

УДК 637.134

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ КАРТОПЛІ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОЖУРООЧИСНОЇ МАШИНИ

Самойчук К.О., к.т.н.,

Колеснік Ю.Ю., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – у статті проаналізовані типові конструкції машин для очищення кожуре, проведені аналітичні та експериментальні дослідження якості очищення кожуре картоплі та енерговитрат в залежності від заповнення робочої камери машини.

**Ключові слова** – кожуроочисна машина, картопля, дослідження, абразивний диск, робочий орган.

*Постановка проблеми.* Однією з тенденцій розвитку ринку продукції харчової промисловості, за даними вітчизняних і зарубіжних дослідників, є зростаюче споживання легкої, повноцінної їжі і витіснення з раціону продуктів харчування з використанням необробленої харчової сировини [1].

Картопля - другий найважливіший – після хліба – продукт у продовольчому кошику українця. Необхідним процесом у процесі переробки картоплі є очищення її від кожуре. Правильно проведений процес дозволяє заощадити до 15% втрат картоплі зі шкіркою, що у масштабах України становить тисячі тон так званого «другого хлібу». На підприємствах країни найчастіше використовуються кожуроочисні машини з абразивними поверхнями, розроблені у 60-70 рр. На закупівлю новітнього обладнання, які використовують такий метод очищення як, наприклад, перепад тиску підприємствам не вистачає коштів. Тому вдосконалення машин для очищення кожуре з абразивними поверхнями, яке здатне здійснити без значних капіталовкладень, і яке дозволяє істотно покращити якість обробки – є важливою задачею переробної та харчової промисловості.

*Аналіз останніх досліджень.* В результаті істотного скорочення виробництва картоплі у спеціалізованих сільськогосподарських підприємствах та відсутності коштів на придбання сучасної техніки виникає гостра необхідність у зменшенні енергетичних витрат на робочий процес, чого можна досягти шляхом

удосконалення робочого органу кожуроочисної машини.

Таким чином, розглянута в науково-дослідній роботі проблема вдосконалення кожуроочисної машини абразивної переробки харчової сировини, є досить актуальною.

Однією з найрозповсюдженіших в Україні є картоплеочищувальна машина КВЧ, внутрішня поверхня стінки камери для обробки якої покрита тертковою абразивною масою. Робоча камера являє собою чавунну гофровану поверхню з виступами, що чергуються, і западинами, призначення яких - перешкоджати вільному обертанню продукту разом з очисним диском. Робочим інструментом в таких машинах служить хвилеобразний очисний диск, розташований горизонтально і закріплений на вертикальному приводному валу, який покритий тертковою абразивною масою на магнезійній основі.

Погіршення якості очищення поверхні коренеплодів і цій машині передусім пов'язане з залишками кожури, яка в великій кількості осідає на абразивній поверхні диска незважаючи на постійне змивання. Якщо зменшити кількість часток кожури, то стало б можливим зменшити час обробки порції картоплі, підвищити її якість та зменшити енерговитрати.

*Формулювання мети та задач дослідження.* Мета досліджень полягає в удосконаленні кожуроочисної машини.

Для здійснення поставленої задачі вирішуємо такі завдання :

- проаналізувати існуючі конструкції машин для очищення кожури та способи здійснення цього процесу;
- виявити можливі недоліки досліджуваних машин;
- теоретично обґрунтувати нове технічне рішення, що дозволить підвищити якість очищення від кожури;
- виготовити лабораторну установку та провести експериментальні дослідження вдосконаленої машини.

*Основна частина.* Для визначення напрямів зниження енерговитрат проаналізуємо залежності для визначення потужності кожуроочисної машини з абразивними поверхнями тертя.

Потужність яку необхідно повідомити від рухового механізму приводному валу картопличистки, складається з витрати енергії на подолання тертя продукту, що знаходиться в камері для обробки, об фрикційну поверхню обертового очисного диска  $N_1$ , на подолання тертя обертового разом з диском продукту об фрикційну поверхню стінки камери для обробки  $N_2$  і на підкидання бульб хвилеподібною поверхнею диска  $N_3$  [5]. Зазначені витрати для даного виконавчого механізму можна визначити в такий спосіб,  $N$ , кВт

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta}, \quad (1)$$

де  $\eta=0,92\dots0\dots0,95$ –коефіцієнт корисної дії механізмів, що передають рух приводному валу картопелечистки.

