

Дейниченко Г. В.

Терешкін О. Г.

Афукова Н. О.

Горєлков Д. В.

Дмитревський Д. В.

*Харківський державний
університет
харчування та торгівлі*

Deinychenko G. V.

Tereshkin O. G.

Afukova N. O.

Gorelkov D. V.

Dmytrevskiy D. V.

*Kharkiv State University
of Food Technology and
Trade*

УДК 631.362:635.25

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АПАРАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ

Проаналізовано основні способи очищення овочевої сировини на підприємствах харчової промисловості та у закладах ресторанного господарства. Проведено аналіз відповідного обладнання для реалізації процесу очищення цибулі ріпчастої. Запропоновано новий комбінований спосіб очищення цибулі ріпчастої від луски, який включає процес попередньої термічної обробки цибулин паром 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. Визначено вплив частоти обертання робочого барабана та потужності приводу апарата на осьове переміщення робочого барабана. Обґрунтовано раціональні технічні характеристики апарата.

Ключові слова: комбіноване очищення, цибуля ріпчаста, раціональна частота обертання барабана, осьове переміщення робочого барабана, раціональна потужність приводу, коефіцієнт заповнення.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В умовах сучасного виробництва випуск якісної продукції та мінімізація витрат сировини під час переробки стають пріоритетними напрямками розвитку виробництва. 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Однією з найпоширеніших овочевих культур, яка використовується під час виробництва різних видів кулінарної продукції, є цибуля ріпчаста. У процесі переробки сільськогосподарської продукції з

використанням цибулі значну частину займають операції попередньої обробки цибулі. Вони включають інспекцію, калібрування, очищення від лущиння, шийки та денця, доочищення, миття та різання. Із названих операцій найбільш складним є процес очищення від лущиння, шийки та денця. В основному ці операції роблять вручну або за низьким рівнем механізації процесів. Це пов'язано з тим, що форма цибулин навіть одного сорту дуже різноманітна і може бути круглою, злегка витягнутою або серцеподібною [1–3].

При розгляді процесу очищення слід звернути увагу на такі показники, як якість очищення, кількість відходів, максимальне збереження вітамінного складу продукту.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Під час очищення значна частина сировини втрачається в результаті того, що для здійснення цього процесу використовується недосконале обладнання, яке на сьогоднішній



день морально застаріло [4]. До недоліків існуючого обладнання можна віднести його матеріало- та енергомісткість, недостатню якість очищення продукту, великий відсоток відходів, необхідність використання додаткового обладнання [5, 6].

Виходячи з аналізу способів очищення цибулі ріпчастої та установок для їх реалізації, можна зробити висновок, що проблема очищення на теперішній час повністю не вирішена.

Формулювання мети дослідження.

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.

На першій стадії проведення досліджень комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої необхідно було визначити раціональні параметри її обробки. Також необхідним було проведення досліджень процесу механічного доочищення цибулі ріпчастої. Під час конструювання апарата для комбінованого способу очищення цибулі ріпчастої було визначено необхідну потужність приводу апарата, раціональну частоту обертання робочого барабана, залежно від його коефіцієнта заповнення.

Основні результати дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. 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 короточасної обробки парою 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 ременя 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.

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 хв^{-1} до 80 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 $110 \text{ }^\circ\text{C}$.

