

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ВСЕВОЛОДОВ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

Всеволодов.

УДК 664.022-035.2:621.928.47

**ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ МИТТЯ
ХАРЧОВОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса - 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій

Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор,
заслужений винахідник України
Гладушняк Олександр Карпович, Одеська
національна академія харчових технологій,
кафедра технологічного обладнання харчових
виробництв, завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор,
Пушанко Микола Миколайович
Національний університет
харчових технологій, кафедра технологічного
обладнання та комп'ютерних технологій
проектування, професор кафедри;

- кандидат технічних наук, доцент
Крисак Федір Миколайович,
Луцький національний технічний університет,
кафедра інженерного та комп'ютерного забезпечення
агропромислового комплексу,
докторант кафедри.

Захист відбудеться **24 жовтня 2013 року о 10³⁰** годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 Одеської національної
академії харчових технологій, за адресою: вул. Канатна, 112, м. Одеса,
65039 в ауд. А – 234.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської
національної академії харчових технологій, за адресою: вул. Канатна, 112,
м. Одеса, 65039.

Автореферат розіслано **19 вересня 2013 року**.

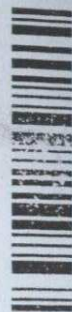
Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент



Г.І. Палвашова

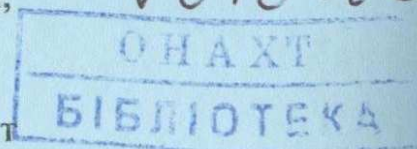
ОНАХТ 02.10.1

Обґрунтування режимі



v018186

v018186



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Процес видалення бруду з поверхні рослинної сировини, котра використовується для виготовлення консервованих харчових продуктів є одним із основних технологічних процесів загальної технології консервного виробництва. Бруд на рослинній сировині – це в основному мінеральні речовини з включеннями в них органічних, мікробіологічних і хімічних складових.

Для виготовлення рослинних консервованих продуктів харчування на рослинній сировині, яка використовується для цих цілей, не допускаються які-небудь залишки бруду. В зв'язку з різними умовами вирощування харчової рослинної сировини такої як, наприклад, томати, огірки, баклажани, морква, буряк, картопля та інше коріння і різні технологічні умови процесу видалення бруду. Надґрунтові рослини на своїй поверхні несуть значно менше забруднень, а коріння забруднено більш інтенсивно і кількість бруду на їх поверхні після збирання складає, залежно від розміру плодів, значно більше. В зв'язку з цією обставиною технологічні процеси миття різної рослинної сировини відрізняються один від другого.

Основною речовиною для видалення бруду з рослинної сировини є вода на всіх етапах процесу миття (відмочування, відокремлення бруду, чистове ополіскування). Винятком є процес видалення бруду від коріння сухим способом перед миттям водою. 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 харчової рослинної сировини на сучасному обладнанні витрачається до 1 літру води на 1 кг сировини, при митті коріння витрати води майже в два рази більші. В зв'язку з тим, що кількість питної води в природі зменшується і ціни на неї зростають, питання раціональних витрат на процес миття, є актуальним. Тим більше що питанню раціоналізації витрат води на процес миття рослинної сировини наука не звертала уваги, крім змін конструкцій існуючих мийних машин. Науково-дослідні роботи по процесам миття в консервному виробництві в основному були направлені на миття герметичної обігової скляної консервної тари.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалась згідно з науковим напрямком роботи кафедри технологічного обладнання харчових виробництв Одеської національної академії харчових технологій «Розробка нового та модернізація існуючого обладнання харчових виробництв».

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є встановлення оптимальних параметрів роботи мийних машин для різних видів рослинної харчової сировини.

Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- дослідити адгезійно-когезійні властивості різних ґрунтів, котрі являються забрудненням для рослинної сировини,
- визначити вологість ґрунтів, при якій сила адгезії забруднення до поверхні сировини максимальна,
- визначити тривалість, необхідну для досягнення визначеним ґрунтом вологості, при якій сила адгезії до поверхні сировини максимальна,
- визначити залежність між розмивною швидкістю потоку і зусиллям від-

риву забруднення від рослинної сировини,

- дослідити вплив швидкості потоку води на процес відокремлення забруднень від рослинної сировини,
- розробити методику визначення сили адгезії бруду до поверхні рослинної сировини,
- розробити методику визначення оптимальної швидкості руху води по поверхні рослинної сировини під час відмочування бруду,
- встановити оптимальні параметри роботи модернізованих мийних машин для рослинної сировини,
- розробити математичну модель процесу миття рослинної сировини,
- визначити оптимальні параметри технологічного процесу «сухого миття»,
- рекомендувати технологічні і геометричні параметри машини для процесу миття рослинної сировини.

