним вмістом активованого полісахаридного комплексу.

Обґрунтовано доцільність використання дієтичної добавки з грибів шіітаке в харчовій промисловості при виробництві макаронних виробів функціонального призначення [4] та фармацевтичній промисловості при виробництві лікувальних супозиторіїв.

Література

1. Wang H., Cai Y. Efficacy of biological response modifier lentinan with chemotherapy for advanced cancer: a meta-analysis // *Cancer Medicine* - 2017, 6(10). – 2222-2233.

2. Шаркова Н.О., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Декуша Г.В. Мікроструктурний аналіз грибної суспензії на стадії підготовки до розпилювального сушіння // Наукові праці НУХТ, 2018, Т.24, № 6, С. 240–247.

3. Шаркова Н.О., Жукотський Е.К., Декуша Г.В., Костянець Л.О. Дослідження динамічної в'язкості водної суспензії плодового тіла гриба шіітаке // Наукові праці НУХТ, 2017, Т. 23, № 6. С. 219–225.

4. Юрчак В.Г., Кравчук Д.М., Шаркова Н.О., Декуша Г.В. Дослідження та оптимізація процесів виготовлення макаронних виробів функціонального призначення з використанням препаратів грибів шіітаке // Наукові праці НУХТ, 2019, Т. 25, № 6, С. 210–217.

АНАЛІЗ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕОРИИ ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ

Янаков В. П. к-т. техн. наук, ст. преп.

Мелитопольский институт государственного и муниципального управления "Классического частного университета", г. Мелитополь, Украина

Цель исследований. Пищевые и перерабатывающие предприятия концентрируют усилия финансовых возможностей в сегменте рынка выпускаемой продукции, что позволяет проводить политику качества. Дальнейшее внедрение методологии предлагаемой теории тестоприготовления в практику хлебопекарных, макаронных и кондитерских технологий определяет возможность достижения необходимых свойств выпускаемой продукции [1,2].

Основные результаты исследований. Научный анализ технологической стадии замеса и обминки теста направлен на развитие структуры применяемых процессов. Реализация их при выборе результативных технологий замеса осуществляется через адаптацию к проблемам производства. Параметры технологий замеса изучались согласно комплексной научной гипотезы:

- **Доминирование в сегменте пищевого рынка:** реализуется через ряд особенностей специализированных технологий, которые выражаются в объединении практических и методических подходов исследований.
- **Технический объект исследований:** избрание, изменение и адаптация энергетического воздействия устремлено на максимальную реализацию качествообразующих процессов теста.
- **Объём выпускаемой продукции:** ориентирован на достижение наилучших показателей замеса, основан на выборе показателей технологически обоснованного уровня однородности теста.

Теоретические исследования теории тестоприготовления. Комплексная товароведческая оценка выбора технологий замеса устанавливает экономическую целесообразность предлагаемых нововведений. Процессы перемешивания, структурообразования и сопутствующих рецептурного сырья и теста осуществляются в различных условиях реализации и определяют свойства выпускаемой продукции. Определяются системными показателями:

- **Достаточные режимы замеса:** расчёт, анализ и моделирование структуры энергетического воздействия на перемешиваемое рецептурное сырьё и тесто определяют целесообразность предлагаемых нововведений.
- **Расчёт работы тестомесильных машин и агрегатов:** позволяет объединить в целостный методологический подход развитие новых энергосберегающих методов теории тестоприготовления.
- **Минимизация затрат тестоприготовления:** реализация перемешивания и сопутствующих процессов технологий замеса определяет взаимосвязь совершенствования технологий замеса.
- **Развитие технологий замеса:** проблемы теории сбалансированного питания находятся в зависимости от условий реализации технологий замеса.

Экспериментальные исследования теории тестоприготовления.

Нахождение достаточных режимов замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста определяет экономическую целесообразность инноваций. Возможность варьирования показателей энергетического воздействия тестомесильных машин и агрегатов устанавливается в период замеса и обминки теста и определяет системные показатели:

- **Ассортимент выпускаемой продукции:** позволяет произвести анализ и корректировку изменения структуры перемешиваемого сырья в определении направлений интенсификации процессов теста.
- **Технологические параметры выпускаемой продукции:** достижение технологически обоснованного уровня однородности теста возможно при минимальных энергозатратах на замес.
- **Режимы замеса тестомесильных машин и агрегатов:** направлено на возможность анализа конструктивного исполнения и реализации в данном типе пищевых машин.
- **Комплексный анализ и оценка технологий замеса:** адаптация изменения энергетического воздействия месильных органов и других энергопередающих устройств с помощью нового метода управления.

