

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АПАРАТА ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ**

**Терешкін О.Г., д.т.н., проф., Горєлков Д.В., к.т.н., доц., Дмитревський Д.В., к.т.н., доц.**  
(Харківський державний університет харчування та торгівлі)

*Запропоновано новий комбінований спосіб очищення цибулі ріпчастої від луски, який включає процес попередньої термічної обробки цибулин парою та процес їх механічного доочищення. Розроблено конструкцію апарата для здійснення комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої. Встановлено залежність потужності приводу апарата від коефіцієнту заповнення об'єму робочого барабана та моменту сил, що діє на барабан з продуктом. Отримано рівняння потужності приводу апарата від моменту інерції барабана, маси барабана та циклічної частоти обертання барабана.*

**Постановка задачі.** Переробка овочевої сировини на підприємствах ресторанного господарства є трудомістким технологічним процесом. Особливу увагу слід приділити процесу очищення овочевої сировини. Очищення овочів залишається актуальним напрямком для досліджень, незважаючи на велику кількість існуючих способів та устаткування для його здійснення.

На сьогоднішній день відповідальнішим процесом попередньої обробки овочевої сировини є її очищення. Безперечним є той факт, що під час очищення значна частина сировини втрачається внаслідок того, що для здійснення цього процесу використовується недосконале морально застаріле обладнання. До недоліків існуючого обладнання можна віднести його матеріало- та енергоємність, значні втрати під час очищення сировини, необхідність у наявності допоміжного устаткування, а також відсутність належного контролю за якістю продукції, яка виготовляється найчастіше в ручному режимі. Відомо, що навіть при проведенні первинної обробки сировини в промислових умовах її втрати становлять 15...35 %.

Сучасне устаткування пропонує здебільшого реалізацію механічного способу очищення, який характеризується значною кількістю відходів та необхідністю проведення доочищення. Одним зі шляхів розв'язання питання якісного очищення овочів є застосування комбінованих способів очищення, їх дослідження та створення сучасного вітчизняного устаткування.

Першочергово необхідно звернути увагу на розробку устаткування для переробки сільськогосподарської сировини розповсюдженої на території України [1].

Одним із перспективних для переробки видів культур є цибульні овочі, які є

сировиною для виготовлення багатьох видів кулінарної продукції [2, 3]. Сучасне устаткування пропонує здебільшого реалізацію механічного способу очищення, який характеризується значною кількістю відходів та необхідністю проведення доочищення [4-6].

**Мета досліджень.** Одним із варіантів вирішення питання якісного очищення цибулі ріпчастої є розробка комбінованого способу її очищення і створення сучасного обладнання для його реалізації [7]. Для інтенсифікації розробки нового обладнання необхідно здійснити ряд теоретичних і експериментальних досліджень, в ході яких буде визначатися вплив параметрів процесу очищення на відсоток втрат сировини і якість очищення продукту.

Метою статті є дослідження та вибір раціональних режимів проведення процесу комбінованого очищення цибулі ріпчастої.

**Основні матеріали досліджень.** На основі проведених літературних та патентних досліджень встановлено, що найбільш перспективним напрямком для розробки способу очищення цибулі ріпчастої є використання комбінованої дії процесів підрізання, попередньої обробки парою та подальшого механічного доочищення цибулі. Наведена комбінація процесів може бути реалізована за рахунок використання запропонованої нами конструкції апарата для очищення цибульних овочів. Апарат (рис. 1) являє собою герметичну ємність, яка містить у середині перфорований барабан, що обертається із заданою частотою від рушійного приводу. Працює розроблений апарат наступним чином. Через завантажувальний бункер засипається порція цибулі до перфорованого барабана. По заповненні об'єму барабана на 60...70%

робоча камера герметизується. Після герметизації на низьких обертах починає обертатися барабан. Для попередньої термообробки, а саме послаблення сил зв'язку шкірки із цибулиною, відкривається клапан подавання пари. Після короткочасної обробки паром клапан закривається і барабан починає обертатися з підвищеною швидкістю. За рахунок відцентрових сил луска відокремлюється від цибулі та потрапляє до отворів барабана, де проштовхується за його межі до стінки зовнішнього корпусу, звідки змивається струменями води. Після закінчення процесу очищення відкривається розвантажувальний люк та очищена цибуля

вивантажується в підготовлену ємність.