Об'єкт дослідження – параметри технологічних процесів миття рослинної сировини.

Предмет дослідження – режими ступеневого (послідовного) видалення забруднень шляхом «сухого миття» та миття безпосередньо чистою питною проточною водою.

Методи дослідження – комплекс традиційних і сучасних фізичних і математичних методів досліджень, методи теорії подібності та комп'ютерного аналізу при оптимізації.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті досліджень використання води на всіх трьох етапах процесу миття встановлено:

- при комбінуванні процесів «сухого миття» з традиційними принципами видалення забруднень, і узгодженні режимів миття при двоступеневому методі можна значно знизити витрати чистої питної води та зберегти високі параметри якості миття,
- вперше визначено математичну модель у вигляді критеріального рівняння, що дозволяє оцінити кількість видалених забруднень від режимних та конструкційних параметрів,
- отримана залежність для визначення розмивної швидкості потоку,
- вперше визначено величину сил адгезії різних складів бруду, основою котрих є мінеральні речовини (грунти),
- визначено величину вологості бруду при котрій сила адгезії досягає максимуму, а також вологість при котрій ґрунт отримує текучі властивості,
- визначено термін необхідний для зволоження забруднень, при котрому сила адгезії максимальна,
- обґрунтовано і оптимізовано параметри етапів «сухого миття» і миття водою.

Практичне значення отриманих результатів. Встановлена математична закономірність яка дозволяє визначити параметри мийної машини, отримані данні про максимальні зусилля відриву забруднень від поверхні рослинної сировини, встановлено, що для зменшення бруду на рослинній сировині перед миттям водою доцільно

використати технологічний процес «сухого миття», визначені оптимальні параметри етапів процесу миття рослинної сировини, за допомогою яких можливо зменшити витрати питної води на 70...76 % від прийнятих у промисловості.

Результати досліджень підтверджуються авторським свідоцтвом № 1697706, та 6 патентами України на винахід та корисну модель № 1767 А, № 15056 А, № 35784; № 36705, № 42881, на винахід № 90749; позитивне рішення, що стосується заявки № u 2012 12308; позитивне рішення, що стосується заявки № u 2012 12306. Рекомендації по параметрам миття рослинної сировини використовуються на ПАТ ПО «Одеський консервний завод», ТОВ «Борисівський агрокомбінат». ПАТ «Каховський експериментальний механічний завод» використовує отримані технологічні параметри при розробці машин для миття рослинної сировини.

Особистий внесок здобувача. Автор сформулював мету і задачі роботи, розробив програму і методику досліджень. Виконав дослідження адгезійно-когезійних властивостей бруду рослинної сировини, процесів барботування води різними способами, визначив вплив швидкості потоку води на процес руйнування та видалення бруду з поверхні рослинної сировини. Визначив параметри етапу «сухого миття». Розробив математичну модель процесу миття рослинної сировини, розробив методики досліджень процесів миття рослинної сировини. Автор був основним виконавцем під час проведення і математичного опрацювання результатів експериментів, у підготовці публікацій і патентної документації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися на наукових конференціях професорсько-викладацького складу ОНАХТ, у 2004...2007 рр, 2009, 2010, 2012, 2013 роках.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 друкованих праць, у тому числі 7 – в наукових фахових виданнях, 1 – авторське свідоцтво СРСР, 1 – патент України на винахід, 3 – патенти України на корисну модель, 2 – позитивних рішення на корисну модель та 2 – патенти України без експертизи по суті, тези і доповіді на науковій конференції.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота обсягом 151 сторінок складається із вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, що включає 138 найменувань (12 стор.), 9 додатків (32 стор.), 73 рисунків (45 стор.), 17 таблиць(16 стор.).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі викладена загальна характеристика роботи – актуальність теми, зв'язок з науковими програмами, сформульовані мета й завдання досліджень, наукова новизна, практичне значення й особистий внесок автора, представлена апробація дисертаційної роботи, публікації автора.

У першому розділі «Задачі і способи проведення процесу миття рослинної сировини» розглянуто види забруднень рослинної сировини та їх властивості, наведена характеристика ґрунтів, а також вимоги до води, як до основного робочого агенту. Розглянуто вимоги до технологічного процесу миття, а також способи руйнування забруднень на рослинній сировині. Проведено аналіз сучасного вітчизняного і закордонного обладнання для проведення технологічного процесу миття. Наведено і проаналізовано методики розрахунку часу, необхідного на процес миття рослинної сировини при використанні різних режимів миття.

