

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

УДК 635.2.001.73

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

ЧЕРНИШ Юрій Михайлович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
к.т.н., Медведський О.В.

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Черниш Ю. М. **Підвищення ефективності технологічного процесу очищення коренебульбоплодів.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020 р.

Кваліфікаційна робота спрямована на пошук шляхів підвищення ефективності функціонування машин для очистки коренебульбоплодів, зокрема врахування у конструкції однієї машини позитивних якостей відомих способів очистки. На основі виконаного аналізу наукових джерел встановлено шляхи удосконалення конструкції очисника коренебульбоплодів.

Кваліфікаційна робота вирішує наукове завдання підвищення ефективності очисника коренебульбоплодів шляхом обґрунтування параметрів та режимів роботи машини удосконаленої конструкції з комбінованим принципом функціонування.

За результатами аналітичних досліджень встановлено раціональні режими роботи, конструкційні та технологічні параметри розробленої машини подвійної дії при реалізації яких на третину знижується питома енергоємність, порівняно із серійними машинами.

Ключові слова: ефективність очистки, пара, абразивна поверхня, питома енергоємність, дисковий ротор

ANNOTATION

Chernysh Yu. M. **Improving the efficiency of the technological process of cleaning root crops.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 208 – agroengineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2020

Qualification work is aimed at finding ways to improve the efficiency of machines for cleaning root crops, in particular, taking into account in the design of one machine the positive qualities of the known methods of cleaning. On the basis of the performed analysis of scientific sources the ways of improvement of a design of the cleaner of root crops are established.

Qualification work solves the scientific problem of increasing the efficiency of the purifier of root crops by substantiating the parameters and modes of operation of the machine of advanced design with a combined principle of operation.

According to the results of analytical research, rational modes of operation, design and technological parameters of the developed double-acting machine have been established, the implementation of which reduces the specific energy consumption by a third compared to serial machines.

Key words: cleaning efficiency, steam, abrasive surface, specific energy consumption, disk rotor.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА СПОСОБІВ ТА МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ	7
1.1. Аналіз способів очистки коренебульбоплодів	7
1.2. Аналіз технічних засобів очистки коренебульбоплодів	10
1.3. Висновки до розділу 1	13
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИКА КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ	14
2.1. Розроблення конструкції машини для очистки коренебульбоплодів	14
2.2. Визначення режимних параметрів розробленої паро- механічної машини	16
2.3. Висновки до розділу 2	18
РОЗДІЛ 3. ВСТАНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОГО ОЧИСНИКА КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ	19
3.1. Визначення технологічних параметрів очисника	19
3.2. Визначення встановленої потужності паро-механічних елементів розробленої машини	22
3.3. Висновки до розділу 3	24
ВИСНОВКИ	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво продуктів харчування із коренебульбоплодів вимагає застосування специфічного технологічного процесу – очищення від шкірки. При цьому відомо, що якісне очищення з мінімальними втратами сприяє здешевленню кінцевого продукту, оскільки питома вага сировини у собівартості кінцевого продукту складає до 75 % [1]. Тому, важливим є вибір способу очищення для виробництва конкретної продукції у конкретних умовах. Зокрема, це стосується наявності робочої сили, для забезпечення належної зайнятості населення, наявні виробничі площі та планова потужність виробництва.

Незалежно від обсягів виробництва, найбільшого поширення набули механічне очищення коренебульбоплодів та очищення за допомогою пари. Механічне очищення має переваги щодо збереженості вітамінного складу овочів, але потребує ручного доочищення. Використання пари дозволяє уникнути технологічного процесу калібрування коренебульбоплодів, забезпечує гарне очищення відлущеної шкірки у струмені води. Таке технологічне устаткування має значні габарити, окрім цього використання у технологічних процесах високих температур призводить до проварювання поверхневих шарів, які втрачаються під час зняття шкірки. Перевагою парового методу є усунення операції додаткового доочищення. Але втрата вітамінів, що сконцентровані у верхніх шарах коренебульбоплодів та неможливість подальшого використання відходів робить даний спосіб менш привабливим порівняно із механічним, особливо для невеликих обсягів виробництва.

Тому, розроблення ефективного обладнання для очищення коренебульбоплодів у системі переробки та виробництві продуктів харчування є актуальною проблемою сьогодення.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є підвищення ефективності очищення коренебульбоплодів, шляхом удосконалення конструкції та режимів роботи комбінованого очисника овочів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення наступних задач:

- виконати оцінку способів очищення коренебульбоплодів для виробництва продуктів харчування;
- оцінити структурно-функціональні схеми машин для очищення коренебульбоплодів різними способами;
- встановити шляхи покращення технологічного процесу очищення коренебульбоплодів;
- дослідити вплив розроблених удосконалень на ефективність технологічного процесу очистки;
- визначити експлуатаційну ефективність запропонованих удосконалень.

Об'єкт дослідження – очисник коренебульбоплодів паро-механічного способу реалізації технологічного процесу.

Предмет дослідження – параметри робочих органів на режимні характеристики технологічного процесу очистки коренебульбоплодів.

Методи досліджень. В основу теоретичних досліджень покладено методи чисельного моделювання при використанні теорії математичного моделювання, основних положень механіки та гідравліки, основних положень та законів термодинаміки. При цьому застосовувались методи диференційного та інтегрального числення.

Обробка та аналіз результатів досліджень здійснювалась з використанням теорії ймовірності, кореляційного та регресійного аналізу, при цьому використовувався програмний продукт Excel.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати досліджень кваліфікаційної роботи доповідались і отримали позитивну оцінку на міжнародній конференції та відображені у наступних роботах:

1. Черниш Ю. М. Оцінка робочих органів технічних засобів очищення коренебульбоплодів. *Матеріали науково-практичної конференції «Наукові читання–2020»*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 67–68.

2. Черниш Ю. М. Підвищення ефективності машин сухого очищення коренебульбоплодів. *Біоенергетичні системи : Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. Ч. 2 С. 63–64.

3. Черниш Ю. М. Перспективи сухого очищення сільськогосподарської сировини для переробної галузі. . *Матеріали науково-практичної конференції «Студентські читання–2020»*. Житомир: ПНУ, 2020. С. 390–391.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 3 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел (16 найменувань). Текст кваліфікаційної роботи виконано українською мовою на 28 сторінках загального обсягу машинописного тексту, проілюстровано однією таблицею та 10 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА СПОСОБІВ ТА МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

1.1. Аналіз способів очистки коренебульбоплодів

Особливість процесу очищення коренебульбоплодів полягає в тому, що деяка їх частина йде до відходів. При цьому важливе значення має спосіб очищення, оскільки він напряду визначає можливі втрати сировини, яка у собівартості кінцевого продукту важить близько 75 %. Для очистки коренебульбоплодів використовуються наступні способи: механічний; тепловий; хімічний; комбіновані способи як сукупність перерахованих. [2, 3, 4].