Выводы и предложения. Установлены направления предлагаемой теории тестоприготовления при использовании новых технологий замеса. Определены направления теоретических и экспериментальных исследований работы тестомесильных машин и агрегатов. Сформулированы постулаты исследований технологической операции замеса теста. Проведён комплексный анализ и оценка адаптации технологий замеса к требованиям производства.

Перспективы исследований. Управление процессами тестоприготовления определяет достижение технологически обоснованного уровня степени однородности теста. Реализация их потенциальных возможностей устанавливает направления максимального расширения используемого рецептурного сырья и теста. Комплексная оценка технологий замеса, определяет экономическую целесообразность предлагаемых нововведений.

Литература

1. Янаков В.П. Технологические и процессные аспекты тестоприготовления. / В.П. Янаков. "Техника и технология пищевых производств": XI междунар. научн.–практ. конф., (г. Могилёв, 20–21 апреля 2017 г.) Мин-во образ. республики Беларусь, Могилёвский гос. ун-т продовольствия, – Могилёв.: Могилёвский гос. ун-т продовольствия, – 2017. Тезисы докл. – С.273.
2. Янаков В.П. Тестоприготовление: проблемы и решения. / В.П. Янаков. "Химическая технология и инженерия" междунар. научн.–практ. конф., (г. Львов, 26–30 июня 2017 г.) Мин-во образ. и науки Украины, Нац. ун-т "Львовская политехника", – Львов.: Нац. ун-т "Львовская политехника". – 2017. Тезисы докл. – С.89–90.

ВЫБОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛЯЦИИ БИОПОЛИМЕРОВ

Бунецкий В. А.^{1,2}, эксперт в области биоэнергетики и пеллетного производства, руководитель инжиниринговой компании в области переработки биомассы, аспирант,

Коринчук Д. Н.³

¹ - Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко

² - ООО VM-Engineering,

³ - Институт технической теплофизики НАН Украины

Аннотация. В статье по результатам анализа четырех технологий производства биотоплива сформулированы основные подходы к разработке отраслевых решений для создания эффективного современного производства. Предложены и обоснованы подходы к использованию технологий для производства биотоплива второго и третьего поколения, а также обоснованы их преимущества.

Ключевые слова: биотопливо, биомасса, пеллеты, пеллетное производство, поверхностно остеклованные пеллеты, торрефикация биоугля, плавленый биоуголь.

Анотація. У статті за результатами аналізування чотирьох технологій виробництва біопалива сформульовано основні підходи до розроблення галузевих рішень щодо створення ефективного сучасного виробництва. Запропоновано та обґрунтовано підходи до використання технологій виробництва біопалива другого та третього поколінь, а також обґрунтовано їх переваги.

Ключові слова: біопаливо, біомаса, пелети, пелетне виробництво, поверхнево заскловані пелети, торефікація біовугілля, плавлене біовугілля.

Abstract. Based on four biofuel production technologies analysis results, the article formulates the main approaches to the industry solutions development for effective solid biofuels modern production of creating. Second and third generation biofuels producing technologies proposed and substantiated, and their advantages where substantiated.

Key words: biofuel, biomass, pellets, pellet's factory, surface vitrified pellets, biochar torrefaction, fused biochar.

Сейчас в мире большое внимание уделяют развитию отрасли биоэнергетики, использующей твердое биотопливо. Поэтому разработка инновационных технологий грануляции биополимеров для производства биотоплива второго и третьего поколений является одной из основных задач современной теплоэнергетики. Эта технология должна объединить разработки в области химии биополимеров, промышленной теплофизики и других наук для получения синергетического эффекта повышения энергоэффективности процесса переработки растительного сырья в биотопливо. Для Украины, которая обладает большими постоянно воспроизводимыми запасами биомассы различного происхождения, эффективное производство высококачественного биотоплива может стать основой для формирования одной из самых прибыльных и наукоемких отраслей энергетики.

Статья посвящена научно-техническому обоснованию выбора эффективной технологии для создания пеллетных производств различной мощности, использующих в качестве сырья биомассу растительного происхождения.

