

УДК 664.83.002.5

**РАЦІОНАЛЬНИЙ СПОСІБ МИТТЯ КОРЕНЕПЛОДІВ
У БАРАБАННИХ МИЙНИХ МАШИНАХ**

Всеволодов О.М., к.т.н.

Одеська національна академія харчових технологій

Тел. (048) 712-40-35, 712-42-77

Анотація – дана робота присвячена обґрунтуванню можливості зниження витрати чистої води при проведенні технологічного процесу миття коренеплодів, а також визначенню окружної швидкості в барабані мийної машини при проведенні процесу «сухого миття» для забезпечення режиму, який не травмує сировину, по-перше, по-друге, знаходженню коефіцієнта завантаження барабана «сухого миття» і його оптимізації за мінімальними фінансовими витратами.

Ключові слова – «сухе миття», колова швидкість, коефіцієнт завантаження, оптимізація, витрати.

Постановка проблеми. Для виготовлення рослинних консервованих продуктів харчування з рослинної сировини, яка використовується для цих цілей, не допускаються які-небудь залишки бруду. У зв'язку з різними умовами вирощування харчової рослинної сировини, такої, як томати, огірки, баклажани, морква, буряк, картопля та інше коріння, застосовують різні технологічні умови процесу видалення бруду. Надґрунтові частини рослини на своїй поверхні несуть значно менше забруднень, а коріння забруднено більш інтенсивно і кількість бруду на його поверхні після збирання складає, залежно від розміру плодів, значно більше. У зв'язку з цим технологічні процеси миття різної рослинної сировини відрізняються один від одного. Основною речовиною, якою видаляють бруд з поверхні рослинної сировини, є вода на всіх етапах процесу миття (відмочування, руйнування бруду, чистове ополіскування). Для процесів миття рослинної сировини використовується чиста питна вода, бактеріально чи хімічно забруднена вода не допускається ні для якого етапу процесу миття. Для миття надґрунтової частини харчової рослинної сировини на сучасному обладнанні витрачається до 1 літра води на 1 кг сировини, при митті коріння витрати води майже в два рази більші. У зв'язку з тим, що кількість питної води в природі зменшується і ціни на неї зростають, питання раціональних витрат води на процес миття є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Науково-дослідні роботи щодо процесів миття у консервному виробництві, в основному, були направлені на миття герметичної обігової скляної консервної тари. Питанню раціональних витрат води на процес миття рослинної сировини наука особливої уваги не звертала, крім удосконалення конструкцій існуючих мийних машин. Частіше ці зміни полягали в тому, щоб якимось чином інтенсифікувати процес відмочування бруду за рахунок використання активаторів, використання поверхневих струменів води, застосування оборотної води для попереднього ополіскування. Ці методи потребують встановлення відповідних пристроїв, які збільшують вартість мийної машини та енерговитрати і лише незначно впливають на економію чистої питної води.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є визначення оптимальних параметрів технологічного процесу «сухого миття», яке значно зменшує кількість ґрунтових забруднень на рослинній сировині до миття водою.

Основна частина.

Доцільно при проведенні процесу миття рослинної сировини яким-небудь методом відокремити частину забруднень до миття водою. Метою дослідження є визначення параметрів проведення процесу «сухого миття»: колової швидкості барабана секції «сухого миття» та ступеня завантаження робочої зони. Для визначення кількості ґрунтових забруднень, яке може бути видалено з поверхні рослинної сировини на етапі «сухого миття» без руйнування цілісності епідермісу і перидерми, був проведений експеримент на барабанній мийній машині для коріння моделі Ш24 - КМО. Для можливості регулювання кількості обертів барабана машини в її привід був введений регулятор частоти струму ATV28HU29M2. Відповідно, на рис. 1 схематично зображена барабанна мийна машина, використана як секція «сухого миття», ємність барабана $0,169 \text{ м}^3$.

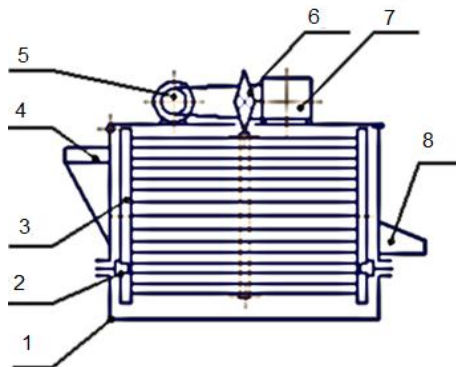


Рис.1. Схема барабанної мийної машини (секція «сухого миття»): 1 – ванна, 2 – опорні ролики барабана, 3 – барабан, 4,8 – завантажувальний і розвантажувальний лотки, 5 – електродвигун з

клинопасовой передачею та регулятором частоти струму, 6 – ланцюгова передача, 7 – черв'ячний редуктор.