Самим простим, а тому і самим поширеним, вважається механічне очищення коренебульбоплодів. При такому способі під дією робочих органів очисної машини змінюється тільки анатомія будови коренебульбоплодів, а їх хімічний склад залишається постійним. Робочі органи машини для очистки коренебульбоплодів від шкірки можуть бути металевими, абразивними, гумовими та ін. (рис. 1.1) [4, 5, 6].

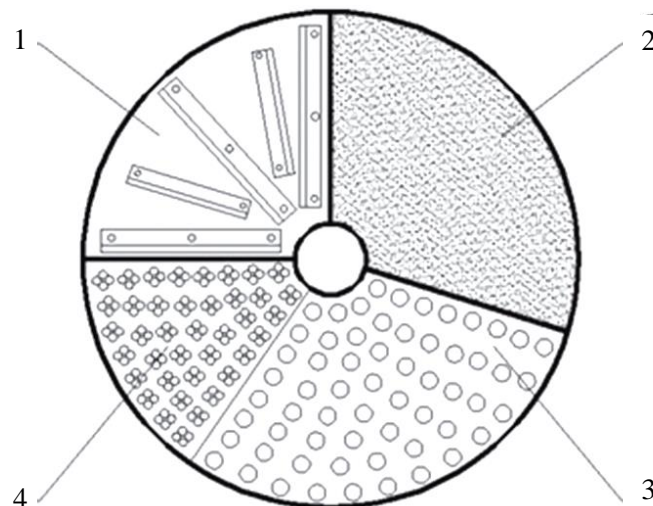


Рис. 1.1. Типи поверхонь робочих органів очисних машин: 1 – металева з лезами; 2 – абразивний матеріал; 3 – отвори у металі; 4 – отвори у пластмасі [4, 5, 6].

Використання металевих лез забезпечує надійне позбавлення коренебульбоплодів шкірки та різних включень на зразок вічок у картоплі, але при цьому спостерігається велика кількість відходів. Позитивним моментом такого процесу є можливість використання відходів у подальшій переробці, наприклад для картоплі – це переробка на крохмаль [6, 7].

При використанні абразивних поверхонь відбувається стирання шкірки та вічок у коренебульбоплодів в наслідок неперервного руху й тертя по абразивному диску і стінці камери з одночасним змиванням потоком води. Оскільки бульба піддається механічному впливу, на її поверхні проявляється крохмаль та інші мінеральні речовини, що викликає її окислення. Для запобігання окисленню після механічного очищення бульбу необхідно помістити у резервуар з водою, а не доочищені поверхні очистити вручну (наприклад вічка або пошкодження), що підвищує трудомісткість процесу [7].

Машини для очистки шкірки від коренебульбоплодів оснащуються робочими органами притаманними для певного способу організації технологічного процесу (рис. 1.2).

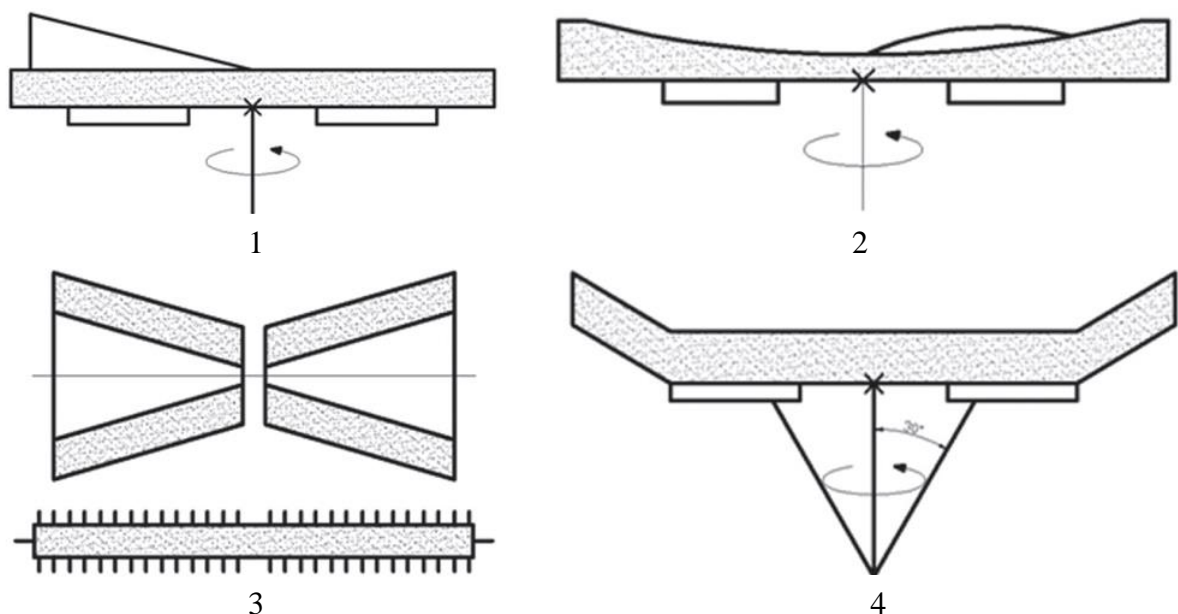


Рис. 1.2. Типи робочих органів за формою: 1 – дисковий з конічною лопаткою; 2 – дисковий з круглою лопаткою; 3 – роликівий конічний та циліндричний із щітками; 4 – дисковий із конусом [7].

Робочі органи роликового типу з абразивним покриттям використовуються у очисних машинах неперервної дії. Циліндричні ролики із ворсинками у вигляді щітки використовуються для очищення коренебульбоплодів від шкірки після термічних способів обробки. Процес очистки триває протягом 1–3 хв. та залежить від розмірів коренебульбоплодів, стану їх поверхні (відповідно до тривалості зберігання) та конструкційно-технологічних особливостей очисної машини [8].