Витрати енергії на подолання тертя продукту об фрикційну поверхню диска можна представити в такий спосіб [6, 7]

$$N_1 = \frac{\pi^2 \cdot D_d^4 \cdot n_d \cdot \rho \cdot g \cdot k_{cp} \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{960}, \quad (2)$$

де  $D$  – діаметр абразивного диску, м;

$\rho$  – щільність картоплі, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{cp}$  – середній коефіцієнт ковзання продукту по диску;

$f$  – коефіцієнт тертя бульби об фрикційну поверхню диска, для коренебульбоплодів  $f = 0,8$ ;

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h}{D}$  – то співвідношення між корисною висотою камери і діаметром  $D$ .

$n_d$  – частота обертання диску, об/хв.

Витрати на подолання тертя продукту об фрикційну поверхню стінки камери обробки можна визначити з вираження

$$N_2 = \frac{D_d^5 \cdot n_d \cdot \rho \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (1 - k_{cp})^3}{26000}, \quad (3)$$

Витрати енергії на підкидання бульб хвилеподібною поверхнею диска  $N_3$ , кВт визначимо з вираження:

$$N_3 = \frac{V_0 \cdot \rho \cdot \psi \cdot g \cdot S \cdot n_d \cdot z}{60}, \quad (4)$$

де  $V_0$  – об'єм камери, м<sup>3</sup>;

$\psi$  – коефіцієнт заповнення камери;

$S$  – висота хвилі диска;

$z$  – кількість хвиль на диску.

Висоту хвилі диска і прийнятих параметрів  $D_d$  і  $z$  можна знайти з виразів [6]

$$S = \frac{\pi \cdot D_d}{3 \cdot z} \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (5)$$

Таким чином на енерговитрати кожуроочисної машини впливають такі параметри: діаметр диску, частота обертання диску, коефіцієнт ковзання бульби по поверхні диску, коефіцієнт тертя бульби по диску, співвідношення між висотою камери та її діаметром, об'єм камери, висота хвилі та кількість хвиль диску. Всі зазначені параметри впливають на енерговитрати пропорційно, тобто при їх зменшенні будуть зменшуватись і енерговитрати. Розглянемо можливість зменшення кожного з цих параметрів і їх вплив на питомі енерговитрати машини [8-9].

Діаметр диску крім енерговитрат впливає на ємність камери

очищення, і, як слід (машина КВЧ – періодичної дії) на продуктивність. Таким чином при зменшенні діаметру диску зменшуються енерговитрати та продуктивність, а питомі енерговитрати не будуть зменшуватись.

Частоту обертання диску не можна зменшувати нижче за критичну, так як зміниться кінетика руху бульби – не вертикального перемішування бульб у процесі очищення.

Коефіцієнт ковзання залежить від виду абразивної поверхні (при незмінному виді оброблюваного продукту). При збільшенні її шорсткості зменшиться коефіцієнт ковзання. При надмірному збільшенні шорсткості підвищиться нерівномірність обробки бульб. Збільшують коефіцієнт ковзання залишки кожури на поверхні абразивного диску.

Коефіцієнт тертя також залежить від виду абразивної поверхні. При його зменшенні міра зчищення кожури при одному оберті диску буде також зменшуватись, що призведе до зменшення продуктивності, тобто значення питомих енерговитрат зменшуватись не буде.

Співвідношення між висотою камери та діаметром диску можна зменшити лише зменшуючи висоту камери (при умові не внесення корінних змін в конструкцію машини), але при її зменшенні також зменшиться продуктивність.

Об'єм камери крім енерговитрат впливає на продуктивність, тому питомі енерговитрати зменшити, змінюючи об'єм камери не можливо.

Кількість хвиль та висота хвиль впливають на якість очищення через інтенсивність вертикального руху бульб в камері, тому зменшуючи їх кількість знизимо якість очищення.