Враховуючи те, що машина використовувалася для «сухого миття», експеримент проводився без подачі води у ванну і барабан машини. При проведенні експерименту використовували наступну сировину: картоплю - 60 кг, моркву - 60 кг, буряк - 60 кг.

Попередньо вимиту, просушену на повітрі сировину зважили, а потім забруднили підготовленим чорноземом. Для зважування використовували електронні ваги типу ТВЕ - 0,5-0,01.

Після просушування на повітрі сировину знову зважили і визначили її масу разом із забрудненнями. Сировину, розділену на партії по 15 кг (відповідає коефіцієнту завантаження $\phi = 0,15$) по черзі подавали в барабан мийної машини, потім включали привод і обробляли протягом 60 і 120 секунд. Число обертів барабана варіювали з кроком 5 об/хв від 5 до 25 об/хв.

Після кожної серії експериментів сировину зважували і таким чином визначали кількість відокремлених ґрунтових забруднень. Аналогічні експерименти були проведені при коефіцієнті завантаження барабана $\phi = 0,3$.

Користуючись даними, що наведені в літературі [1,2,3], і знаючи густину відповідного плода та його середні статистичні розміри, можна визначити кількість прилипло до нього ґрунту досить точно. Якщо керуватись вимогами ДСТУ та ТУ (1 % забруднень від маси сировини) [4,5,6], на рослинній сировині, що потрапляє на переробні підприємства, може перебувати від 0,3 ... 1,8 грамів до 5 ... 6 грамів прилипло ґрунту на одному плоді або на одному овочі. Тобто на кожні 100 грамів маси сировини приблизно припадає 1 грам ґрунтового забруднення.

Для того, щоб ускладнити умови проведення експерименту, прийнято п'ятикратне перевищення кількості ґрунтових забруднень на рослинній сировині в порівнянні з ДСТУ, тобто на кожні 100 грамів маси сировини припадатиме 5 грамів ґрунтових забруднень.

Таким чином, на першу партію картоплі масою 15 кг нанесено в цілому 750 грамів чорнозему. На другу партію у 30 кг нанесено, відповідно, 1500 грамів чорнозему. Аналогічно проводилось забруднення моркви та буряка. Отримані результати представлені у вигляді графіків (рис.2 та 3), на осі ординат яких наведений відсоток видаленого ґрунтового забруднення, а на осі абсцис - фіксована колова швидкість барабана при терміні обробки партій рослинної сировини 60 і 120 секунд.

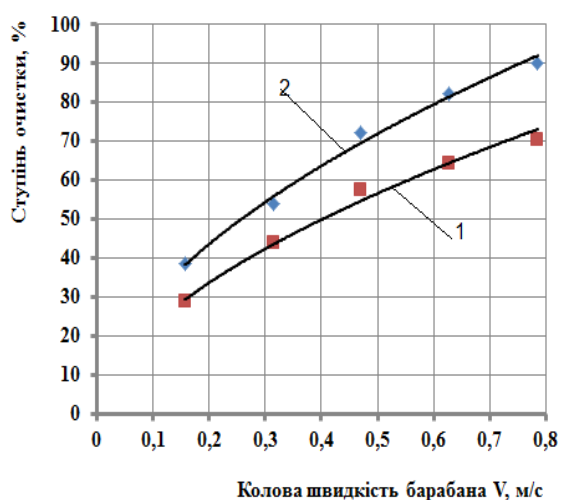


Рис. 2. Залежність видалених забруднень від колової швидкості барабана для порцій моркви 15 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с, 2 – 120 с.