На данный момент, задача создания инновационного энергоэффективного и быстрокупаемого с обоснованием используемых наукоемких технологий и оптимальным выбором оборудования является актуальной во всем мире. Отдельные подходы к решению этой задачи отражены в [1, 3, 4]. Целью статьи является более полное научно-техническое обоснование использования технологии увлажненного прессования для производства биотоплив второго и третьего поколения, стоимость и качество которых возрастают в таком порядке:

- биотопливо первого поколения - не сертифицированные стандартам EN Plus пеллеты и брикеты;
- биотопливо второго поколения – поверхностно остклованные пеллеты (ПОП);

- биотопливо второго поколения – плавленый биоуголь (ПБУ);
- биотопливо третьего поколения – торрефицированное биотопливо;
- активированный древесный уголь.

Выбор оптимальной технологии переработки органических биополимеров необходимо осуществлять на основе технико-экономического анализа затрат на:

- оценку сырьевой базы для производства;
- разработку технологии переработки биополимеров;
- проектирование и строительство пеллетного производства;
- разработку и внедрение автоматизированной системы управления производством;
- ввод в эксплуатацию производства.

Расчет затрат на производство пеллет (брикетов) рекомендуется выполнять в соответствии с "Методическими рекомендациями VDI (Ассоциации немецких инженеров) 2067" [2], а также [6, 7]. В соответствии с этими методическими указаниями все виды стоимости затрат на производство необходимо делить на четыре основные группы:

1. капитальные затраты (затраты на приобретение задания, оборудования, амортизационные отчисления, затраты на выплату процентов);
2. затраты, связанные с потреблением (топливо, материалы);
3. эксплуатационные затраты (на содержание персонала, на техническое обслуживание);
4. другие затраты (административные расходы, страхование, отчисления за использование интеллектуальной собственности).

Затем подсчитывают полную стоимость производства тонны пеллет, затраты за год и стоимость каждого этапа производства [5, 6, 7]. В настоящее время при переработке биомассы в твердое биотопливо используют различные технологические подходы к организации производства. Основными являются технологии: комбикормовая, поверхностного остеклования, плавленого биоугля, торрефицирования продукции. Каждая технология имеет свои преимущества и недостатки. Они подробно отображены в Табл. 1 для древесной белой щепы влажностью – 50% и производительности пеллетизирующего оборудования 1 т/ч. При планировании производства и составлении бизнес-плана необходимо заранее определить какой именно технологический подход будет использован.

Таблиця 1. Сравнение технологий для проектирования и создания пеллетного производства

Параметр	Комбикормовая технология		Технология БМ-Инжиниринг (МБ-3)			Технология торрефикации		Технология производства древесного угля
	Белые пеллеты (сушка 120 °С)	ПОП	ПОП (90°С)	ПБУ 1 (120°С)	Плавильный биоуголь 2 (140 °С)	Торрефицированные пеллеты 1 (сушка 220 °С)	Торрефицированные пеллеты 2 (сушка 300 °С)	
Теплотворная способность, МДж/кг	17	18	9	21	22	21	22	26
Потери массы, %	0	0	0	5	10	15	30	67
Потребление электроэнергии, кВт·ч/т	301	331	178	200	230	309	309	
Потребление топлива, МДж/т	3600	2880	0	0	0	5760	5760	
Себестоимость производства (1 т/ч)	70	75	50	70	90	140	180	300
Цена оптовая, €/т	100	120	120	140	160	140	160	500
Себестоимость логистики	100	80	75	65	65	70	70	200
Цена розничная, €/т	250	260	270	290	310	290	310	800
Прибыль, €/т	30	45	70	70	70	0	-20	200
Прибыль розничная, €/т	80	105	145	155	155	80	60	300
Особенности технологии	На базе Радви-лишского комплекса травяной муки, ОГМ-1,5	На базе Радви-лишского комплекса травяной муки, ОГМ-1,5 и сушильного комплекса СК-3. Учет реологических свойств биосырья.	На базе технологического комплекса МБ-3. Сдвиговая деформация.			На базе Радвилишского комплекса травяной муки, ОГМ-1,5 и вертикального торрефикатора. Высокотемпературная обжарка		Углевыви-гательная печь. СИНЕРГИ Я
Фактическая производительность, кг/ч	600	900	1000	1000	1000	600	600	87 (50 т угля в месяце)