Апарат АЦР – 10/160 складається з ізоляції 1, бункера завантажувального 2, засува завантажувального 3, форсунок для подавання води 4, зовнішнього облицювання 5, внутрішнього облицювання 6, пульта керування 7, нерухомих сегментів 8, перфорованого барабана 9, обойм барабана 10, підшипників кочення 11, клиноремінної передачі, яка складається з ремня 13 та двох шківів 12, які насаджені на валу електродвигуна (відомий шків), та робочому валу барабана (ведений шків), зачеплення на валах забезпечується шпонковим з'єднанням.

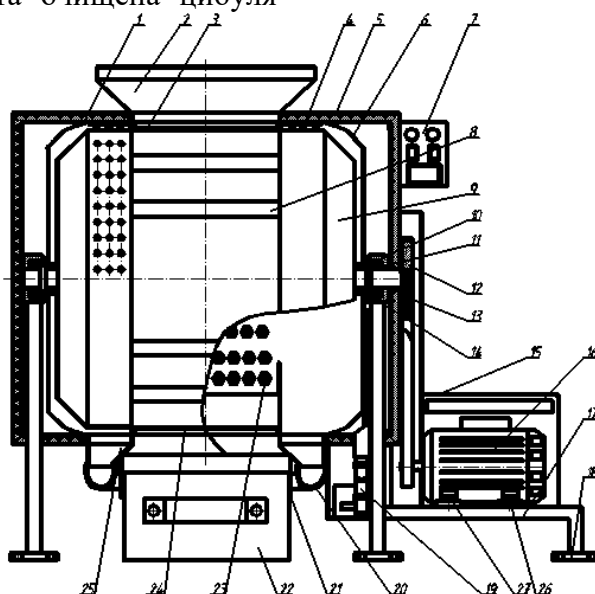


Рис. 1. Схема апарата для очищення цибулі ріпчастої АЦР - 10/160: 1 – ізоляція; 2 – бункер завантажувальний; 3 – засув завантажувальний; 4 – форсунок подачі води; 5 – облицювання зовнішнє; 6 – облицювання внутрішнє; 7 – пульт керування; 8 – сегменти нерухомі; 9 – барабан перфорований; 10 – обойма; 11 – підшипники; 12 – шків; 13 – ремінь; 14 – опора підшипників; 15 – кожух електродвигуна; 16 – електродвигун; 17 – рама опорна; 18 – опори консольні; 19 – парогенератор електродний; 20 – патрубок; 21 – штора захисна; 22 – лоток-збірник; 23 – блок форсунок; 24 – засув вивантажувальний; 25 – відвідний патрубок; 26 – болт, 27 – гайка

Клиноремінна передача призначена для передачі руху від електродвигуна до вала барабана та його обертання. Барабан 9, в залежності від виконання необхідної операції, рухається із заданою частотою обертання від  $10 \text{ хв}^{-1}$  до  $80 \text{ хв}^{-1}$ . Варіювання частоти обертання забезпечується використанням асинхронного електродвигуна із трьома обмотками, які дозволяють виключити використання додаткових перетворювачів та різного роду редукторів.

Барабан має форму скошеного по боках циліндра. Скоси виконують роль відбивачів для перемішування шарів цибулі під час очищення. По середині барабана виконані

ребра жорсткості, які також виконують роль перемішуючих лопатей та забезпечують цілісність барабана. Між лопатями є вільний простір для подавання цибулі у середину барабана під час завантаження та вільного вивантаження цибулі після очищення. Крім того, вільний простір в середині барабана між ребрами дає змогу подавати пару до робочої камери та проводити термообробку цибулі одночасно з її перемішуванням.

Для подавання пари у середину барабана передбачені блоки форсунок 23, які з'єднані паропроводами з електродним парогенератором. Температура поданої пари до барабана не перевищує  $110 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Забезпечення подавання пари до робочої камери-барабана реалізується за допомогою електродного парогенератора 19.