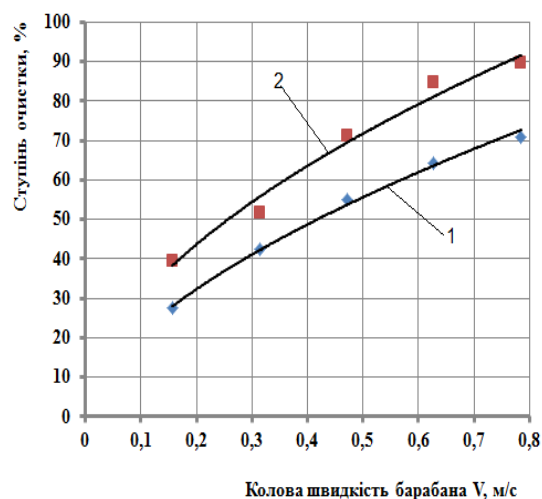


Рис. 3. Залежність видалених забруднень від колової швидкості барабана для порцій моркви 30 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с, 2 – 120 с.

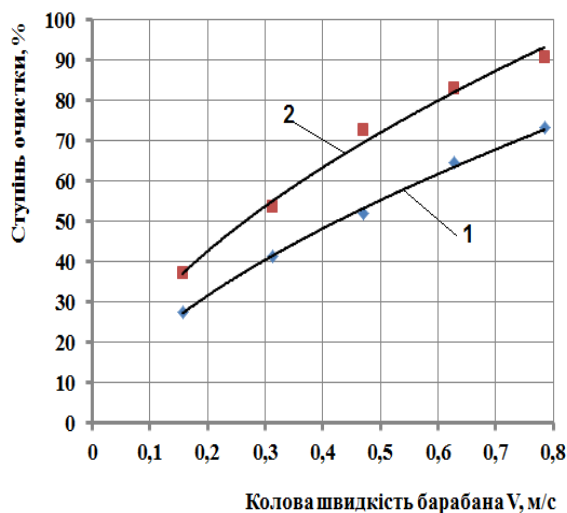


Рис. 4. Залежність видалених забруднень від колової швидкості барабана для порцій буряка 15 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с, 2 – 120 с.

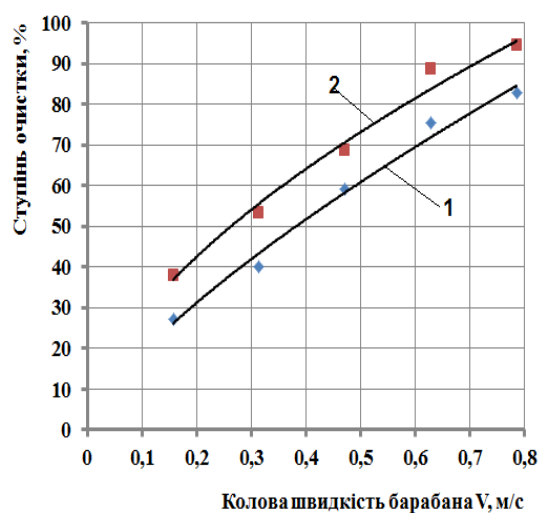


Рис. 5. Залежність видалених забруднень від колової швидкості барабана для порцій буряка 30 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с, 2 – 120 с.

Графічні залежності, які отримані при експерименті з картоплею, схожі з представленими на рис.2,3,4,5. З наведених графіків видно, що «сухе миття» забезпечує достатньо високий рівень очищення від ґрунтових забруднень. Найбільш прийнятним є діапазон колової швидкості барабана від 0,471 до 0,628 м/с. При коловій швидкості барабана 0,157 м/с ступінь видалення забруднень мала, а при

збільшенні колової швидкості барабана до 0,785 м/с сировина травмується, на ній з'являються сліди від ударів, потертості, порушується цілісність поверхні. При колій швидкості до 0,628 м/с сировина не відривається від внутрішньої поверхні барабана, а зісковзує по його поверхні і по поверхні решти сировини, відбувається інтенсивне руйнування ґрунтових забруднень за рахунок тертя об внутрішню поверхню барабана і сировини об сировину без порушення цілісності її поверхні [7]. При колій швидкості 0,785 м/с відсоток видалення ґрунтових забруднень хоча і більше, ніж при швидкості 0,628 м/с, але незначно і разом з тим швидкість осьового зміщення сировини зростає, а разом з нею довжина барабана. Крім того, підвищується відсоток сировини, яка травмується при падінні до 7 ... 9 %, а при «сухому митті» моркви до 12 %. Тому за робоче число обертів барабана прийнято $n_p = 20$ об/хв., що відповідає колій швидкості барабана $V_6 = 0,628$ м/с. При проведенні експерименту по «сухому миттю» помічено, якщо товщина забруднень на сировині від 0,5 мм і вище, то проведення «сухого миття» ефективно. Чим більше товщина шару, тим простіше його зруйнувати за допомогою «сухого миття». Це спостереження дає підставу розділити ґрунтові забруднення залежно від товщини шару забруднення на сировині: на забруднення плівкового характеру, якщо товщина шару менше 0,5 мм; на забруднення фрагментарно-грудкуваті, якщо товщина більше 0,5 мм.