У другому розділі «Моделювання процесу утворення, руйнування забруднень на поверхні рослинної сировини» наведено структуру роботи (рис.1), модель утворення і руйнування забруднень, основні гіпотези процесу адгезії.



Рис.1. Програма досліджень.

Аналіз існуючих теорій, концепцій і гіпотез, що розкривають сутність процесу адгезії, дозволив з безлічі існуючих підходів виділити ті, які в тій чи іншій мірі узгоджуються з питаннями, які досліджуються: механічна гіпотеза, адсорбційна теорія, електрорелаксаційна теорія, термодинамічна концепція, енергетичний підхід Гріффіта. Згідно механічної гіпотези, адгезія пов'язана з попаданням забруднення в мікротріщини, мікропори, макро-нерівності поверхні рослинної сировини, у зв'язку з чим, цілком логічно її використання при розгляді адгезії забруднень до поверхні овочів з урахуванням наявності на ній мікродфектів. Грунт має високо пористу структуру, причому при певній вологості пористість певного виду ґрунту може збільшуватися. У цьому випадку слід очікувати зниження впливу на адгезійну міцність деформаційної (когезійної) складової і можна припустити, що адгезійна міцність буде, в основному, визначатися її зчепленням з поверхнею рослинної сировини (адгезійною складовою). Це робить правомірним вибір механізму формування адгезійної міцності, обумовлений у механічній гіпотезі. Розглянуто аналітичні закономірності процесу миття рослинної сировини, тобто: гідродинамічну дію при обтіканні рослинної сировини рідиною, гідродинамічну дію струменя на поверхню рослинної сировини при чистовому ополіскуванні. Літературні дані щодо величини розмивних

швидкостей потоку для харчової сировини відсутні. В зв'язку з цим розглянуто фізично подібні до процесу миття харчової сировини процеси розмиття ґрунтових каналів. Побудовані графіки залежності допустимих середніх швидкостей від середньої глибини потоку для деяких ґрунтових каналів. Використано принцип аналітичного продовження, отримано діапазон розмивних швидкостей для рослинної сировини 0,1...1 м/с в інтервалі глибин 0,05...0,4 м.

Фізико-механічні властивості забруднень рослинної сировини впливають на величину розмивної швидкості у мийній машині. Математичну модель цих фізико-механічних властивостей, представляє лінія межі текучості, яка визначається зсувними і розривними характеристиками забруднень.

Лінія межі текучості (ЛМТ) ґрунту визначає напружений стан, при якому починається руйнування його структури. Формула ЛМТ в загальному вигляді описується наступним чином:

$$\tau = f(\sigma_p), \quad (1)$$

тут, σ_p – нормальне напруження, τ – дотичне напруження.

Подальші математичні перетворення допомагають отримати правило вибору швидкості потоку, що розмиває:

$$v > \sqrt{\frac{2\sigma_p}{\rho_g}}. \quad (2)$$

тут, ρ_g – щільність ґрунту.

Якщо врахувати пористість ґрунту, яка досягає 30...50 %, то вираз (2) виглядає:

$$v = (0,3...0,5) \sqrt{\frac{2\sigma_p}{\rho_g}}. \quad (3)$$

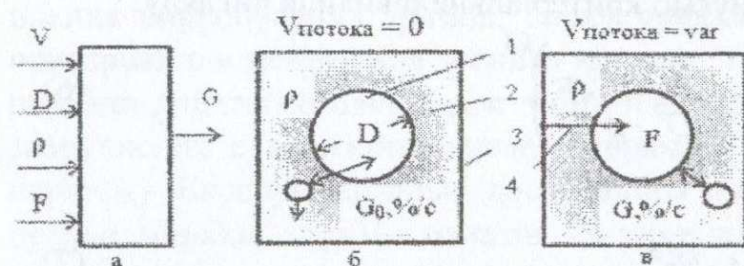


Рис. 2. Схема процесу миття: а) параметрична, б) при відсутності потоку, в) в потоці: 1 – забруднення, 2 – середовище (вода), 3 – сміття, 4 – вектор дії потоку, 5 - частинка забруднення.