Технологічні етапи	Измельчение, сушка, ударное воздействие	Измельчение, вторичное измельчение, сушка, нагрев, ударное воздействие	Мойка, отжим, экструзия, плавление			Измельчение, высокотемпературная сушка, ударное воздействие		Термическая обработка без доступа кислорода.
Возможность регулировки технологических режимов	Низкая	Низкая	Высокая			Низкая		
Регулировка качества продукции	Нет	Низкая	Высокая			Нет		
КПД технологического процесса	30 %	45 %	60 %			30 %		
Механизм удержания частиц	Диффузионное сжатие, агломерация	Диффузионное сжатие, агломерация, плавление	Плавление			Диффузионное сжатие, агломерация		
Удаление летучих веществ, потеря массы	Нет	Нет	Регулируемый параметр			до 30 %		
Удаление влаги	Воздушная сушка	Воздушная сушка	Отжим			Высокотемпературная воздушная сушка		
Прирост энергии	Нет	Есть	Есть			Есть		
Срок хранения пеллет	3 мес.	24 мес.	48 мес.			48 мес.		
Способность к измельчению	Низкая	Низкая	Регулируемая			Высокая		
Рекуперация энергии	Нет	Возможна	Есть			Нет		
Привязка к фундаменту	Есть	Есть	Нет			Есть		Есть
Требуемые площади производственных помещений, м.кв.	500	500	250			600		250
Требуемые капитальные затраты в обороту (1 т/ч), тыс. евро	800	560	800	800	800	1200	1200	2100

Количество персонала предприятия (3 сменная работа)	60	60	40	40	40	60	60	50
Производительность т/год (1 смена)	2000	2000	-	-	-	2000	2000	-
Производительность т/год (2 смены)	3500	3800	-	-	-	3500	3500	-
Производительность т/год (3 смены)	5000	5900	8000	8000	8000	6000	6000	600
Прибыль оптовая, тыс. евро/год (1 смена)	60	90	-	-	-	Нет прибыли	Убыток	-
Прибыль оптовая, тыс. €/год (2 смены)	105	171	-	-	-	Нет прибыли	Убыток	-
Прибыль оптовая, тыс. €/год (3 смены)	150	265,5	560	560	560	Нет прибыли	Убыток	120
Прибыль розничная, тыс. €/год (3 смены)	400	619,5	1160	1240	1240	480	360	180

Проведем краткий анализ используемых технологий на основании данных, собранных в Табл. 1. **Применение комбикормовых технологий охватывает такие этапы производственного цикла:**

- **дробление до крупных фракций** не более 25x25x2 мм;
- **подача сырья в систему сушки;**
- **сушка;**
- **мелкое дробление до фракции с размером частиц менее 4 мм;**
- **водоподготовка и увлажнение;**
- **прессование (пеллетирование);**
- **охлаждение до 70-90 °С;**
- **просеивание и упаковка** готовой продукции.

Применение технологии получения «остеклованого» биотоплива. В основе этого подхода лежит повышение температуры подготовленного сырья, которое подают в прессующий механизм. Это повышает качество готовой продукции и увеличивает на 30-50% производительность участка прессования. Технология модернизирует устаревшие комбикормовые технологии, а при прохождении биотопливом фазы частичного плавления, теплотворная способность возрастает на 10-15% за счет термохимической реакции плавления.

Применение технологии торрефицированного биотоплива включает этапы измельчения, сушки, торрефикации, грануляции и охлаждения. Торрефицированный биоуголь водостоек, его можно хранить в открытом складе так же, как обычный уголь, что значительно уменьшает затраты на всех стадиях логистики. Однако обычная технология торрефикации приводит к потерям сырья. На рис. 2 представлены для сравнения энергобалансы процессов при переработке биомассы с использованием различных технологий.