Аналізуючи процес «сухого миття», можна зробити висновок про те, що за допомогою цього процесу руйнуються когезійні зв'язки ґрунтових забруднень і кількість забруднень на поверхні рослинної сировини зводиться до мінімуму. Забруднення, що залишилися на сировині можна класифікувати як плівкові. У свою чергу, ці забруднення легко видаляються за допомогою направленою потоку рідини при безперервній взаємодії (терті) сировини об сировину і об внутрішню поверхню барабана машини. Крім того, «сухе миття» дозволяє значно скоротити витрати чистої питної води, що застосовується для миття харчової рослинної сировини.

Відомо, що для барабанних мийних машин коефіцієнт завантаження сировиною невеликий і дорівнює $\varphi = 0,02 \dots 0,12$ [8]. Через це барабанні машини для миття рослинної сировини мають велику довжину (від 3,5 до 4,5 м) та невелику продуктивність.

Для визначення ступеня завантаження або коефіцієнта використання барабана був розглянутий діапазон завантаження барабана φ від $\varphi = 0,1$ до $\varphi = 0,6$ з кроком 0,1 та діапазон часу обробки від 30 с до 180 с з кроком 30 с.

Експеримент проводили з картоплею. Кожну партію сировини

зважували, потім забруднювали чорноземом і залишали підсихати на добу при кімнатній температурі. Після цього знову зважували і завантажували в барабан машини. Після закінчення встановленого періоду часу роботи барабана сировину витягали з машини і знову зважували. Таким чином, визначали відсоток видаленого забруднення за певний проміжок часу при одній і тій же колівій швидкості барабана. Маса нанесеного забруднення у 5 разів перевищувала норми, допустимі ДСТУ та ТУ. За результатами побудований графік, рис. 6.

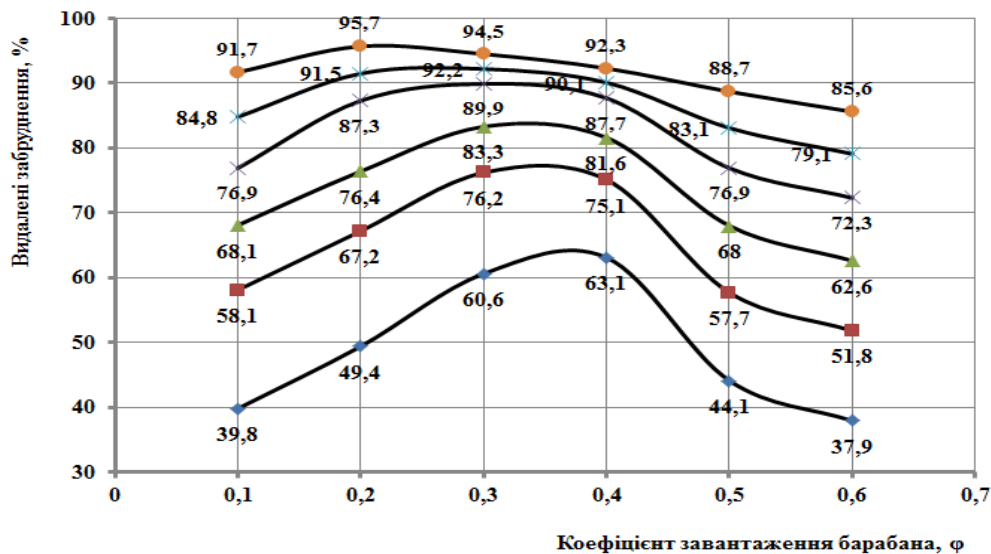


Рис. 6 Залежність кількості відокремленого забруднення від коефіцієнта завантаження барабана і часу обробки: 1 - час обробки 30 с, 2 - 60 с, 3 - 90 с, 4 - 120 с, 5 - 150 с, 6 - 180 с.