Розмивні швидкості, розраховані за формулою (3), що отримана в результаті аналітичного моделювання, лежать у межах 0,3...0,45 м/с. Зауважимо, що швидкість потоку, що омиває, тісно корелює з розглянутої раніше розмивною швидкістю. У першому наближенні ці швидкості можна прийняти рівними. Так можна вийти, по-перше на рекомендації для гідродинамічного режиму у мийній машині, по-друге, отриманий вираз свідчить про необхідність визначення адгезійно-когезійних характеристик ґрунтових забруднень. Миття рослинної сировини від ґрунтових забруднень на першому етапі являє собою процес набухання забруднень. Надалі, на другому етапі, видалення забруднень відбувається завдяки взаємних контактів сировини і дії потоку води, що характеризується розмивною швидкістю. Складаємо схему процесу миття (рис.2). На продуктивність по забрудненням G , кг/с впливає:

швидкість потоку V , м/с;

- щільність рідини ρ , кг/м^3 ;
- зусилля відриву необхідне для подолання сил адгезії F , Н ;
- визначальний розмір D , м

В даному випадку надійним способом отримання структур критеріальних рівнянь є метод аналізу розмірностей. На основі його загальних принципів встановлюємо вид критеріального рівняння для розрахунку продуктивності по забрудненням G .

Припустимо, V , D , ρ , F мають невідомі показники ступеня k_1 , k_2 , k_3 , k_4 , і запишемо:

$$G = V^{k_1} \cdot D^{k_2} \cdot \rho^{k_3} \cdot F^{k_4} \quad (4)$$

Всі ці параметри складаються з трьох основних розмірностей: діаметру (D), часу (t), маси (M). Розмірності параметрів, що входять в рівняння (4), відомі, його можна записати у вигляді:

$$(M \cdot t^{-1}) = (L \cdot t^{-1})^{k_1} \cdot (D)^{k_2} \cdot (M \cdot L^{-3})^{k_3} \cdot (M \cdot L \cdot t^{-2})^{k_4} \quad (5)$$

Умови безрозмірності цього виразу виводяться безпосередньо з рядка в розмірної матриці.

Таблиця 1

Розмірна матриця

	V	D	ρ	F	Рівняння
M	0	0	k_3	k_4	$k_3+k_4=1$
t	$-k_1$	0	0	$-2k_4$	$-k_1-2k_4=-1$
L	k_1	k_2	$-3k_3$	k_4	$k_1+k_2-3k_3+k_4=0$

Вирішуємо у символічному вигляді систему рівнянь табл. 1, підставляємо в рівняння (3). Згідно π -теоремі прогнозується 2 безрозмірних комплекси (5 змінних, 3 основних розмірності).

Групуючи окремі величини, отримуємо критеріальне рівняння вигляду:

$$\frac{G}{(V \cdot D^2 \cdot \rho)} = \left(\frac{1}{V^2 \cdot D^2 \cdot \rho} \cdot F \right)^{k_4}, \quad (6)$$

або:

$$\frac{G}{G_0} = A \cdot Ne^b, \quad (7)$$

де, $\frac{G}{G_0}$ – безрозмірна продуктивність за кількістю видалених забруднень,

G – продуктивність при швидкості потоку: $V = \text{var}$,

G_0 – продуктивність при швидкості потоку: $V = 0$,

Ne – число Ньютона модифіковане,

A, b – константи.

У нашому випадку застосовуємо модифікований критерій Ньютона, у вигляді:

$$Ne = \frac{\rho \cdot D^2 \cdot V^2}{F}, \quad (8)$$

і представляє собою відношення кінетичної енергії потоку до сили необхідної для подолання адгезії.

де, ρ – щільність потоку води, кг/м^3 ;

D – визначає розмір (в нашому випадку діаметр зразка забруднення), м;

V – швидкість потоку води, м/с;

F – сила адгезії, Н;

Невідомі коефіцієнти в рівнянні (7) необхідно визначити після узагальнення експериментальних даних.

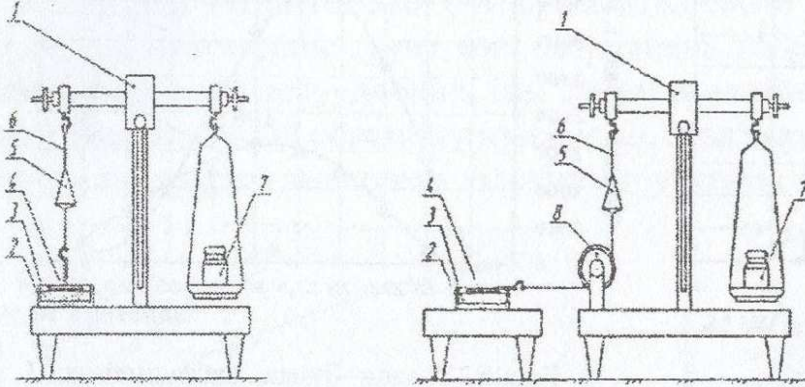


Рис. 3. Адгезіометри тип 1 і тип 2: 1–ваги важільні, 2–чаша, 3–зразок забруднення, 4–диск з зразком шкірки сировини, 5–противага, 6–сталева нитка, 7–гиря, 8–блок.