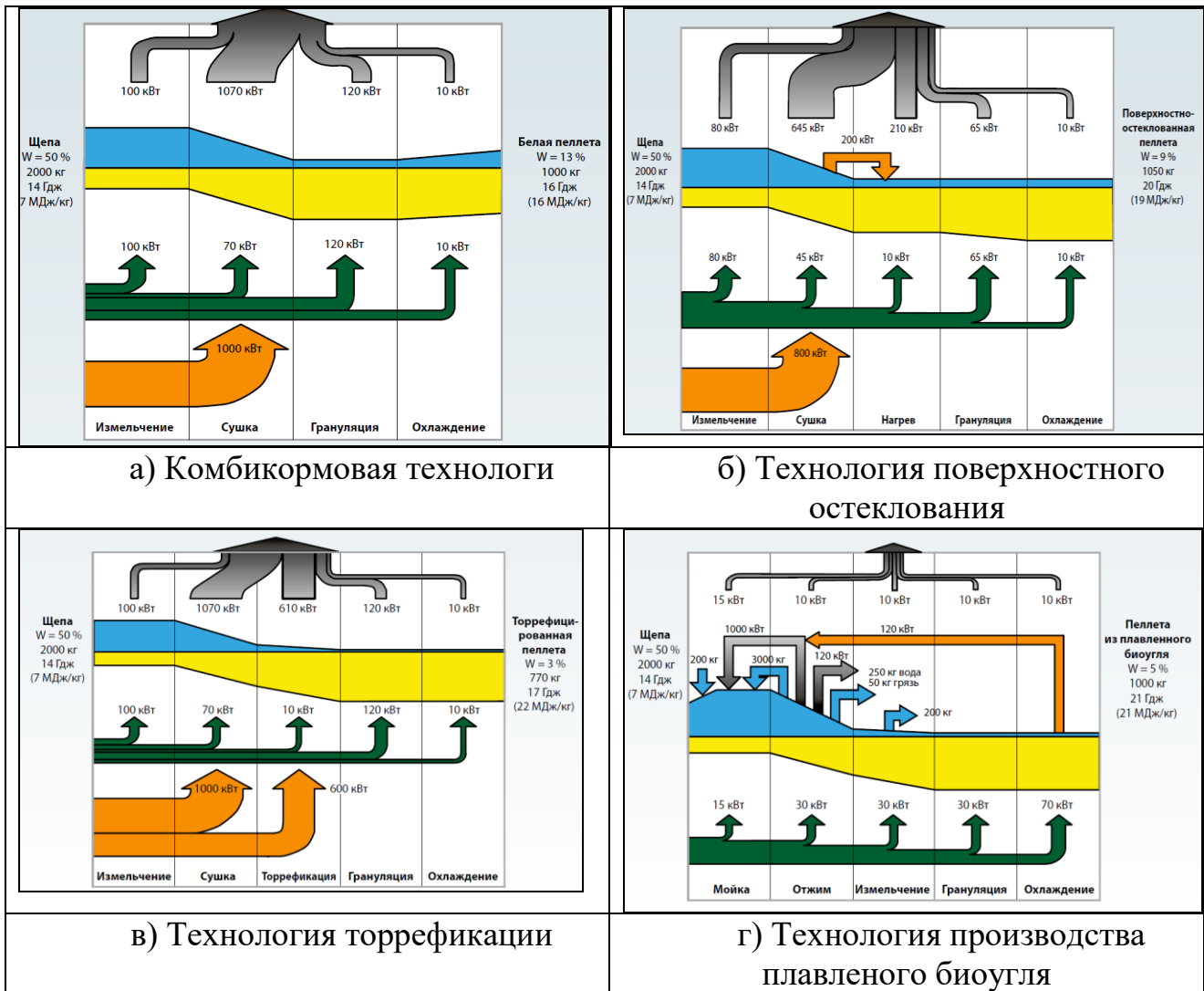


Рис. 2. Энергобалансы процессов при переработке биомассы с использованием различных технологий

Выводы

При выборе технологии для построения прибыльного энергоэффективного пеллетного производства необходимо принимать во внимание:

1. наличие сырьевой базы, ее характеристики и логистику поставок сырья;

2. необходимость выбора технологии производства биотоплива с учетом прав интеллектуальной собственности на использование впервые разработанных инновационных технологий производства пеллет второго и третьего поколения;

3. использование наукоемких технологий позволяет спроектировать и создать быстро окупаемые производства, а применение устаревших технологий, не предназначенных целевым образом именно для производства биотоплива, не даст возможности построить эффективное производство.

Литература

1. Корінчук Д.М. Бунецький В.О. Тверде біопаливо. Необхідність галузевих рішень // Всеукраїнський науково-виробничий журнал "БІОЕНЕРГЕТИКА/БІОENERGY". -2018. - Киев, №2 (12). - С.44-48.

2. VDI Guideline - VDI 2067/1-Economic efficiency of building installations; Fundamentals and economic calculation

3. Войтов В.А., Дригуля С.В., Бунецький В.А. Основные уравнения моделирования измельчения биомассы в дезинтеграторе // Вестник ХНТУСХ, Харьков - 2012. – Вып. 123. – С. 240-246.