Отже зменшити питомі енерговитрати процесу очищення бульб картоплі без корінних змін у конструкції машини можливо шляхом зменшення коефіцієнтів ковзання і тертя, величини яких залежать від кількості залишків кожури на поверхні абразивного диску.

Для усунення цього недоліку пропонуємо зробити абразивну поверхню диску з кільцевими і радіальними канавками. Ширина цих канавок достатньо невелика, щоб вплинути на якість очищення бульб, але частки очищеної шкірочки будуть потрапляти в ці канавки і скоріше відводитись з машини. Крім покращення якості очищення, і підвищення продуктивності машини, таке вдосконалення дасть змогу зменшити витрати води при обробці коренеплодів (рис. 1).

По вираженнях (2) , (3) і (4) знайдені значення  $N_1$ ,  $N_2$  і  $N_3$  підставляємо в (1) і визначаємо необхідну потужність електродвигуна для приведення в дію даної картоплечистки. Після розрахунків отримуємо потужність  $N = 1,12$  кВт.

При зменшенні коефіцієнта тертя з 0,55 до 0,4, після проведення

аналогічних підрахунків за формулами (1-5) одержимо значення енерговитрат 0,93 кВт, тобто потужність зменшилася на 17%.

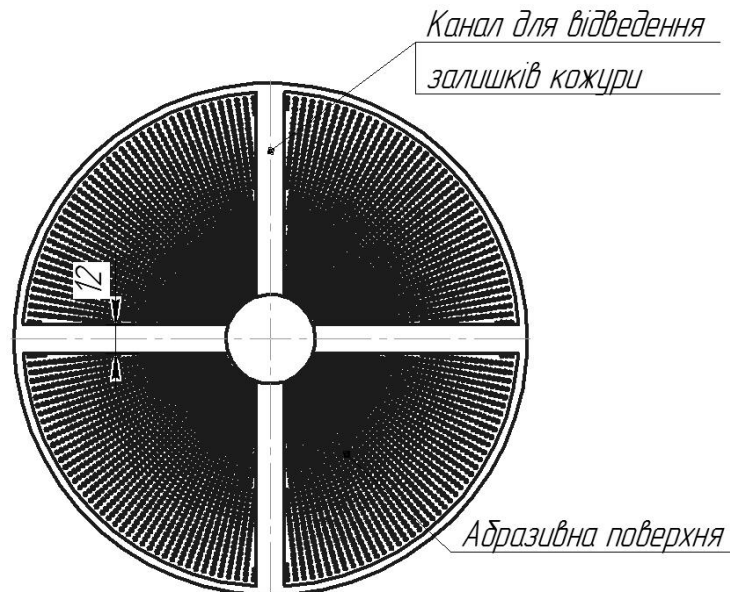


Рис.1. Схема вдосконаленого диска з каналами для відведення залишків кожури.

У відповідності з проведеними аналітичними дослідженнями встановлено, що на енерговитрати та якість очищення впливає кількість залишків кожури на поверхні абразивного диска. При їх зменшенні можливо зменшити енерговитрати до 17%.

В процесі проведення експериментальних досліджень будемо фіксувати потужність кожуроочисної машини використовуючи прилад DT 9208 А класом точності 0,5.

Кожний дослід проводився у трьохкратній повторності, з визначенням середньоарифметичного значення. Виключення грубих похибок вимірювання проводилось за критерієм Стюдента, після виявлення якої дослід повторювався.

Якісні показники обробленої картоплі визначає ГОСТ 23493-79 "Картопля. Терміни і визначення".

Для оцінки якості очищення картоплі введемо показник  $K_{оч}$

$$K_{оч} = \left( 1 - \frac{S_{кож}}{S_{б}} \right) \cdot 100\% \quad (6)$$

де  $S_{кож}$  – площа бульби з залишками кожури;

$S_{б}$  – площа поверхні бульби.