Очистка поверхневого шару коренебульбоплодів від шкірки за допомогою пари вважається самим ефективним способом. Це пояснюється тим, що із технологічного процесу підготовки сировини вилучається операція її калібрування та зменшується кількість відходів, порівняно із механічним очищенням. Технологічний процес передбачає обробку коренебульбоплодів у закритій місткості за допомогою пари під тиском 0,4–0,7 МПа протягом 0,5–1 хв. По завершенні процесу тиск різко знижують до атмосферного, в наслідок чого волога під шкіркою закипає та сприяє її відокремленню. Потім коренебульбоплоди надходять до мийно-очисної машини де остаточно очищаються від шкірки. Оскільки глибина пропарювання досить маленька, коренебульбоплоди після очистки залишають сирими, що потребує їх обробки засобами проти окислення, або поміщення у місткість із водою. При цьому втрати сировини у відходи складають лише 14 %, порівняно із 28 % для механічних способів очистки [5, 8].

Недоліком парового очищення є значні габарити серійного обладнання, а також досить енергоємний процес отримання пари. Тому, паровий спосіб очистки використовується на переробних підприємствах із значними обсягами виробництва. Для сектору громадського харчування, ресторанного виробництва та невеликих переробних підприємств більш доцільними можна вважати механічні машини для очистки коренебульбоплодів від шкірки періодичної дії. За рахунок нетривалого процесу очистки такі машини мають достатню продуктивність для задоволення потреб переробного підприємства.

1.2. Аналіз технічних засобів очистки коренебульбоплодів

Механічні очищувачі періодичної дії набули найбільшого поширення для підприємств переробної галузі із незначними обсягами виробництва. Розглянемо для прикладу машину для очистки картоплі від шкірки модельного ряду МОК-150М та МОК-300М (рис. 1.3) виробництва Торгмаш (Білорусь) [9].

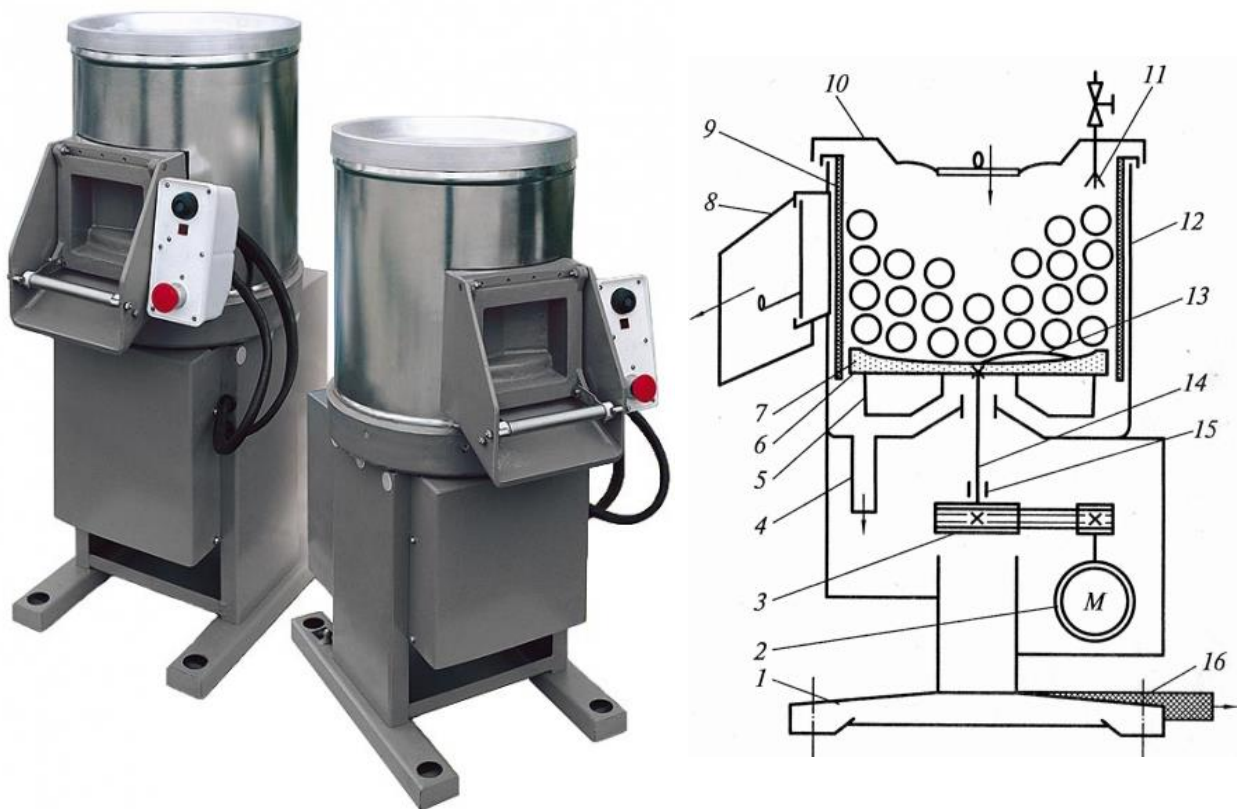


Рис. 1.3. Машина для очистки коренебульбоплодів МОК-150М / МОК-300М: 1 – опорна станина; 2 – приводний електродвигун; 3 – передача клинопасова; 4 – патрубок для видалення води і шкірок; 5 – лопатки напрямні; 6 – основа диска робочого; 7 – абразивне покриття робочого диска; 8 – вивантажувальна горловина; 9 – стінка робочої камери з отворами; 10 – кришка завантажувальної горловини; 11 – розбризкувач води; 12 – робочий об’єм; 13 – елемент хвилястого диска; 14 – вал приводний; 15 – опорний підшипник; 16 – трубопровід гумовий для відходів [9].

Принцип роботи машин типу МОК (рис. 1.3) полягає у знятті шкірки з коренебульбоплодів шляхом їх взаємодії із абразивним хвилястим диском та стінками камери. Стінка камери машини має зовнішню суцільнометалеву та внутрішню металеву з отворами оболонку. Здерта шкірка разом із водою видаляється через вивідний патрубок.

Технічна характеристика серійних машин для механічної очистки коренебульбоплодів наведена у таблиці 1.1 [9, 10, 11].

Таблиця 1.1

Техніко-технологічні характеристики очисників коренебульбоплодів

Показник	Марка машини			
	МОК-150М	МОК-300М	Fimar PPF-18	Sirman PPJ-10SC
Продуктивність кг/год	150	300	220	170
Місткість камери, кг/цикл	7	10	18	10
Витрата води, м ³ /год	-	-	-	-
Тривалість очистки, хв.	до 2,8	до 2,0	до 2,0	до 2,0
Частота обертання робочого диска, об/хв.	1500	1500	320	320
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75	1,1	0,55
Габаритні розміри, мм:				
довжина	600	605	380	470
ширина	410	425	770	544
висота	850	1000	1230	910
Маса, кг	46	48	38	41,5

На вітчизняному ринку обладнання для очистки коренебульбоплодів пропонується обладнання іноземних виробників фірм Sirman та Fimar (Італія).