Після короточасної обробки парою цибуля без пари в барабані починає обертатися разом із барабаном та під дією відцентрових сил притискатися до поверхні барабана. В момент, коли відцентрові сили перевищать сили, що втримують цілісність шкірки, відбувається зривання шкірки з поверхні цибулини і її притискання до стінок барабана. Оскільки барабан є перфорованим, то під дією тих самих відцентрових сил лушпиння крізь отвори потрапляє за межі барабана, звідки змивається водою, що подається з форсунок 4. Після змивання шкірка потрапляє до відповідного патрубку 25, і далі по патрубках 20 у збірник лушпиння (не показано). Після очищення барабан зупиняється, і очищена цибуля вивантажується до лотка-збірника 22. Вивантаження забезпечується розвантажувальними засувами 24, що розкриваються у різні боки.

На етапі конструкційного моделювання апарата було отримано формули для розрахунку потрібної потужності приводу відцентрового барабана пристрою для очищення цибулі.

Треба зазначити, що у літературі [8] наводяться емпіричні формули для розрахунку потужності приводу барабанних млинів з кульовими насадками, які безпосередньо не можуть бути використані для розрахунку процесу механічного очищення цибулі, оскільки ці рівняння враховують, в першу чергу, процеси тертя між кульками та їх ударну взаємодію, що впливає із призначення барабанних млинів:

$$N = C_0 G_a \sqrt{D}, \quad (1)$$

де  $N$  – потужність приводу барабана, кВт;

$\beta$  – коефіцієнт заповнення барабана;

$C_0$  – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта заповнення барабана:

$\beta$	0,2	0,3	0,4
$C_0$	8	7	6;

$G_a$  – маса барабана з кульками, кг;

$D$  – діаметр барабана, м.

Потужність приводу відцентрового барабана з продуктом складається з двох складових: потужності на створення руху шару продукту в оптимальному (2-му режимі) та потужності на створення обертального руху

самого барабана:

$$N = M_{\max} \omega + \frac{I_0 \omega^2}{2} \frac{\omega}{2\pi}, \quad (2)$$

де  $M_{\max} = f_{mp} (m_n r_c \omega^2 + m_n g) R$  – максимальний момент сил, що діють на барабан з продуктом, Н·м;

$I_0 = m_0 R^2$  – момент інерції барабана, кг·м<sup>2</sup>;

$m_0$  – маса барабана, кг;

$\omega$  – циклічна частота обертання барабана, рад/с.

Врахуємо, що маса продукту у барабані визначається наступним чином:

$$m_n = \rho_n \pi R^2 b \beta, \quad (3)$$

де  $\rho_n$  – насипна густина продукту, кг/м<sup>3</sup> (для цибулі  $\rho_n = 630$  кг/м<sup>3</sup>);

$b$  – довжина барабана, м.

На підставі рівнянь (2) та (3) з урахуванням виразу для центру мас  $r_c$  запишемо

$$N = \frac{1}{3} f_{mp} R n \rho_n R^2 b \beta \left( \frac{R \sin^3(\gamma/2)}{68 \gamma - \sin \gamma} n^2 + 9.8 \right) R + \frac{m_0 R^2 n^3}{10943}. \quad (4)$$

В цій формулі потужність виражена у Вт, частота обертів у хв<sup>-1</sup>, інші величини – в системі СІ. Для визначення центрального кута сегмента з продуктом  $\gamma$  для заданого коефіцієнта заповнення барабана  $\beta$  треба використовувати відповідне рівняння.

На рис. 2 представлена залежність потужності приводу від коефіцієнта завантаження барабана цибулею за різних частот обертання барабана.

Характерне зниження потужності приводу при великих частотах обертання  $n = 120$  хв<sup>-1</sup> та великих навантаженнях барабана  $\beta > 0,6$  пов'язано з тим, що в третьому режимі руху, коли шар продукту притиснутий до внутрішньої поверхні барабана, зменшується момент інерції.

Порівняємо результати розрахунку за отриманим рівнянням (4) та емпіричним рівнянням (1).

Як видно, отримана формула (4) дає нижчі значення потужності приводу, що можна пояснити тим, що для барабанних млинів більші значення потужності враховують процеси тертя між кульками та їх ударну взаємодію. Однак, за порядком величини обидві формули дають близькі результати, що підтверджує адекватність отриманого рівняння (4).