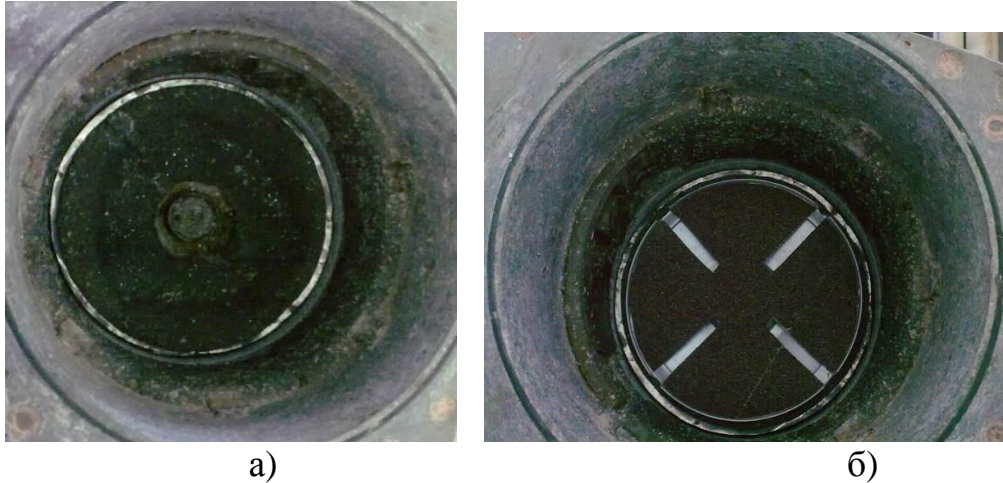
Достатнім є значення коефіцієнта  $K_{оч}$  95%.

Для проведення досліджень якості очищення в машину завантажувалось 4 кг картоплі (коефіцієнт заповнення ємності за рекомендованим значенням 0,6) розмірами 8-12 см.

Одержані дані апроксимувались поліноміальною лінією другого

ступеня з допомогою комп'ютерної програми Excel 2010 з обчисленням коефіцієнту детермінації зі значенням не менше 0,95.

Для проведення експерименту за результатами аналітичних досліджень був виготовлений абразивний диск для машини КВЧ з радіальними каналами (рис. 2).



а) до вдосконалення; б) після вдосконалення

Рис.2. Абразивний диск кожуроочисної машини.

За методикою, викладеною вище, в результаті досліджень якості обробки одержали результати, узагальнені на рис. 3, 4.

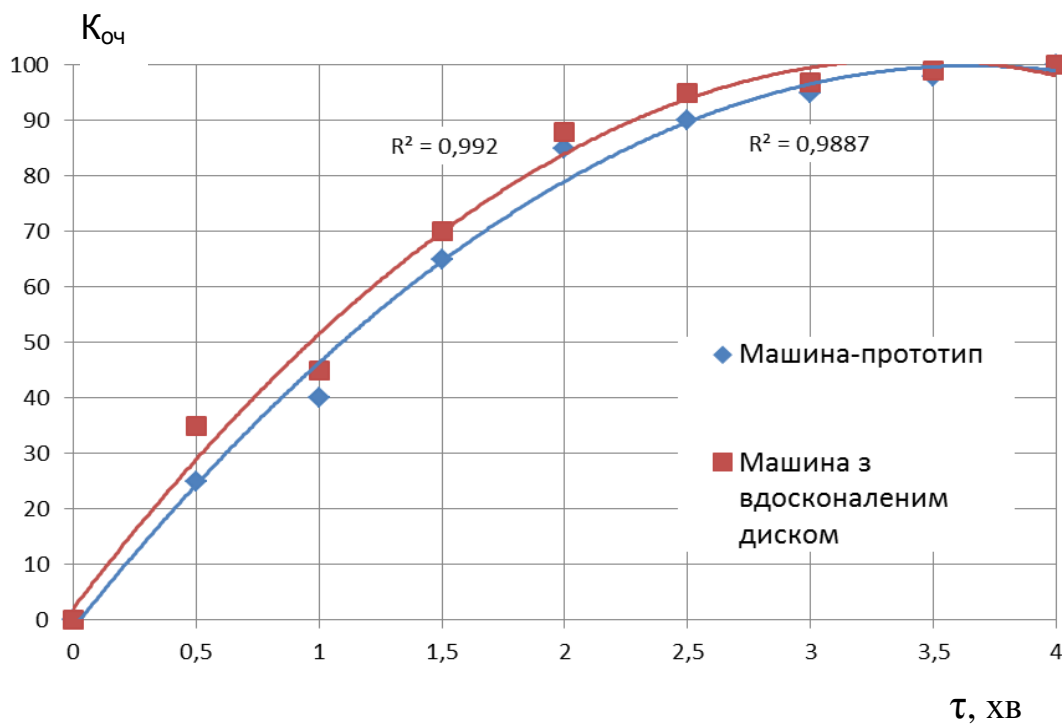


Рис.3. Результати експериментальних досліджень якості очищення картоплі.