Машини Fimar PPF-18 та Sirman PPJ-10SC схожі за принципом роботи особливостями експлуатації, але відрізняються продуктивністю та потужністю на привод робочих органів (рис. 1.4 – 1.5) [10, 11].



Рис. 1.4. Машина для очистки коренебульбоплодів Fimar PPF-18 [10]



Рис. 1.5. Машина для очистки коренебульбоплодів Sirman PPJ-10SC [11].

Обидві машини Fimar PPF-18 та Sirman PPJ-10SC використовують аналогічний принцип очистки – абразивний. Відмінність полягає у конструктивному виконанні робочого органу та матеріалу з якого вони виготовлені. Внутрішні стінки Sirman PPJ-10SC та Fimar PPF-18 мають абразивне покриття, яке легко знімається для миття та заміни у випадку пошкоджень. Особливістю машини Fimar PPF-18 є прозора кришка, котра виконана із харчового полікарбонату. Це досить зручне рішення для контролю за процесом очистки. Підключення до водомережі та каналізації дозволяють спростити ручну працю [10, 11].

Обладнання для механічного очищення має ряд переваг, основною серед яких є незначні габарити та можливість подальшого використання відходів виробництва. Але найбільш досконалим щодо якості очистки коренебульбоплодів з мінімальними відходами та збереження вітамінного складу продукту вважається паровий спосіб очистки [8]. Тому, розробка технічних засобів котрі поєднували б позитивні ознаки обох способів очищення є актуальним завданням для харчової промисловості [12, 13, 14].

1.3. Висновки до розділу 1

1. В переробній та харчовій промисловості найбільшого поширення набули два способи очистки коренебульбоплодів від зовнішньої шкірки – механічний та паровий. Застосування хімічного способу вимагає використання лугів, що може бути екологічно небезпечно.

2. Найбільш ефективним способом щодо якості очистки та найменших втрат є парове очищення. Але використання такого способу вимагає додаткового доочищення у мийно-очисних машинах. Тому, самим поширеним способом для харчової промисловості залишається механічне очищення з притаманними йому недоліками – необхідність калібрування, інспекції та можливого ручного доочищення.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИКА КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

2.1. Розроблення конструкції машини для очистки коренебульбоплодів

Відповідно до встановлених переваг та недоліків двох найбільш поширених способів очистки коренебульбоплодів, нами пропонується поєднати їх в одній машині (рис. 2.1)

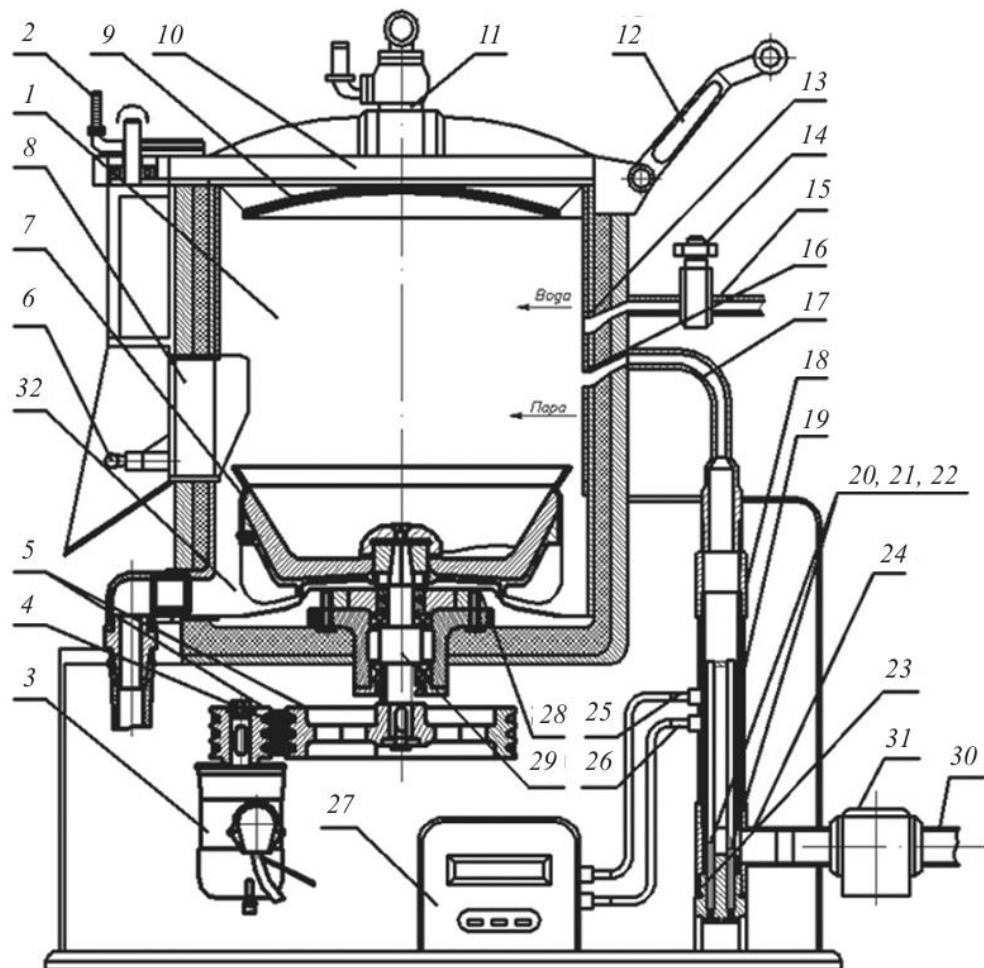


Рис. 2.1. Структурна схема розробленої машини для очистки коренебульбоплодів: 1 – місткість із теплоізоляцією; 2 – фіксатор; 3 – електродвигун; 4, 5 – клинопасова передача; 6, 8 – кришка та ручка вивантажувальної горловини; 7 – робочий чашоподібний металевий диск; 9 –

внутрішня кришка; 10 – герметична кришка; 11 – регулюючий пристрій тиску пари; 12 – ручка для керування положення кришки; 13 – розбризкувач води; 14 – регулятор подачі води; 15 – підвід води; 16 – форсунка парова; 17 – патрубок; 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 – комплект для створення та регульованої витрати пари; 28 – лопатка; 29 – приводний вал; 30 – підведення води; 31 – водяний фільтр; 32 – водопровід.