4. Войтов В.А., Бунецький В.А., Кравцова Н.В. Перспективные технологии получения твердого топлива из биомассы методом микроизмельчения и влажного прессования // Доклады на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» при 22-й Международной специализированной выставке «Белагро – 2012», Минск, 8 июня 2012. – Минск - БГАТУ, 2013. – С. 192 – 201.

5. Бунецький В.А. Истирание и плавление биополимеров вместо сушки и давления // Журнал «Оборудование и инструмент для профессионалов. Серия Деревообработка» № 2013-2, С. 33-37

6. Войтов В.А. Бондаренко М.В. Бунецький В.А. Физико-химическая модель биомассы как объекта гранулирования // Вестник ХНТУСХ – Харьков - Выпуск 147, 2014. С. 158-167

Войтов В.А. Бондаренко М.В. Бунецький В.А. Переработка биомассы в твердое биотопливо второго поколения // Вестник ХНТУСХ - Харьков, Выпуск 155 - 2014. С. 20-31

ЗМІСТ

Секція 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

Сабадаш В.В., Гумницький Я.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ ПОЛІМОЛЕКУЛЯРНОЇ АДСОРБЦІЇ ФОСФАТІВ ПРИРОДНИМ ЦЕОЛІТОМ	5
Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г., Попова Н.В., Запорожець Ю.В., Чорний В.В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ОСНОВІ КОЛИВАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ	8
Korinchevska T.V., Mykhailyk V.A.THERMAL DECOMPOSITION OF GRANULATED FUEL FROM MISCANTUS	11
Авдеєва Л.Ю., Макаренко А.А., Господарчук М.В. ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОДЕРЖАННІ ВОДОРОЗЧИННИХ ЕКСТРАКТІВ З МАКУХИ КОНОПЕЛЬ	12
Petrova Zh.O., Kremnov V.O., Korbut N.S., Novikova Yu.P. GRANULATION OF MIXTURES OF OBSOLETE SLUDGE AND PEAT ...	14
Турчина Т.Я., Малецкая К.Д., Авдеєва Л.Ю. ПРОЦЕСИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ	16
Осадчук П. І. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ ДОМШОК ПРИ ОЧИСТЦІ РОСЛИНИХ ОЛІЙ	18
Яровий І. І., Алі В. П. ІНІЦЮВАННЯ МЕХАНОДІFUZІЙНОГО РЕЖИМУ ВОЛОГОВІДВЕДЕННЯ В ПРОЦЕСАХ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	20
Ружицька Н.В., Терземан О.Ф., Акімов О.В. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ФІТОЕКСТРАКТІВ ТА КОНЦЕНТРАТІВ З ЕФІРООЛІЙНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ, ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ТА ПАРФУМЕРНО-КОСМЕТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	25

Секція 2

МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМ

Сорокова Н.М., Корінчук Д.М., Сороковий Р.Я. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ І ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ	26
---	----

ТОРФУ	
Демченко В.Г., Коник А.В. ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ТЕПЛОТИ	29

Секція 3

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ЕКОЛОГІЧНО- БЕЗПЕЧНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

Бундюк А.М., Лихащенко К.О. УПРАВЛІННЯ МІЖНАРОДНОЮ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА	31
Яровий І.І., Алі В.П. ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	35
Перетяка С.М.ЗАГРОЗИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ	37
Ватренко О.В., Левтринська Ю.О. ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУПУТНІХ ТОВАРІВ ТА ПАКУВАННЯ	39
Воинова С.А., Воинов А.П. О КОМПЛЕКСНОМ УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	43

Секція 4

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ ВИРОБНИЦТВ

Цельнь Б.Я., Гоженко Л.П., Радченко Н.Л., Іваницький Г.К. ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ПУЛЬСАТОРІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВНУТРІШНЬОГО МАСОПЕРЕНОСУ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	50
Беляновська О.А., Литовченко Р.Д., Сухий К.М., Сухий М.П., Губин- ський М. В., Суха І.В. ЕКСПЛУАТАЦІЯ РЕГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОТИ ТА ВОЛОГИ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТНИХ АДСОРБЕНТІВ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ»	57
Авдєєва Л.Ю., Жукотський Е.К., Декуша Г.В. ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ДОБАВКИ З ГРИБА ШИЇТАКЕ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ АКТИВОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ПОЛІСАХАРИДІВ	58
Янаков В. П. АНАЛІЗ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕОРИИ ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ	60
Бунецкий В. А., Коринчук Д. Н. ВЫБОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛЯЦИИ БИОПОЛИМЕРОВ	62