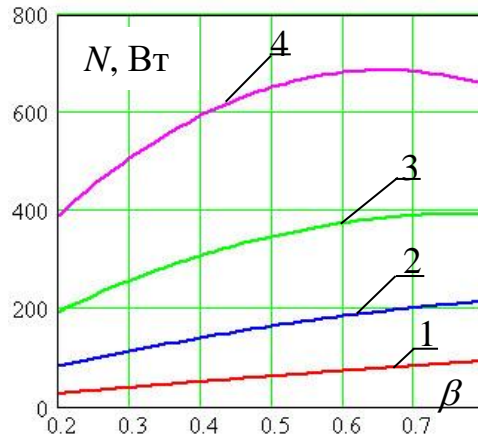


Рис. 2. Потужність приводу барабана для очищення цибулі у залежності від коефіцієнта його заповнення та частоти обертання, кв-1: 1 – 30; 2 – 60; 3 – 90; 4 – 120

Таблиця 1

**Розрахункова потужність приводу барабана за різними формулами**

$\beta$	0,2	0,3	0,4
$N$ , Вт (формула 1)	84	98	105
$N$ , Вт (формула 4)	42	59	76

Розроблено методику визначення оптимальної частоти обертів барабана, яка полягає у наступному:

1. Визначається коефіцієнт заповнення барабана цибулею.

2. Розраховується граничні значення чисел Фруда за відповідними формулами. Слід враховувати, що формула для мінімального значення числа Фруда застосовується до коефіцієнта заповнення  $\beta=0,5$ , при більших значеннях  $\beta>0,5$  приймається  $Fr_{min}=0$ .

3. Розраховується мінімальне та максимальне значення частоти обертів барабана за формулою:

$$n_{min}^{max} = 29,9 \sqrt{\frac{Fr_{min}^{max}}{R}} \quad (5)$$

На підставі цієї методики у таблиці 2 наведено результати розрахунку граничних частот обертання барабана (радіусом  $R=0,25$  м) в оптимальному режимі очищення цибулі.

Таблиця 2

**Граничні частоти обертання барабана в оптимальному режимі залежно від коефіцієнта заповнення**

$\beta$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$n_{min}$ , $XB^{-1}$	58	51	38	0	0	0
$n_{max}$ , $XB^{-1}$	65	68	71	75	81	89

Застосування апарату для комбінованої очищення цибулі ріпчастої значно зменшує матеріало- та енергоємність обладнання, знижує відсоток втрат сировини, а також покращує якісні показники очищення сировини. Результати розробки можуть бути реалізовані на підприємствах харчової промисловості та ресторанного господарства, а також в малих переробних і заготівельних цехах. Використання запропонованої конструкції апарату призначеної для харчової промисловості та ресторанного господарства дозволить підвищити якість очищення цибулі ріпчастої, інтенсифікувати технологічні процеси її переробки, скоротити матеріальні

ресурси при виготовленні самого апарату, знизити його енергоємність, а також поліпшити умови праці персоналу.

**Висновки.** Розроблено і обґрунтовано конструкцію апарату для комбінованого очищення цибулі ріпчастої та визначено основні режими його роботи. Запропоновано нові методики розрахунку потрібної потужності приводу відцентрового барабана та граничних частот його обертання в оптимальному режимі залежно від коефіцієнта заповнення. Встановлено раціональну частоту обертання робочого барабана та необхідну потужність приводу апарату, залежно від коефіцієнта заповнення барабана.

**Література**

1. Абдуллаев А.Ш. Разработка эффективного способа и аппарата для переработки картофеля и моркови : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / А.Ш. Абдуллаев. – Ташкент, 1999. – 21 с.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 498 с.
3. Thompson, A.K. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage / A.K. Thompson. – John Wiley & Sons, 2015. – 990 p.
4. Удосконалення ресурсозберігаючих процесів переробки бульбоплодів : монографія / Г.В. Дейниченко [ та ін.]. – Харків: Факт, 2015. – 200 с.
5. Антипов Г. С. Интенсификация процесса отделения кожицы плодов и овощей : автореф. дис. на соискание уч. степени канд.