визначення параметрів сухої мийки; визначення залежності кількості вимитого забруднення від швидкості потоку води. Для кожного з експериментів розроблено методику їх проведення на відповідній експериментальній установці. На рис. 3 зображено схеми експериментальних установок для визначення адгезійно-когезійних характеристик забруднень харчової рослинної сировини. Адгезіометр типу 1 вимірює зусилля відриву шкірки коренеплоду від відповідного ґрунту у вертикальному напрямку, адгезіометр типу 2 вимірює зусилля відриву у дотичному напрямку. Адгезіометр першого типу (рис. 3) складається з трьох основних вузлів: пристрою для кріплення випробуваних зразків, блоку прикладення сили відриву і вимірювального пристрою для визначення зусилля відриву. У адгезіометрі другого типу (рис.3) встановлено додатково блок 8 для зміни напрямку відриву шкірки сировини від зразка забруднення в горизонтальному напрямку. В іншому його пристрій аналогічний першому. Експериментальні дослідження проводилися на зразках шкірки картоплі, буряка, моркви, огірків і томатів. Як забруднення рослинної сировини використовувалися: глина, чорнозем. Силу відриву визначали з виразу:

$$F_{omp} = \sum_{i=1}^n m_i g \quad (9)$$

Зусилля відриву, що і буде характеризувати адгезію зразка певної вологості, визначалося за виразом:

$$\sigma = \frac{F_{omp}}{S} \quad (10)$$

З наведених графіків (рис. 4 і 5) видно, що зі збільшенням вологості забруднень зусилля відриву зростає і досягає свого максимального значення, після чого

спостерігається зменшення зусилля відриву, яке в залежності від властивостей забруднення та рослинної сировини, досягає свого мінімального значення. При досягненні цього значення, подальше збільшення вологості вже не впливає на зусилля відриву. Графіки, які відображують взаємодію забруднень з іншими зразками (морква,

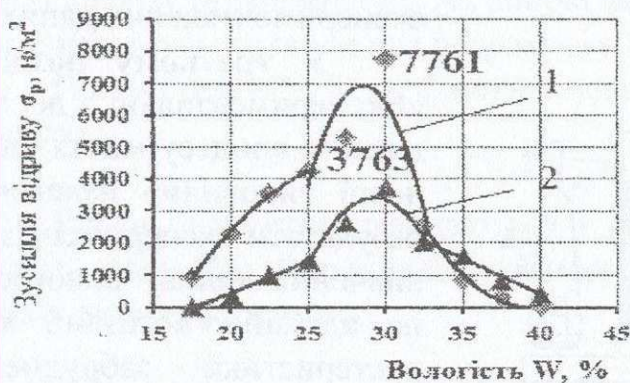


Рис. 4. Зразок – буряк, забруднення: 1–глина, 2–чорнозем.

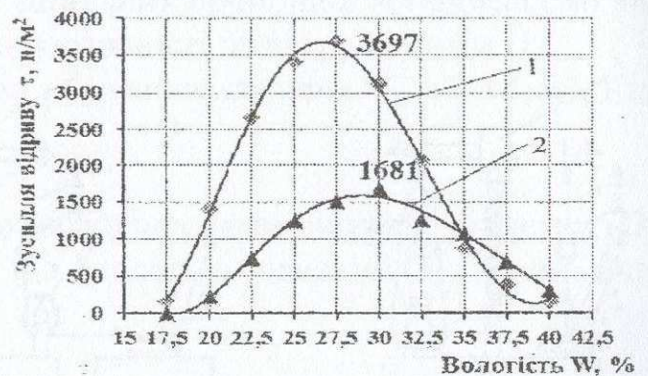


Рис. 5. Зразок – буряк, забруднення: 1–глина, 2–чорнозем.