Розроблена машина поєднує в собі механічний та паровий способи очистки. Причому паровий спосіб передує механічному. Принцип роботи полягає у наступному. Коренебульбоплоди завантажуються до робочої камери, яка герметично закривається кришкою. Протягом 40–60 с коренебульбоплоди обробляються паром, під дією якої відбувається процес накопичення продуктом теплової енергії. Під час оброблення паром включається у роботу диск, який сприяє рівномірності обігрівання поверхні продукту. По завершення пропарювання, різко скидається тиск у місткості до рівня атмосферного тиску. В наслідок цього волога під шкірою закипає та відбувається відставання шкіряного покриття. Наступним є подача води шляхом відкривання крана. Чашковий диск продовжуючи своє обертання та стимулює відокремлення покриву коренебульбоплодів. Шкіра та вода видаляються до системи каналізації. Процес відокремлення шкіри після пропарювання триває до 100 с. Після цього припиняють подачу води і технологічний процес завершується.

Перевагою запропонованої машини є суміщення в одному обладнанні двох способів очистки коренебульбоплодів. При цьому отримуємо якісно очищений продукт як для парового способу при габаритах машини для механічної очистки. Відсутність абразивних поверхонь, як для чисто механічної очистки, сприяє зменшенню кількості відходів, на рівні парового способу очистки. Для отримання пари використовується електронагрівальний пристрій електродного типу. Це дає змогу підвищити ефективність нагрівання, порівняно із використанням тенів, за рахунок безпосереднього впливу на воду. Але

необхідно використовувати воду з мінімальними включеннями мінералів, для чого передбачене використання очисника води.

2.2. Визначення режимних параметрів розробленої паро-механічної машини

Потужність системи отримання необхідної енергії пари можна визначити за допомогою формули [15, 16]:

$$P = \frac{Q_1 + Q_2}{t}, \quad (2.1)$$

де Q_1, Q_2 – теплота яка використовується для пропарювання поверхні коренебульбоплодів та стінки місткості, Дж;

t – тривалість технологічного процесу пропарювання, с.

В свою чергу, теплоту для належного нагріву поверхні коренебульбоплодів визначають за формулою [16]:

$$Q_1 = c \cdot \rho \cdot V \cdot (T_2 - T_1), \quad (2.2)$$

де c – значення теплоємності коренебульбоплодів, Дж/кг \times °C;

ρ – щільність продукту, кг/м³;

V – об'єм продукту в місткості, м³;

T_1, T_2 – початкова та кінцева температура продукту, °C.

Для підтримання належної температури стінки місткості, необхідно витратити кількість теплоти [16]:

$$Q_5 = S \cdot \alpha \cdot (t_{np} - t_{ноє}) \cdot \tau + m_n \cdot r, \quad (2.3)$$

де S – площа внутрішньої поверхні місткості, м²;

α – коефіцієнт тепловіддачі матеріалу стінки місткості, Вт/м²×°С;

t_{np} , $t_{нов}$ – поверхнева температура продукту та температура повітря, °С;

m_n – кількість використаної пари, кг;

r – теплота пароутворення, Дж/кг.

Відповідно до проведених досліджень та результатів обчислень за наведеними формулами, отримали графічні залежності впливу розмірів коренебульбоплодів на процес їх прогрівання парою (рис. 2.2).

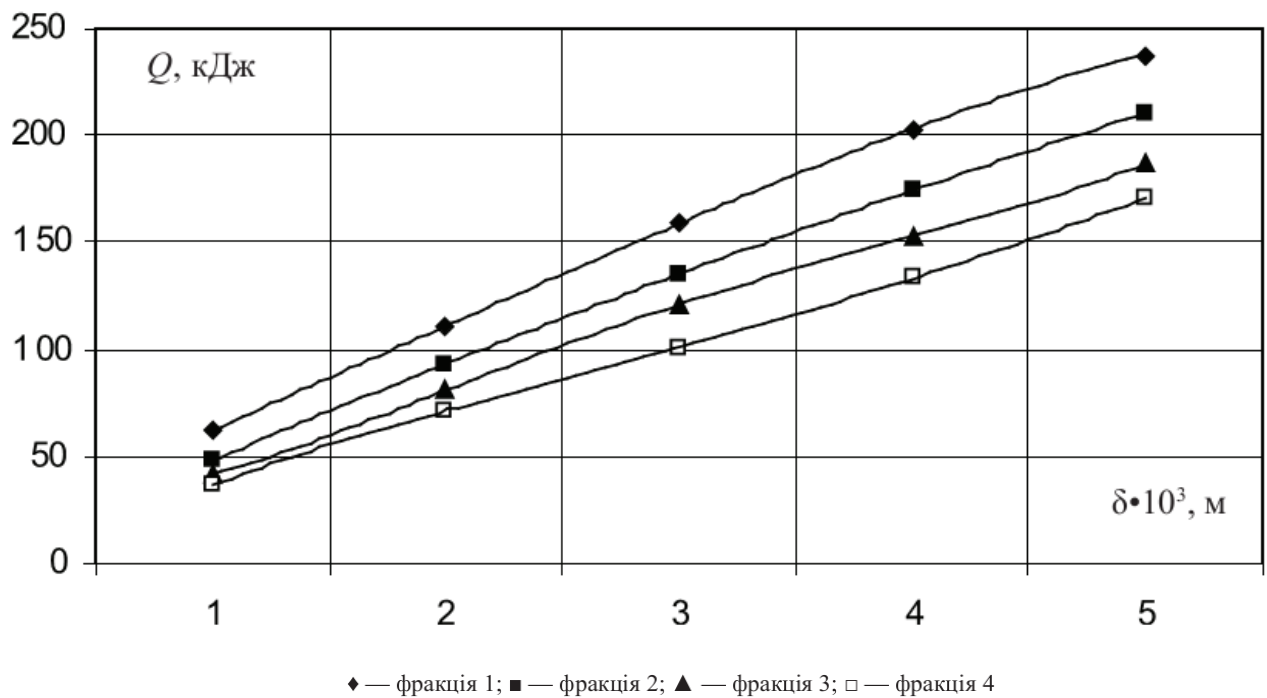


Рис. 2.2. Витрата тепла (Q) для прогрівання поверхні коренебульбоплодів на задану глибину (δ) залежно від середніх розмірів продукту обробки: 1 – 40 мм; 2 – 60 мм; 3 – 80 мм; 4 – 100 мм.