**References**

1. Abdullayev A.Ş. Development effektivnoho preferred method and apparatus for potatoes and carrot REFINING [Developing an effective method and apparatus for processing potatoes and carrots]: Abstract. Dis. on competition uch. PhD degree. tehn. Sciences: spec. 05.18.12 "Processes and devices of food manufactures» / AS Abdullayev. - Tashkent, 1999. - 21 p. [in Russian].
2. Y.P.Adler Planning experiment with optimalnykh uslovyuy Search [An experiment in the search for optimum conditions] / Y.P.Adler, E.Markov, Y.Granovsky. - Moscow: Nauka, 1976. - 498 p. [in Russian].
3. Thompson A.K. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage / A.K.Thompson. - John Wiley & Sons, 2015. - 990 p. [in English].
4. Udoskonalennya resursozberigayuchih protsesiv pererobki bulboplodiv: monograph [Improving resource processing of tubers: monograph] / G.V.Deynichenko [that in.]. - Kharkiv: Fact, 2015. - 200 p. [in Ukrainian].
5. Antipov G.S. Yntensyfykatsyya process otdelenie kozhytsy fruit and fruit [Intensification of separating the skin of fruits and

- техн. наук : спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / Г. С. Антипов. – Одесса, 1989. – 16 с.
6. Беляев М.И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов / М.И. Беляев, П.Л. Пахомов. – Х.: ХИОП, 1991. – 160 с.
7. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник : в 2-х кн. Кн.2. / [В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др.]; под ред. В. Г. Айнштейна. – М : Логос, Высшая школа, 2002.– 872 с.
8. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. для техникумов / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. – М. : Госхимиздат, 1962. – 841 с.
9. Levin, D. N. Plant handbook data [Text] / D. N. Levin // Food Engineering. – 1962. – № 36. – P. 89–94.
10. Brennan, J. G. Food Processing Handbook [Text] / J. G. Brennan. – Wiley: VCH, 2006. – 607 p.

- vegetables]: Abstract. Dis. on competition uch. PhD degree. tehn. Sciences: spec. 05.18.12 "Processes and devices of food manufactures» / G.S.Antipov. - Odessa, 1989. - 16 p. [in Russian].
6. Belyaev M.I. Theoretical Fundamentals kombynyrovannykh sposobov thermal obrabotku pyschevnykh of products [Theoretical basis of the combined methods of cooking food] / M.I.Belyaev, P.L.Pakhomov. - H. : HIOP, 1991. - 160 p. [in Russian].
7. Sharing apparatov exchange processes and chemical technology [The general course of processes and devices of chemical technology]: the textbook: in 2 v. Kn.2. / [A.G.Aynshyteyn, M.K.Zakharov, A.Nosov and others].; ed. V.G.Aynshyteyna. - Moscow: Logos, High School, 2002.- 872 p. [in Russian].
8. Planovsky A.N. Processes and Apparatuses for chemical technology [Processes and devices of chemical engineering]: Proc. for technical / A.N.Planovsky, V.M.Ramm, S.Z.Kagan. - M.: Goskhimizdat, 1962. - 841 p. [in Russian].
9. Levin D.N. Plant handbook data [Text] / D.N.Levin // Food Engineering. - 1962. - № 36. - P. 89-94. [in English].
10. Brennan J.G. Food Processing Handbook [Text] / J.G.Brennan. - Wiley: VCH, 2006. - 607 p. [in English].

**Аннотация**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АППАРАТА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ ЛУКА РЕПЧАТОГО**

**Терешкин А.Г., Горелков Д.В., Дмитревский Д.В.**

*Предложен новый комбинированный способ очистки лука репчатого от чешуи, включающий процесс предварительной термической обработки луковиц паром и процесс их механической доочистки. Разработана конструкция аппарата для осуществления комбинированного процесса очистки лука репчатого. Установлена зависимость мощности привода аппарата от коэффициента заполнения объема рабочего барабана и момента сил, действующего на барабан с продуктом. Получены уравнения мощности привода аппарата и момента инерции барабана, массы барабана и циклической частоты вращения барабана.*

**Abstract**

**DETERMINATION OF OPTIMUM MODES OF COMBINED MACHINE FOR CLEANING ONIONS**

**Tereshkin A.G., Horyelkov D.V., Dmytrevskyy D.V.**

*A new combined method of cleaning onion scales, which includes heat treatment process prior bulbs steam and process mechanical refining. The design of the machine to perform a combined purification process onion. The dependence of the power drive unit of volume filling factor of the working drum and torque acting on the drum with the product. The equation of power drive unit of the moment of inertia of the drum and drum weight cyclic frequency of rotation of the drum.*