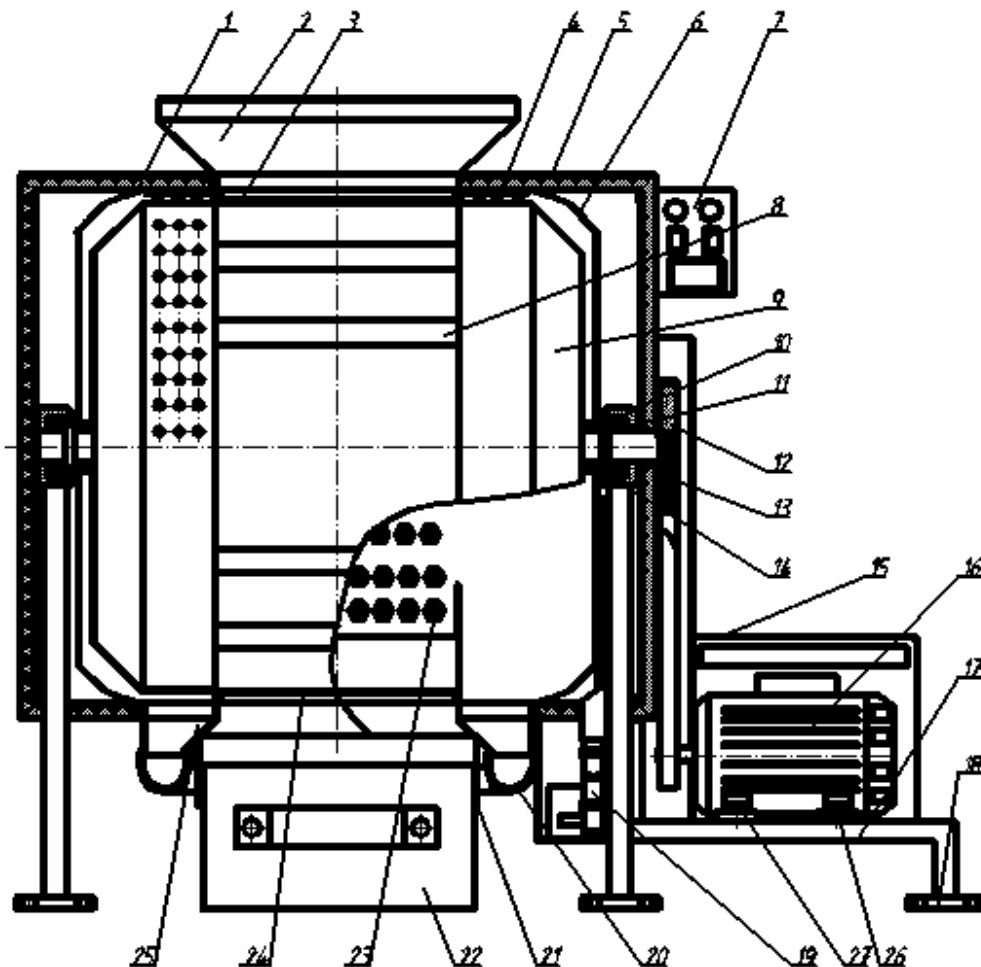


Рис. 1. Схема апарата для очищення цибулі ріпчастої АЦР - 10/160: 1 – ізоляція; 2 – бункер завантажувальний; 3 – засув завантажувальний; 4 – форсунки подачі води; 5 – облицювання зовнішнє; 6 – облицювання внутрішнє; 7 – пульт керування; 8 – сегменти нерухомі; 9 – барабан перфорований; 10 – обойма; 11 – 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 форсунки; 24 – засув вивантажувальний; 25 – відвідний патрубок; 26 – болт, 27 – гайка

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

Після короточасної обробки паром цибуля без пари в барабані починає обертатися разом із барабаном та під дією відцентрових сил притискається 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 форсунк 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; 9] наводяться емпіричні формули для розрахунку потужності приводу барабаних 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 барабаних млинів:

$$N = C_0 G_6 \sqrt{D}, \quad (1)$$

де N – потужність приводу барабана, кВт;

β – коефіцієнт заповнення барабана;

C_0 – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта заповнення барабана:

β 0,2 0,3 0,4

C_0 8 7 6;

G_6 – 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:

$$N = M_{\max} \omega + \frac{I_6 \omega^2}{2} \frac{\omega}{2\pi}, \quad (2)$$

$$N = \frac{1}{3} f_{mp} R n \rho_n R^2 b \beta \left(\frac{R \sin^3(\gamma/2)}{68 \gamma - \sin \gamma} n^2 + 9.8 \right) R + \frac{m_6 R^2 n^3}{10943}. \quad (4)$$