Аналізуючи графік, можна зробити висновок про те, що при ступеню завантаження барабана $\phi = 0,3 \dots 0,4$ і при терміні обробки 30, 60, 90, 120 секунд маємо на відповідних проміжках часу максимальний ступінь очищення сировини від забруднень. При терміні обробки 150 ... 180 с максимальний ступінь очищення від забруднень спостерігається при ступені завантаження $\phi = 0,2$. Однак більший час обробки сировини в барабані вимагає більшої довжини барабана, що призводить до збільшення металоємності, відповідно збільшуються витрати на споживану потужність і в підсумку зростають матеріальні витрати. При завантаженні $\phi = 0,5 \dots 0,6$ спостерігається тенденція до зменшення ступеня очищення на кожному відрізку часу. Це пояснюється тим, що в барабані скорочується об'єм вільного простору і, таким чином, зменшується кількість контактів сировини з сировиною і з внутрішньою поверхнею барабана, що призводить до зменшення ступеню очищення. З метою

звуження пошуку області мінімальних затрат та відповідних їй ступенів очищення рослинної сировини від забруднень, та користуючись програмою Table Curve 3D, була отримана залежність, яка обчислена за допомогою програми Mathcad 11 Enterprise Edition Shortcut [9]. У результаті отримуємо, що найменші витрати в матеріальному виразі при використанні «сухого миття» коренеплодів досягаються при коефіцієнті заповнення барабана φ від 0,131 до 0,178, при цьому ступінь очищення сировини від забруднень знаходиться у межах від 63 до 68 %. Це дозволяє економити від 63 до 68 % чистої питної води. Отримані дані можна оптимізувати. Завдання оптимізації полягає у знаходженні мінімальних експлуатаційних витрат на «сухе миття» і вартості витрат води на доочистку рослинної сировини від забруднень у секції миття водою у залежності від ступеню очищення сировини від забруднень (у секції «сухого миття») та коефіцієнта завантаження секції «сухого миття». Для цього розрахунковим шляхом були визначені технологічні, енергетичні параметри в залежності від ступеня завантаження секції «сухого миття». Потім за відомими залежностями, які використовують при проведенні економічних розрахунків, були визначені вартісні характеристики. Після цього були побудовані цільові функції для коефіцієнтів завантаження барабана «сухого миття»: $\varphi = 0,1$; $\varphi = 0,2$; $\varphi = 0,3$; $\varphi = 0,4$; $\varphi = 0,5$; $\varphi = 0,6$. У якості прикладу наведений графік (рис.7) цільової функції при коефіцієнті завантаження $\varphi = 0,6$.

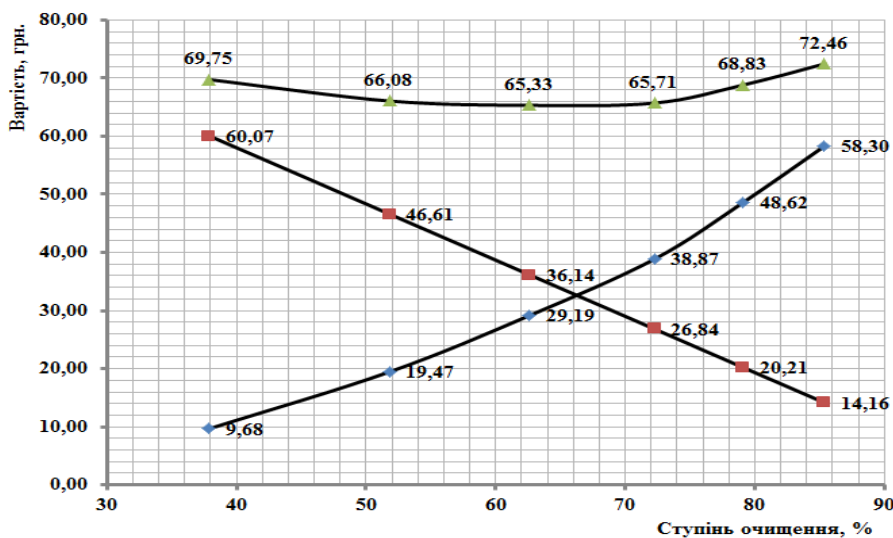


Рис.7. Побудова цільової функції при ступені завантаження барабана $\varphi = 0,6$: 1 - витрати на «сухе миття», 2 - вартість витрат води на доочистку, 3 - витрати на «сухе миття» і доочистку (цільова функція)

Цільова функція на графіку являє собою залежність виду:

$$B = BC + BV \quad (1)$$

де, B – загальні витрати, грн.; BC витрати на «сухе миття», грн.;

BV - витрати на воду для змивання залишкових забруднень, грн..