огірки, томати) відрізняються тільки величиною максимального зусилля відриву, яке набирає свого максимального значення при вологості від 27% до 28%, для всіх використаних зразків. Потім був проведений аналогічний експеримент за визначенням максимального зусилля відриву шкірки рослинної сировини від забруднень у дотичному напрямку (рис. 5). Методика підготовки зразків і проведення експерименту, така ж, як і в попередньому експерименті. Аналізуючи отримані графіки можна зробити наступні висновки: максимальне зусилля відриву шкірки сировини від глини в 2,1...3 рази більше, ніж від чорнозему. Пояснюється це тим, що структура глини більш тонка й однорідна, при взаємодії з водою і набряканні площа контакту часток глини з поверхнею сировини більше ніж у чорнозему. Структура чорнозему інша, в ньому присутній гумус. Також в чорноземі присутні неспецифічні складові: смоли, воски, жири. Зазначені речовини гідрофобні. Це, у свою чергу, говорить про те, що чорнозем у воді буде набухати повільніше глини. При відриві в вертикальному напрямку зусилля відриву шкірки сировини від глини в 2...3 рази менше, ніж при відриві по вертикалі. При відриві дотичному напрямку (рис.5) зусилля відриву шкірки сировини від чорнозему в 2...2,2 рази менше, ніж при відриві по вертикалі. Це говорить про те, що зруйнувати адгезійно-когезійну взаємодію сировини і забруднення легше в дотичному напрямку. Після точки з вологістю 35% і у випадку відриву у вертикальному напрямку і в горизонтальному напрямку спостерігається повільне зниження величини зусилля відриву, це говорить про те, що на ділянці вологості $W=32,5...40\%$:

$$\sigma > F_a + F_k \quad (11)$$

де, σ - поверхневий натяг, н/м.,

F_a – сила адгезії, Н,

F_k – сила когезії, Н.

Завданням серії експериментів з кінетики набору вологості забрудненнями харчової рослинної сировини є визначення часу відмочування забруднень, коли зусилля відриву зменшується. В якості зразків забруднень харчового рослинної сировини були обрані глина і чорнозем, так як вони мають найбільш виражену адгезійну здат-

ність. З кожного виду забруднень було виготовлено зразки масою 5 г., 10 г., 20 г. Отримано характерні кінетичні криві для зразків різної маси. Ці зразки виготовлено з метою визначення часу тривалості необхідного для набору вологості відповідної максимальному і мінімальному зусиллю відриву і впливу на цей термін маси зразків (рис.6,7). Зразки з чорнозему вбирають вологу приблизно в 2 рази повільніше, чим глина. При збільшенні маси зразка чорнозему в 4 рази, час набору вологості зростає в 7 раз. Згідно з отриманими експериментальними даними можна зробити висновок про те, що чим менше ґрунтових забруднень на рослинній сировині, тим швидше волога проникає в забруднення, тим самим розклинює, частки забруднення і таким чином зменшуючи їх когезійну взаємодію. У зв'язку з цим, потрібно попередньо (без застосування води) зменшити кількість ґрунтових забруднень на рослинній сировині.

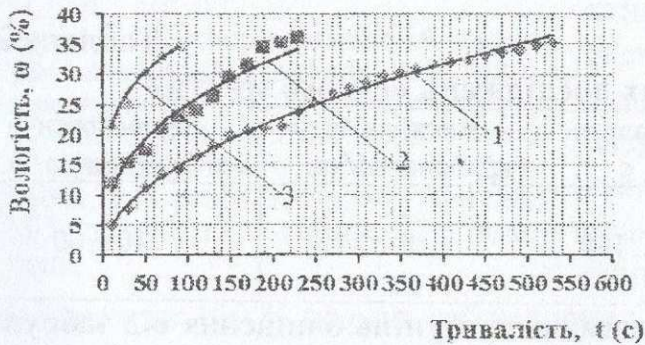


Рис. 6. Тривалість набору вологості до 35 %, забруднення з глини: 1 – зразок масою 20г, 2 – зразок масою 10г, 3 – зразок масою 5г.

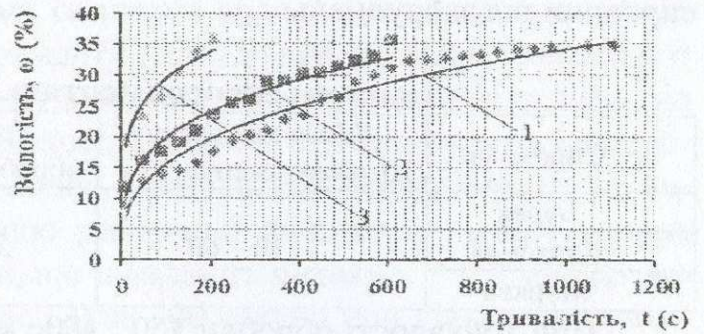


Рис. 7. Тривалість набору вологості до 35 %, забруднення з чорнозему: 1 – зразок масою 20г, 2 – зразок масою 10г, 3 – зразок масою 5г.