Як видно із поданих графічних залежностей (рис. 2.2), зі збільшенням необхідної глибини обробки поверхні коренебульбоплодів витрачається більша кількість теплоти генератора пари, незалежно від середнього розміру коренебульбоплоду (на прикладі бульби). При цьому, для пропарювання коренебульбоплодів меншого розміру необхідно витратити більше теплоти,

незалежно від бажаної глибини обробки. Це можна пояснити тим, що зі зменшенням розміру коренебульбоплодів збільшується їх кількість в аналогічному ваговому вимірі. В такому випадку зростає і об'єм поверхні для обробки парою. Тому, отримані графічні залежності адекватно описують технологічний процес пропарювання поверхні коренебульбоплодів на необхідну, згідно вимог технологічного процесу, глибину.

2.3. Висновки до розділу 2

1. Перевагою запропонованої машини є суміщення в одному обладнанні двох способів очистки коренебульбоплодів. При цьому отримуємо якісно очищений продукт як для парового способу при габаритах машини для механічної очистки. Відсутність абразивних поверхонь, як для чисто механічної очистки, сприяє зменшенню кількості відходів, на рівні парового способу очистки.

2. Проведені дослідження вказали, що зі збільшенням глибини обробки поверхні коренебульбоплодів збільшується кількість теплоти пари, незалежно від середнього розміру коренебульбоплоду. При цьому, для пропарювання коренебульбоплодів меншого розміру необхідно витратити більше теплоти, незалежно від бажаної глибини обробки. Це можна пояснити тим, що зі зменшенням розміру коренебульбоплодів збільшується їх кількість в аналогічному ваговому вимірі.

РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОГО ОЧИСНИКА КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

3.1. Визначення технологічних параметрів очисника

Основним показником оцінки технологічних параметрів розробленої машини є встановлення її продуктивності за допомогою залежності:

$$G = \frac{V_k \cdot \rho \cdot \varphi}{\tau_z + \tau_{т.о} + \tau_{м.д} + \tau_в}, \quad (3.1)$$

де V_k – об'єм робочої місткості, м³;

ρ – об'ємна маса коренебульбоплодів, кг/м³;

φ – коефіцієнт заповнення місткості;

τ_z – тривалість процесу загрузки, с;

$\tau_{т.о}$ – тривалість процесу пропарювання, с;

$\tau_{м.д}$ – тривалість процесу очистки, с;

$\tau_в$ – тривалість процесу вивантаження обробленого продукту, с.

Для визначення об'єму циліндричної місткості можна використати відому формулу [16]:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H, \quad (3.2)$$

де D – діаметр робочої місткості, м;

H – висота робочої місткості, м.

Проведені теоретичні дослідження відповідно до рівняння (3.1) дали змогу оцінити вплив на продуктивність розробленої машини температурних режимів оброблення коренебульбоплодів (рис. 3.1–3.3).

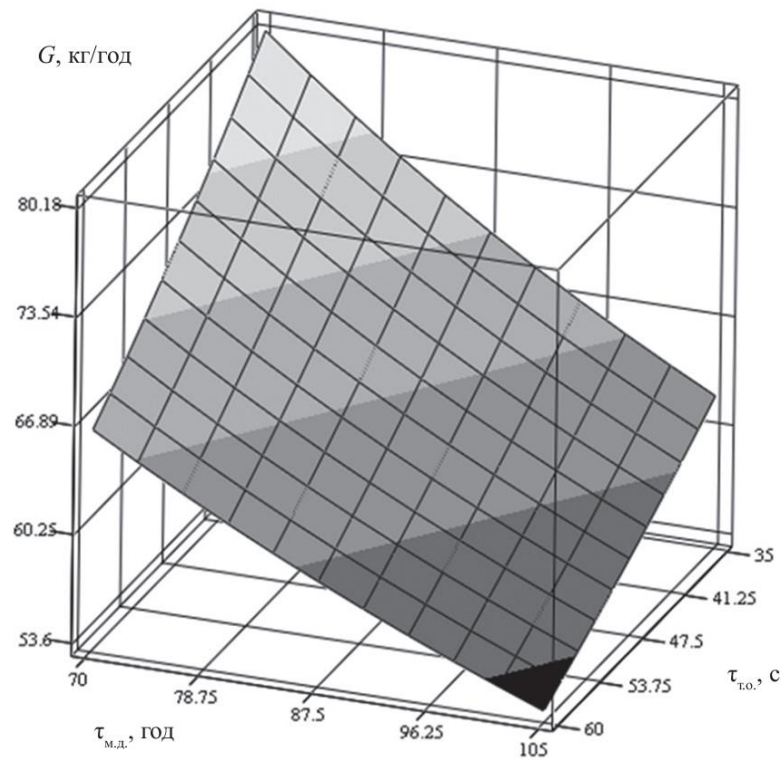


Рис. 3.1. Вплив на продуктивність розробленої машини тривалість оброблення коренебульбоплодів парою та очищення від шкірки при коефіцієнті заповнення 0,55.

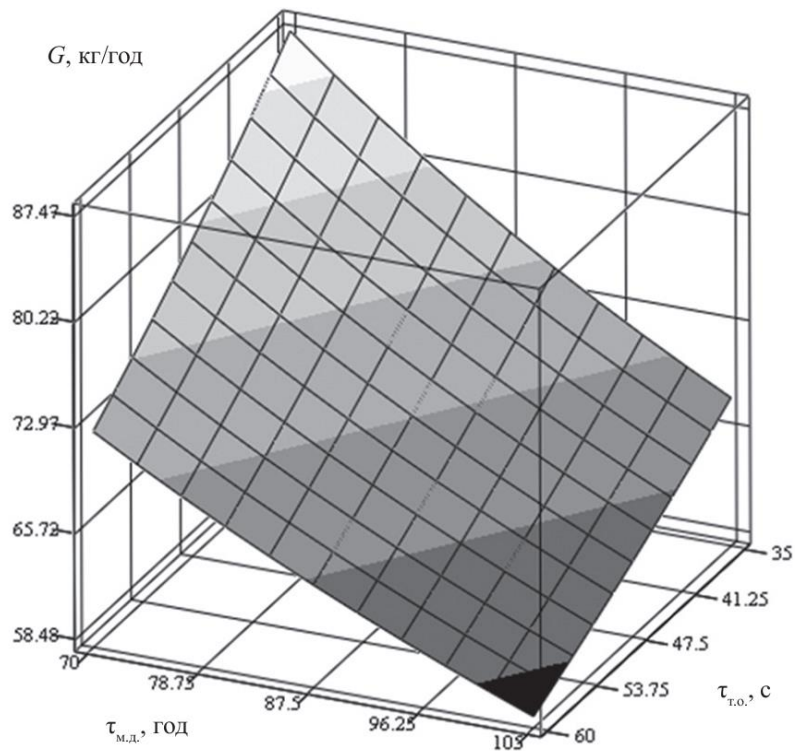


Рис. 3.2. Вплив на продуктивність розробленої машини тривалість оброблення коренебульбоплодів парою та очищення від шкірки при коефіцієнті заповнення 0,60.