Побудовано графік (рис. 8), який об'єднує усі мінімальні цільові функції, за якими були знайдені мінімальні витрати на процес «сухого миття» і відповідні цим затратам коефіцієнти заповнення барабана і ступеня очищення від забруднень.

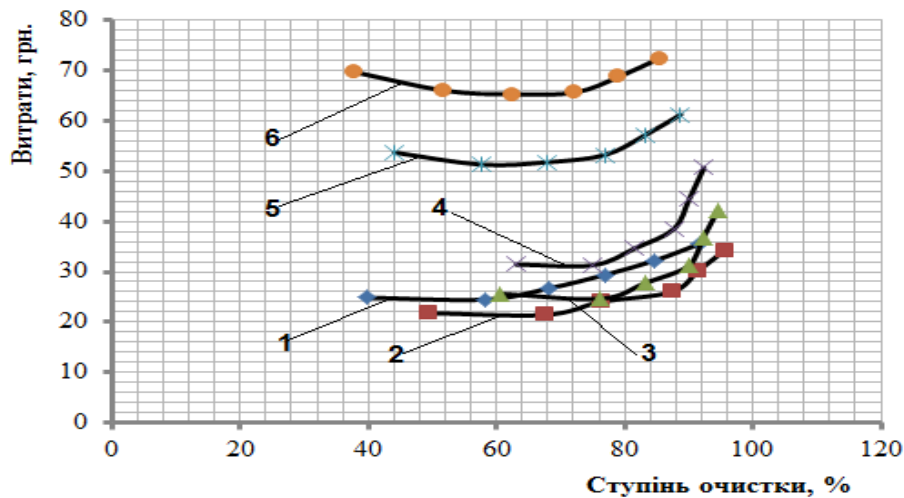


Рис. 8. Мінімальні цільові функції при коефіцієнтах завантаження: 1 - $\varphi = 0,1$; 2 - $\varphi = 0,2$; 3 - $\varphi = 0,3$; 4 - $\varphi = 0,4$; 5 - $\varphi = 0,5$; 6 - $\varphi = 0,6$.

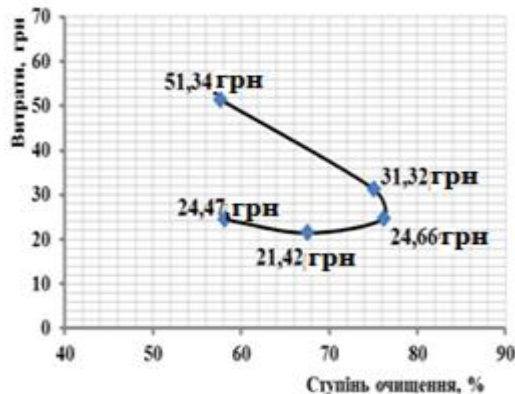


Рис. 9 Залежність витрат на «сухе миття» від ступеня очищення.

З цього графіка видно, що найбільші фінансові витрати потрібні при ступені завантаження барабана «сухого миття» $\varphi = 0,5$ і $\varphi = 0,6$. Виключимо з розгляду криву 6, де закладені найбільші фінансові витрати, та будемо графік залежності фінансових витрат на процес «сухого миття» від ступеня очищення рослинної сировини від забруднень (рис.9). З графіка можна бачити, що чотири значення, що відображають фінансові витрати на «сухе миття», досить близькі, а п'яте значення відрізняється значно. Відповідно графіку (рис. 10), що демонструє залежність витрат від коефіцієнта завантаження барабана, можна бачити, що коефіцієнт завантаження барабана $\varphi = 0,32 \dots 0,34$ дає найбільший ступінь очищення від забруднень (приблизно 76%).

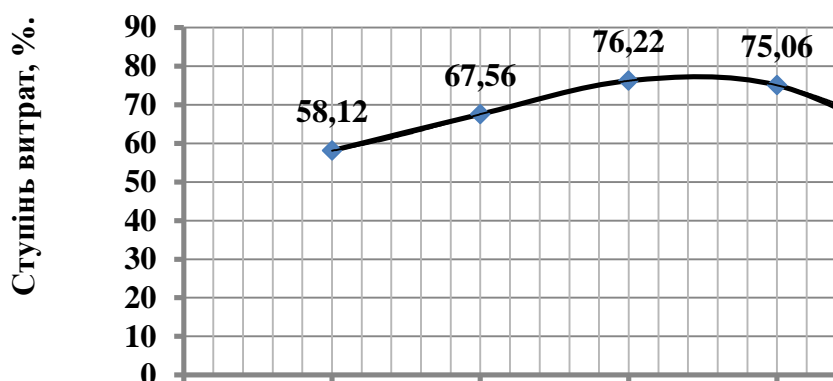


Рис. 10. Залежність витрат від коефіцієнта завантаження барабана.