В цій формулі потужність виражена у Вт, частота обертів у хв^{-1} , інші величини – в системі СІ. Для визначення центрального кута сегмента з продуктом γ для заданого коефіцієнта

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

$I_6 = m_6 R^2$ – момент інерції барабана, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

m_6 – маса барабана, кг;

ω – 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 ρ_n – насипна густина продукту, $\text{кг}/\text{м}^3$ (для цибулі $\rho_n = 630 \text{ кг}/\text{м}^3$);

b – довжина барабана, м.

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

заповнення барабана β треба використовувати відповідне рівняння.

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

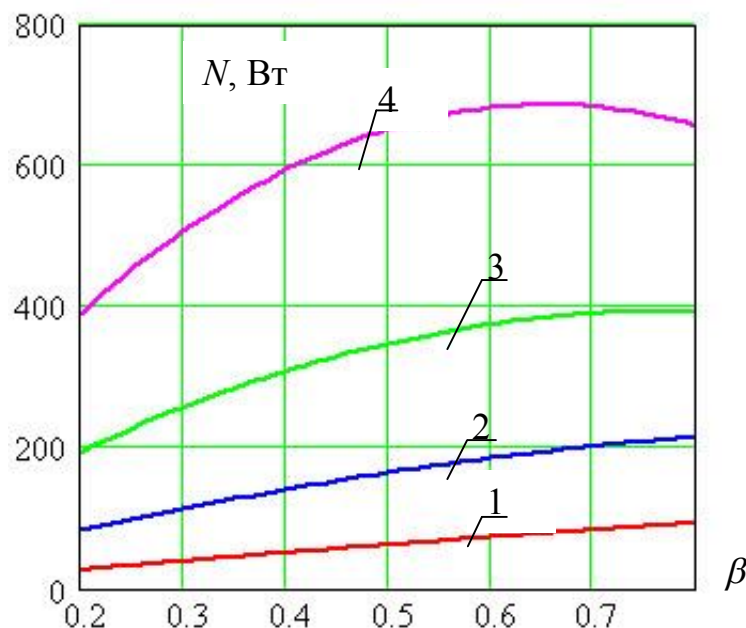
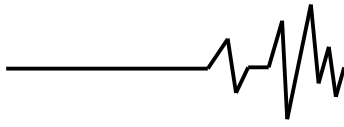


Рис. 2. Потужність приводу барабана для очищення цибулі у залежності від коефіцієнта його заповнення та частоти обертання, хв^{-1} : 1 – 30; 2 – 60; 3 – 90; 4 – 120



Характерне зниження потужності приводу при великих частотах обертання $n=120 \text{ хв}^{-1}$ 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).

Таблиця 1
Розрахункова потужність приводу барабана за різними формулами

| β | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
|--------------------------|-----|-----|-----|
| N, Вт (формула 1) | 84 | 98 | 105 |
| N, Вт (формула 4) | 42 | 59 | 76 |

Як видно, отримана формула (4) дає нижчі значення потужності приводу, що можна пояснити тим, що для барабаних 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).

Під час проведення досліджень комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої встановлено, що під час обертання робочого барабана спостерігається його осьове переміщення, що виникає внаслідок дії вібраційних коливань. На рисунку 4 представлена залежність відносного переміщення робочого барабана апарата (δ), яке виникає внаслідок вібрації від його частоти обертання (n) та потужності електродвигуна (N).