ні. Це, в свою чергу, дає можливість значної економії води, яка стає дефіцитом. На 18 червня 2012р вартість 1 м^3 води для харчових, переробних підприємств становить 17,412 гривень, при загальній тенденції до подальшого подорожчання, так як в при-

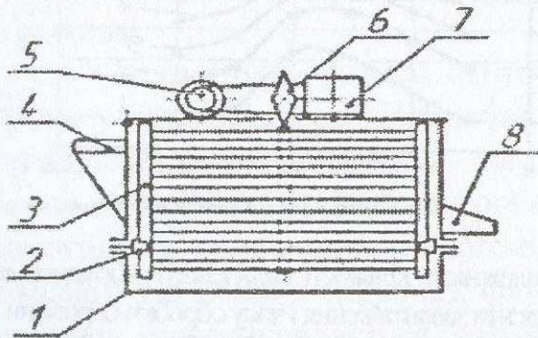


Рис. 8. Схема барабанної мийної машини (секція «сухого миття»): 1 – ванна, 2 – ролики опорні, 3 – барабан, 4, 8 – завантажувальний і розвантажувальний лотки, 5 – електродвигун з клинопасовою передачею, 7 – редуктор, 8 – ланцюгова передача.

роді запаси чистої питної води зменшуються. Доцільно при проведенні процесу миття рослинної сировини будь-яким чином видалити частину забруднень до миття безпосередньо водою. Проведено експерименти по визначенню параметрів «сухого миття», а саме визначено: окружну швидкість барабана секції «сухого миття», ступеню завантаження робочої зони, швидкості транспортування сировини на етапі «сухого миття» на експериментальній барабанній мийній машині на основі моделі Ш24 – КМО (рис. 8). Машина складається з ванни 1, всередині якої розташований барабан 3, що спирається на ролики 2, лотків завантаження і розвантаження 4 і 8. Привід машини складається з

двигуна 5, клинопасовою передачею, черв'ячного редуктора 7 і ланцюгової передачі 6. Для можливості регулювання числа обертів барабана машини, в її привід був введений регулятор частоти струму Schneider Electric. В якості сировини було використано картоплю, буряк, моркву (таб.2). Частоту обертів барабана змінювали з кроком в

5 об/хв. За експериментальними даними побудовано залежності ступеня очищення від окружної швидкості барабана (рис.9). Найбільш прийнятним є діапазон колової швидкості барабана від 0,471 м/с до 0,628 м/с., при збільшенні колової швидкості барабана до 0,785 м/с, сировина травмується, на ній з'являються сліди від ударів, потертості, порушується цілісність поверхні сировини. За робоче число обертів барабана прийнято $n_p = 18...20$ об/хв., що відповідає коловій швидкості барабана $V_6 = 0,58...0,63$ м/с.

Визначено залежності кількості видаленого забруднення від коефіцієнта завантаження барабану і часу обробки сировини (рис.10).

При ступенях завантаження барабана $\phi = 0,3...0,4$ і при тривалості обробки 30, 60, 90, 120 секунд дає, на відповідних відрізках, максимальний ступінь очищення сировини від забруднень.

Таблиця 2

Діапазон експериментальних досліджень «сухого миття»

Сировина	Маса одночасного завантаження, кг	Тривалість обробки, с	Число обертів барабана, об/хв	Завантаження барабана, ϕ %
Буряк	10...60	30...180	5...25	10...60
Картопля				
Морква				

При тривалості обробки 150...180с максимальна ступінь очищення від забруднень спостерігається при коефіцієнті завантаження $\phi = 0,2$. Однак більша тривалість обробки сировини в барабані вимагає більшої довжини барабана, що призводить до збільшення металоємності, відповідно збільшується витрата на споживану потужність і у підсумку зростають матеріальні витрати. При коефіцієнті завантаження $\phi =$

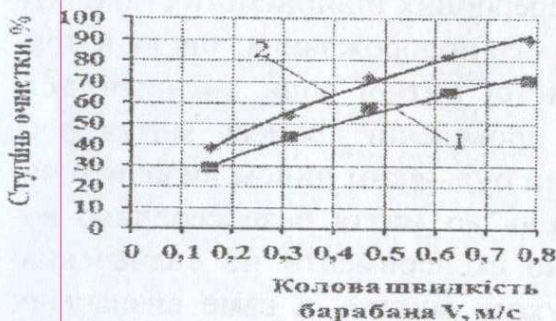


Рис. 9. Залежність видалення забруднень від колової швидкості барабан для партії моркви 15 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с, 2 – 120 с.

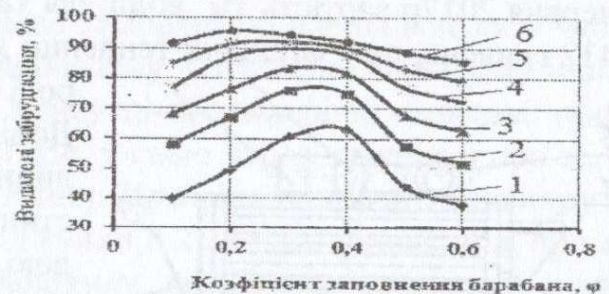


Рис. 10. Залежність кількості видаленого забруднення від коефіцієнта завантаження і часу обробки сировини: 1 – термін обробки 30 с, 2 – 60 с, 3 – 90 с, 4 – 120 с, 5 – 150 с, 6 – 180 с.