Висновки. Визначена колова швидкість барабана для «сухого миття», яка дорівнює 0,6...0,63 м/с, при цій швидкості досягається режим руху сировини в барабані, при котрому сировина ковзає по внутрішній поверхні барабана та по решті сировини, це не призводить до травмування коренеплодів. При режимі, який прийнято в промисловості, сировина підіймалася на певну висоту, а потім падала в барабан та на решту сировини, що призводило до травмування коренеплодів. Оптимізація експерименту «сухого миття» коренеплодів дозволяє обрати оптимальний ступінь очищення сировини від бруду, що дорівнює 70...76 %, а також визначити оптимальний коефіцієнт завантаження барабана, $\varphi = 0,32..0,34$. Таким чином можна збільшити продуктивність барабанних мийних машин у 2 рази без збільшення їх габаритів, відповідно не збільшується металоємність машини. Крім того, за рахунок використання «сухого миття» витрати чистої питної води зменшуються приблизно на 70 % від прийнятих у консервному виробництві.

Література:

1. Казанцева, Н.С. Товароведение продовольственных товаров [Текст] / Н.С. Казанцева. – М.: Дашков и К⁰, 2007. – 400 с.
2. Тимофеева, В.А. Товароведение продовольственных товаров: учеб. [Текст] / В.А. Тимофеева. – [5-е изд.] – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 416 с.
3. Цереветинов, Ф.В. Химия и товароведение свежих плодов и овощей [Текст] / Ф.В. Цереветинов. – [3-е изд.]. – М.: Госторгиздат, 1949. – Т.2. — 193 с.
4. Картопля рання та продовольча. Настанови щодо постачання и контролювання якості: ДСТУ ЕСК ООН FFV - 52:2007. – [Чинний від 2007-24-12]. – К.: Держспоживстандарт України 2007. – 10 с. – (Національний стандарт України).

5. Морква столова молода свіжа. Технічні умови: ДСТУ 286-91 – [Чинний від 1992.01.01.]. – К.: Держспоживстандарт України, 1992. – 18 с.

6. Огірки свіжі. Технічні умови: ДСТУ 3247-95 – [Чинний від 1997-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1998. – 24с.

7. Пат. на корисну модель 79949 Україна, МПК А 23 N 12/02. Спосіб миття коренеплодів /Всеволодов О.М., Гладушняк О.К.; заявник та патентовласник Одес. нац. акад. харч. технологій. – № у 2012 12308; заявл. 29.10.2012; опубл. 13.05.2013, Бюл. №9.

8. *Всеволодов, А.Н.* Обоснование режимов мойки пищевого растительного сырья: дис. ... канд.техн.наук: спец. 05.18.12. «Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств» / Всеволодов А.Н. – О., 2013. – 196 с.

РАЦИОНАЛЬНЫЙ СПОСОБ МОЙКИ КОРНЕПЛОДОВ В БАРАБАННЫХ МОЕЧНЫХ МАШИНАХ

Всеволодов А.Н.

Аннотация – данная работа посвящена обоснованию возможности снижения расхода чистой воды при проведении технологического процесса мойки корнеплодов, а также определению окружной скорости в барабане моечной машины при проведении процесса «сухой мойки» для обеспечения режима, который не травмирует сырье, во-первых. Во-вторых, нахождению коэффициента загрузки барабана «сухой мойки» и его оптимизации по минимальным финансовым затратам.

RATIONAL METHOD OF ROOT CROPS IN DRUM-TYPE MACHINES WASHING

Vsevolodov A.

Summary

This study work is aimed a to substantiate the possibility to shorten a pure water consumption in the course of the technological process of root crops washing. Another purposes are, the first is to determine a radial velocity in the washing machine drum during the process of “dry washing” in order to secure a mode to avoid raw materials injury, and, secondly, to a find out a quotient of loading of a "dry washing” barrel and optimize it with minimal financial costs & expenses.