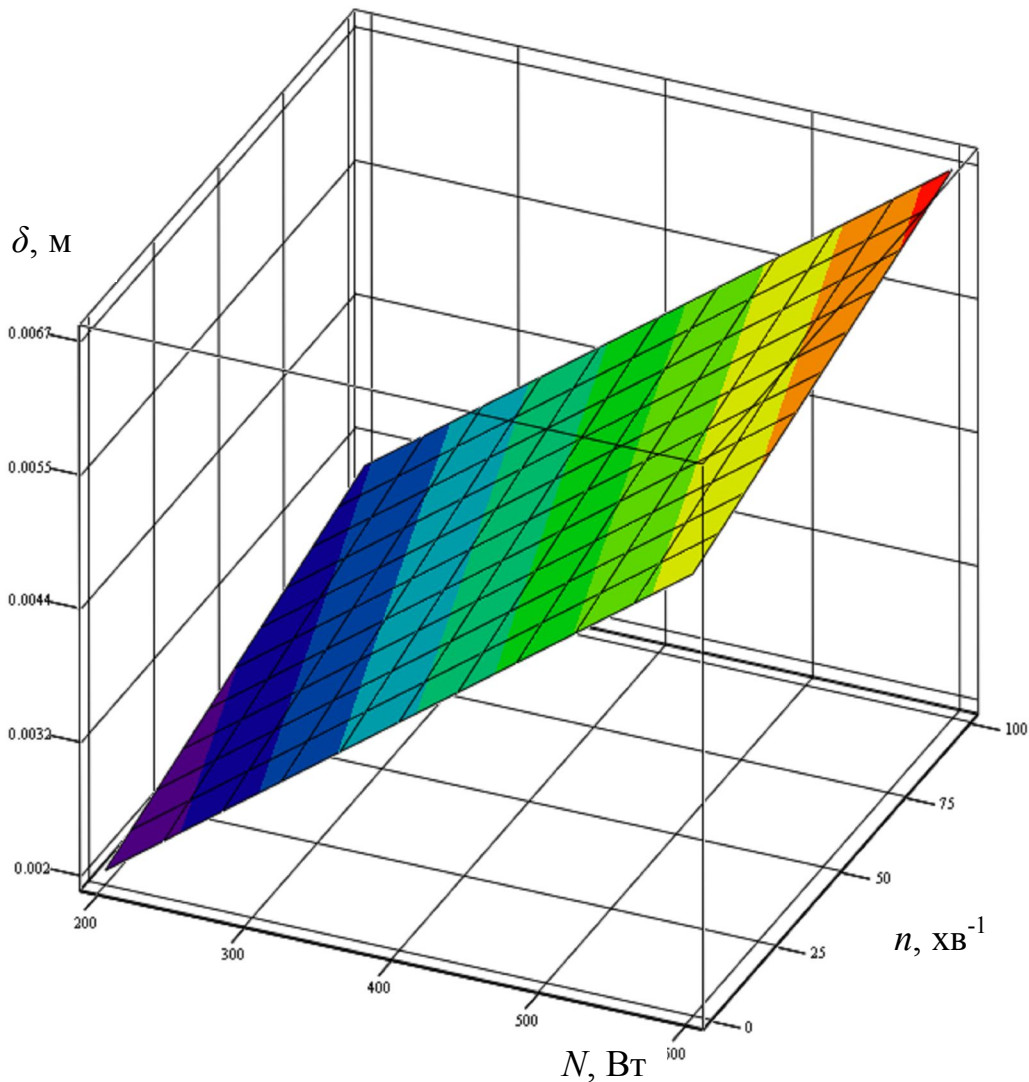
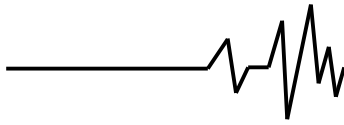


Рис. 3. Залежність відносного переміщення робочого барабана апарата (δ), яка виникає внаслідок вібрації, від його частоти обертання (n) та потужності електродвигуна (N)



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

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

Висновки з даного дослідження, у тому числі з науковою новизною, й перспективи подальших наукових досліджень у даному напрямку. Розроблено і обґрунтовано конструкцію апарата 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. Визначено осьове переміщення робочого барабана, яке виникає внаслідок дії вібраційних коливань. Встановлено раціональну частоту обертання робочого барабана та необхідну потужність приводу апарата, залежно від коефіцієнта заповнення барабана.