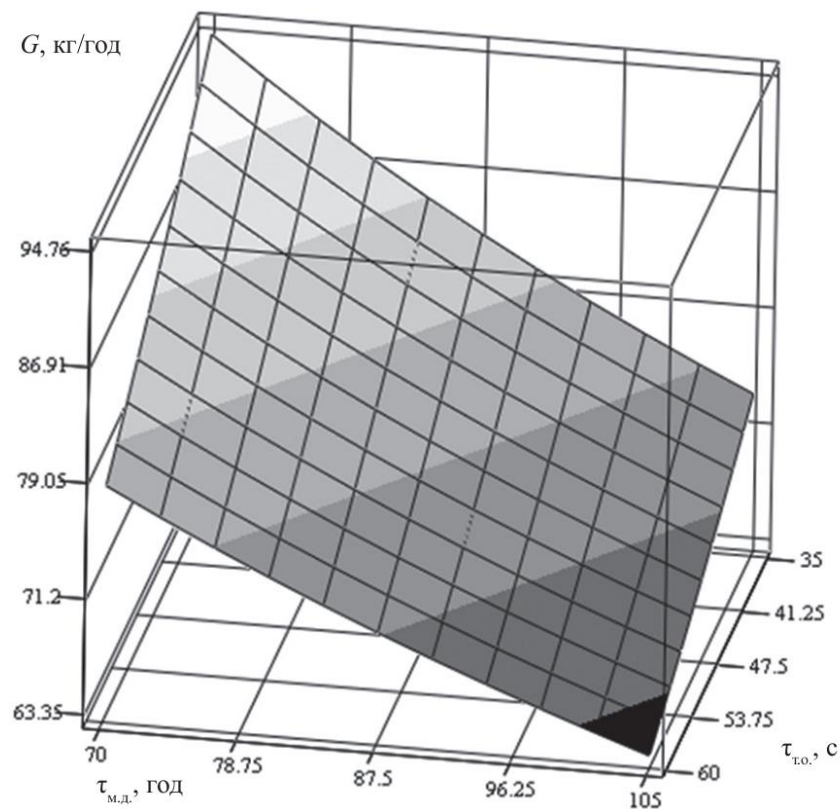


Рис. 3.3. Вплив на продуктивність розробленої машини тривалість оброблення коренебульбоплодів парою та очищення від шкірки при коефіцієнті заповнення 0,65.

Відповідно до отриманих поверхонь відгуку (рис. 3.1-3.3) можна сказати, що зі збільшенням ступеня заповнення робочої місткості продуктивність розробленої паро-механічної машини для очистки коренебульбоплодів зростає незалежно від тривалості оброблення парою та тривалістю наступного процесу – механічного очищення. При цьому, зі збільшенням тривалості механічної очистки продуктивність розробленої машини знижується, незалежно від величини заповнення робочої місткості. Але зі збільшенням тривалості оброблення продукту парою продуктивність розробленої машини також зменшується. Слід відмітити, що максимальна продуктивність досягається при мінімальній тривалості процесу оброблення парою (35 с) та мінімальній тривалості механічної очистки (70 с), незалежно від ступеня заповнення робочої місткості. За умови прийнятих діапазонів тривалості

процесів оброблення парою та механічного очищення, продуктивність розробленої машини становитиме 95 кг/год. Такий показник продуктивності значно менший від аналогічного показника серійних машин, зі співставленими об'ємами робочих місткостей, за рахунок подвійного принципу функціонування розробки.

3.2. Визначення встановленої потужності паро-механічних елементів розробленої машини

Необхідну масу матеріалу, який надходить на один цикл обробки до робочої місткості можна встановити за формулою [16]:

$$m = V_k \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (3.3)$$

де V_k – об'єм робочої місткості, м³;

ρ – об'ємна маса коренебульбоплодів, кг/м³;

φ – коефіцієнт заповнення місткості.

Для проведення досліджень маса завантажених до робочої місткості коренебульбоплодів становила, в середньому 3 кг.

Частота обертання робочого органу повинна вибиратися із умови забезпечення критичної швидкості руху продукту, тобто, має виконуватись умова [16]:

$$n_{\min} \geq \frac{30}{\pi \cdot (1 - K_k)} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot f}{r_{\min}}}, \quad (3.4)$$

де K_k – коефіцієнт, який враховує ковзання продукту відносно робочого органу машини;

g – прискорення земного тяжіння, м/с²;

f – коефіцієнт тертя продукту по поверхні робочого органу;

r_{\min} – радіус обертання центру ваги коренебульбоплоду, м.

Виконані розрахунки вказують, що мінімальна частота обертання робочого органу, насправді має бути збільшеною майже вдвічі для врахування впливу дії відцентрового прискорення до 250 об/хв.

Необхідну потужність електроприводу можна встановити за формулою [16]:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (3.5)$$

де N_1 – потужність яка витрачається на тертя продукту та робочого органу, Вт;

N_2 – потужність яка витрачається на підкидання продукту в робочій місткості, Вт;

η – коефіцієнт корисної дії елементів приводу.

Перший складник знаменника формули (3.5) можна встановити за допомогою формули [16]:

$$N_1 = m \cdot g \cdot f \cdot r_f \cdot \phi \cdot \omega, \quad (3.6)$$

де m – маса продукту в об'ємі робочої місткості, кг;

r_f – радіус сили тертя, м;

ω – кутова швидкість обертання робочого диска, с^{-1} ;

ϕ – частка підкинутих коренебульбоплодів у робочій місткості.