а) з існуючим диском; б) із вдосконаленим диском  
Рис.4. Результати обробки картоплі у машині.

Аналізуючи одержані результати можна зробити висновок, що при обробці на машині з вдосконаленим диском необхідна якість очищення (95%) досягається після 2,5 хвилин роботи, в той час як для машини КВЧ – тільки після 3 хвилин обробки. Це свідчить про зростання продуктивності машини на 15%.

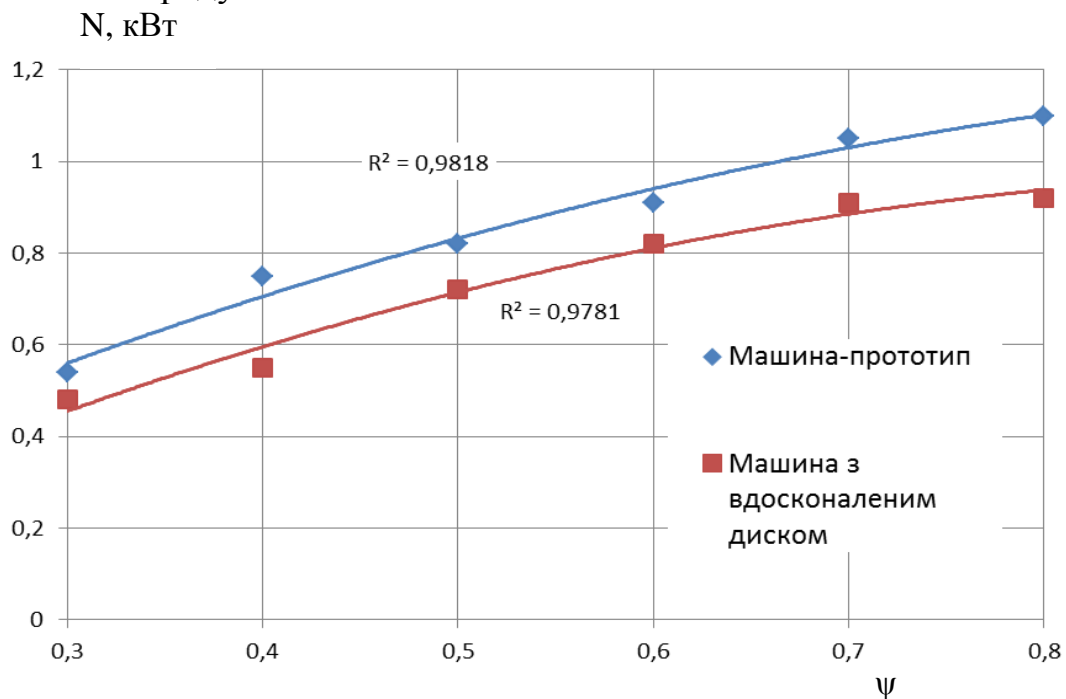


Рис.5. Результати експериментальних досліджень енерговитрат очищення картоплі.

Аналізуючи результати експериментальних досліджень потужності в залежності від кількості продукту (заповнення камери) можливо зробити такі висновки (рис. 5). Потужність машини КВЧ з вдосконаленим диском у середньому на 10-15% менше, причому

різниця зростає зі збільшенням заповнення робочої камери. Це можливо пояснити збільшенням кількості очищених часток, яке відбувається зі збільшенням завантаження робочої камери.

За теоретичними дослідженнями очікуване значення зниження потужності – 17%, що незначно відрізняється від експериментально одержаного значення – 14%.