Список використаних джерел

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. 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.

Список джерел в транслітерації

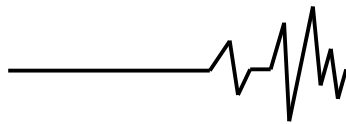
1. Abdulaev A.Sh. Razrabotka effektivnogo sposoba i apparata dlya pererabotki kartofelya i morkovi : avtoref. na soiskanie uch. stepeni kand. Tehn. nauk : spec. 05.18.12 «Processi i apparati pischevih proizvodstv» / A. Sh. Abdulaev. – Tashkent, 1999. – 21 s.

2. Adler U.P. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnih usloviy / U.P. Adler, E.V. Markova, U.V. Granovskiy. – M. : Nauka, 1976. – 498 s.

3. Thompson, A.K. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage / A.K. Thompson. – John Wiley & Sons, 2015. – 990 p.

4. Udoskonalennya resursozberigauchih procesiv pererobki bulboplodiv : vonografiya / G.V. Deynichenko [ta in.]. – Harkiv: Fakt, 2015. – 200 s.

5. Antipov G.S. Intensifikaciya processa otdeleniya kogici plodov i ovocshey : avtoref. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.18.12 «Processi i apparati pischevih proizvodstv» / G.S. Antipov. – Odessa, 1989 – 16 s.



6. Belyaev M.I. Teoreyichescie osnovi kombinirovannih sposobov teplovooy obrabotki pichsheviih productov / M.I. Belyaev, P.L. Pahomov. – Н.: HIOP, 1991. – 160 s.

7. Obcshtiy kurs processov i apparatov himicheskoy tehnologii : uchebnik : v 2-h kn.2. / [V.G. Aynshteyn, M.K. Zaharov. G.A. Nosov i dr.] ; pod. red. V.G. Aynshteyna. – M. Logos, Visshaya shkola, 2002. – 872 s.

8. Planovskiy A.N. Processi i apparati himicheskoy tehnologii: ucheb. dlya technikumov / A.N. Planovskiy, V.M. Ramm, A.Z. Kagan. – M. : Goshimizdat, 1962. – 841 s.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ РЕПЧАТОГО ЛУКА

Аннотация. Проанализированы основные способы очистки овощного сырья на предприятиях пищевой промышленности и ресторанного хозяйства. Проведен анализ соответствующего оборудования для реализации процесса очистки лука репчатого. Предложен новый комбинированный способ очистки лука репчатого от шелухи, включающий процесс предварительной термической обработки луковец 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 от момента инерции барабана, массы барабана и циклической частоты вращения барабана. Определено влияние частоты вращения

рабочего барабана и мощности привода аппарата на осевое перемещение рабочего барабана. Обоснованы рациональные технические характеристики аппарата.

Ключевые слова: комбинированная очистка, лук репчатый, рациональная частота вращения барабана, осевое перемещение рабочего барабана, рациональная мощность привода, коэффициент заполнения.

SUBSTANTIATION OF RATIONAL TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE MACHINE FOR CLEANING ONIONS

Annotation. Analyzed the main methods of treatment of vegetable raw materials in the food industry and restaurant business establishments. The analysis of related equipment for the implementation of the cleaning process onion bulb. A new combined method of treatment of onion scales, including the process of thermal pretreatment bulbs couple and their mechanical post-treatment process. A design of the device for carrying out the cleaning process combined onions bulb. The dependence of the driving power from the machine filling coefficient snare volume and the torque acting on the drum with the product. Power drive unit derived from equation moment of inertia of the drum, the drum and the weight of the cyclic speed of the drum. The influence of the working drum rotation frequency and power drive unit to the axial movement of the drum. Substantiated rational technical characteristics of the device.

Key words: combined cleaning, onion, rational speed drum axial displacement of the working drum rational drive power, fill factor.