При виконанні обрахунку будемо вважати, що 50 % коренебульбоплодів, котрі одночасно перебувають у робочій місткості, будуть знаходитись у підкинутому стані, а радіус прикладеної сили тертя 35 % від діаметра циліндричної місткості.

В такому випадку, потужність яка витрачається на підкидання часточок продукту під час механічної обробки можна встановити за формулою [16]:

$$N_2 = m \cdot g \cdot H \cdot \frac{n_{\min}}{60} \cdot K_p, \quad (3.7)$$

де K_p – коефіцієнт підкинутих коренебульбоплодів за один оберт робочого диску;

H – висота стінок робочої місткості, м.

Відповідно до розрахунків за встановленою залежністю (3.7), потужність приводу робочого органа складає не менше ніж 320 Вт, що менше за значення серійних машин за рахунок використання неабразивної обертової чаші.

3.3. Висновки до розділу 3

1. На основі проведених досліджень встановили, що зі збільшенням ступеня заповнення робочої місткості продуктивність розробленої паромеханічної машини для очистки коренебульбоплодів зростає незалежно від тривалості оброблення парою та тривалістю наступного процесу – механічного очищення. Збільшення тривалості процесів пропарювання продукту та його механічної очистки призводить до зниження продуктивності розробленої машини, незалежно від величини заповнення робочої місткості.

2. Встановили, що максимальна продуктивність розробленої машини досягається при мінімальній тривалості процесу оброблення парою (35 с) та мінімальній тривалості механічної очистки (70 с), незалежно від ступені заповнення робочої місткості. За вказаних умов, продуктивність розробленої машини становитиме 95 кг/год, що вдвічі менше від аналогічного показника серійних машин, зі співставленими об'ємами робочих місткостей, за рахунок подвійного принципу функціонування розробки. При цьому, енергоємність процесу очистки на 7,7–38 % менша, порівняно із серійними машинами.

ВИСНОВКИ

1. В переробній та харчовій промисловості найбільшого поширення набули два способи очистки коренебульбодів від зовнішньої шкірки – механічний та паровий. Застосування хімічного способу вимагає використання лугів, що може бути екологічно небезпечно. Найбільш ефективним способом щодо якості очистки та найменших втрат є парове очищення. Але використання такого способу вимагає додаткового доочищення у мийно-очисних машинах. Тому, самим поширеним способом для харчової промисловості залишається механічне очищення з притаманними йому недоліками – необхідність калібрування, інспекції та можливого ручного доочищення.

2. Перевагою запропонованої машини є суміщення в одному обладнанні двох способів очистки коренебульбодів. При цьому отримуємо якісно очищений продукт як для парового способу при габаритах машини для механічної очистки. Відсутність абразивних поверхонь, як для чисто механічної очистки, сприяє зменшенню кількості відходів, на рівні парового способу очистки.

3. Проведені дослідження вказали, що зі збільшенням глибини обробки поверхні коренебульбодів збільшується кількість теплоти пари, незалежно від середнього розміру коренебульбоду. При цьому, для пропарювання коренебульбодів меншого розміру необхідно витратити більше теплоти, незалежно від бажаної глибини обробки. Це можна пояснити тим, що зі зменшенням розміру коренебульбодів збільшується їх кількість в аналогічному ваговому вимірі.

4. На основі проведених досліджень встановили, що зі збільшенням ступеня заповнення робочої місткості продуктивність розробленої паромеханічної машини для очистки коренебульбодів зростає незалежно від тривалості оброблення паром та тривалістю наступного процесу – механічного очищення. Збільшення тривалості процесів пропарювання продукту та його

механічної очистки призводить до зниження продуктивність розробленої машини, незалежно від величини заповнення робочої місткості.

5. Встановили, що максимальна продуктивність розробленої машини досягається при мінімальній тривалості процесу оброблення парою (35 с) та мінімальній тривалості механічної очистки (70 с), незалежно від ступені заповнення робочої місткості. За вказаних умов, продуктивність розробленої машини становитиме 95 кг/год, що вдвічі менше від аналогічного показника серійних машин, зі співставленими об'ємами робочих місткостей, за рахунок подвійного принципу функціонування розробки. Потужність електродвигуна на привод розробленої машини складає 320 Вт, отже, енергоємність процесу очистки на 7,7–38 % менша, порівняно із серійними машинами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П. С. Берник, З. А. Стоцько, І. П. Паламарчук, І. А. Зозуляк. Львів: Видавництво НУ Львівська політехніка, 2004. 336 с.
2. Закалов О. В., Бортник А. І. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Тернопіль : Видавництво ТДГУ, 2005. 105 с.
3. Закалов О. В., Закалов І. О. Технологічне обладнання харчових виробництв. Тернопіль : Видавництво ТДГУ, 2000. 406 с.
4. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва / О. В. Гвоздев, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогач, Л. М. Кюрчева. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.
5. Гулий І. С. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2001. 575 с.
6. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. Машини та обладнання переробних виробництв. К.: Вищ. освіта, 2005. 159 с.
7. Мирончук В. Г. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підручник. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
8. Малежик І. Ф. Процеси та апарати харчових виробництв. К.: НУХТ, 2003. 400 с.
9. Картоплечистка Торгмаш МОК-300М 300 кг/год. : веб-сайт. URL : <https://experiencegroup.in.ua/ua/p26549684-kartofelechistka-mok-300m.html>
10. Картоплечистка Fimar PPF18 (380). : веб-сайт. URL : <https://experiencegroup.in.ua/ua/p1124990166-kartofelechistka-fimar-ppf18.html>
11. Картоплечистка Sirman PPJ 10 SC. : веб-сайт. URL : <https://experiencegroup.in.ua/ua/p49341924-kartofelechistka-sirman-ppj.html>
12. Черниш Ю. М. Оцінка робочих органів технічних засобів очищення коренебульбоплодів. *Матеріали науково-практичної конференції «Наукові читання–2020»*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 67–68.

13. Черниш Ю. М. Підвищення ефективності машин сухого очищення коренебульбоплодів. *Біоенергетичні системи : Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. Ч. 2 С. 63–64.

14. Черниш Ю. М. Перспективи сухого очищення сільськогосподарської сировини для переробної галузі. . *Матеріали науково-практичної конференції «Студентські читання–2020»*. Житомир: ПНУ, 2020. С. 390–391.

15. Дейниченко Г. В., Ефимова В. А., Постнов Г. М. Оборудование предприятий питания. Харьков : Мир техники и технологий, 2005. Ч.3. 456 с.

16. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : навчальний посібник / Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І. та ін. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.