*Висновки.* Обґрунтована актуальність вдосконалення конструкцій кожуроочисних машин, зокрема машин для очищення картоплі. Проаналізовані типові конструкції таких машин, і виділені найбільш розповсюджені: МОК-250 для Росії і Білорусі та КВЧ – для України. Проведені аналітичні дослідження зниження енергоємності абразивних очисних машин, та з'ясовано, що найбільш доцільним є зниження коефіцієнтів ковзання і тертя. Знизити їх значення пропонується шляхом вдосконалення абразивного диску - зробити абразивну поверхню диску з кільцевими і радіальними канавками.

Виготовлений абразивний диск з пазами згідно запропонованого вдосконалення та проведені експериментальні дослідження якості очищення кожуре картоплі та енерговитрат в залежності від заповнення робочої камери машини. Аналізуючи одержані результати можна зробити висновок, що при обробці на машині з вдосконаленим диском необхідна якість очищення (95%) досягається після 2,5 хвилин роботи, в той час як для машини КВЧ – тільки після 3 хвилин обробки. Це свідчить про зростання продуктивності машини на 15%. За теоретичними дослідженнями очікуване значення зниження потужності – 17%, що незначно відрізняється від експериментально одержаного значення – 14%.

Таке вдосконалення потребує невеликих витрат і може бути впроваджене на будь-якому переробному або підприємстві громадського харчування і дозволить знизити витрати коштовної електроенергії та підвищити продуктивність праці та знизити собівартість виготовляємої продукції.

#### Література:

1. *Андреев С.П.* Концепция систем технологических процессов как основа систем оборудования для перерабатывающих отраслей АПК России/ С.П.Андреев, Ю.Д.Верещагин, В.А.Панфилов и др.// «Хранение и переработка сельхозсырья», №2, 1994.- С.2-8

2. *Бабеня В.Ю.* Новое в технике и технологи производства сушеных картофеля и овощей/ В.Ю. Бабеня-М.:ЦНИИТЭИ, вып.2, 1990.-24 с.

3. *Кузнецов Н.Т.* Модель оптимизации проектирования технологических линий по переработке картофеля/ Н.Т. Кузнецов, П.В. Мелюшин // «Консервная и овощесушильная промышленность»,



№7,1974.- С.38-40.

4. *Галин Л.А.* Контактные задачи теории упругости при наличии износа/ Л.А.Галин // «Прикладная математика и механика», т.40.вып.6,1976.-С.486-498.

5. *Горячева И.Г.* Контактные задачи в трибологии/ И.Г.Горячева, М.Н.Добычин.-М.: Машиностроение,1988.-256 с.

6. *Горячева И.Г.* Плоские и осесимметричные контактные задачи для шероховатых упругих тел./ И.Г. Горячева // «Прикладная математика и механика», т.43, вып.1, 1979.-С.564-574

7. *Гребер Г.* Введение в теорию теплопередачи/ Г.Гребер. М.: Гос-техиздат,1929.-234с.

8. *Демкин Н.Б.* Фактическая площадь касания твердых поверхностей / Н.Б.Демкин .-М.: Изд. АН СССР, 1962.- 112с.

9. *Демкин Н.Б.* Методика расчета характеристик фрикционного контакта/ Н.Б.Демкин, М.А. Короткое //Расчет и моделирование фрикционных устройств.-М.:Наука,1974.-С.5-15

10.*Джонсон К.* Механика контактного взаимодействия/ К.Джонсон .-М.: Мир, 1989.-348 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ КАРТОФЕЛЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОЖУРООЧИСНОЙ МАШИНЫ**

Самойчук К.О., Колесник Ю.Ю.

**Аннотация** - в статье проанализированы типичные конструкции машин для очистки кожуры, проведены аналитические и экспериментальные исследования качества очистки кожуры картофеля и энергозатрат в зависимости от заполнения рабочей камеры машины.

## **RESEARCH OF PROCESS OF CLEANING OF POTATO AND PERFECTION OF MACHINE OF CLEANING OF SKIN**

K. Samoichuk, U. Kolesnik

### *Summary*

**In the articles analysed typical constructions of machines for cleaning of skin, analytical and experimental researches of quality of cleaning of skin of potato of and charges of energy of are conducted depending on filling of working chamber of machine.**