0,5...0,6 спостерігається тенденція до зменшення ступеню очищення на кожному часовому відрізку. Визначення оптимальних значень для сухого миття є окремою оптимізаційною задачею, яка реалізована в 4 розділі. Отримані дані свідчать про те, що «сухе миття» дозволяє в середньому економити близько 70 % чистої проточної питної води. Таким чином, для проведення безпосередньо миття водою залишкових забруднень знадобиться приблизно 30 % від прийнятих в промисловості витрат на миття сировини.

Метою наступної серії експериментів є визначення величини розмивної швидкості потоку рідини, при якій досягається повний розмив забруднення. Експериментальна установка (рис. 11) складається з двох основних вузлів: перший включає в

себе ємність для води 1, електродвигун 2, відцентровий насос 3 з продуктивністю $2 \text{ м}^3/\text{год}$ і демпфер 5 для гасіння коливань тиску; другий складається з вхідного патрубку на фланці 7, стабілізатора 8 для вимірювання швидкості потоку у поперечному перерізі камери 11, з'ємної кришки 9 зі стрижнями, на яких кріпляться зразки ґрунтових забруднень 10, вихідного патрубку на фланці 12, всі вони змонтовані всередині експериментальної камери квадратного перетину 11. Обидва вузла пов'язані між собою закріпленою трубопроводом 16 з регулювальними вентилями 6, 13, і вентилями скидання води 4 і 14. За результатами експерименту побудовані графіки залежності кількості вимитого забруднення у відсотках від часу дії потоку рідини при фіксованих швидкостях потоку. З результатів експериментів по визначенню розмивної швидкості потоку, можна бачити, що швидкість потоку $v = 0,3 \text{ м/с}$, дозволяє

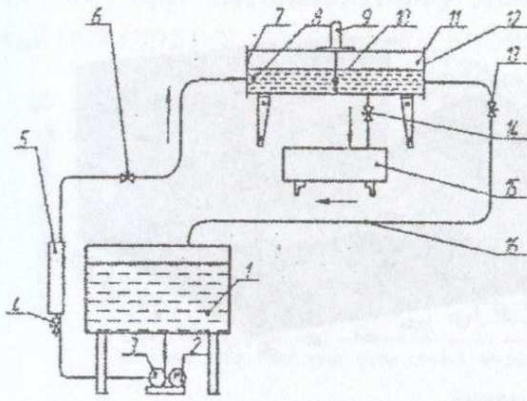


Рис. 11. Експериментальний стенд для визначення розмивної швидкості потоку: 1 - ємність, 2 - електродвигун, 3 - насос, 4, 14 - вентиля скидання води, 5 - демпфер, 6, 13 - вентиля, 7 - патрубков, 8 - стабілізатор, 9 - кришка, 10 - зразок, 11 - камера, 12 - фланець.

досягти 100 % розмив забруднення (рис.12) за 300 секунд при кількості ґрунтового забруднення масою ≤ 5 грам, і 55 % розмиву при той самій тривалості і кількості забруднення масою ≤ 10 грам на одному коренеплоді. У попередньому експерименті по «сухому миттю» були отримані дані, що свідчать про те, що при «сухому митті» видаляється приблизно 70 % забруднень на сировині. Висновок очевидний: з метою скорочення витрат чистої проточної води в секції миття, необхідно застосувати «сухе миття» і по можливості інтенсифікувати процес відділення забруднень у секції «сухого миття» без порушення цілісності епідермісу і перидерми рослинної сировини.

У четвертому розділі «Оптимізація процесу «сухого миття». Обробка і аналіз експериментальних даних» для досягнення оптимального режиму роботи технологічного обладнання зводяться до мінімізації так званих цільових функцій. У випадку, що розглядається, задача оптимізації полягає в знаходженні мінімальних експлуатаційних витрат на «сухе миття» і вартості витрат води на доочищення рослинної сировини від забруднень (в секції «сухого миття») і коефіцієнта завантаження секції «сухого миття». Для цього розрахунковим шляхом були визначені технологічні, енергетичні параметри залежно від ступеня завантаження секції «сухого миття». Потім, за відомими залежностями, використаними при проведенні економічних розрахунків, були визначені вартісні характеристики. Технологічні і економічні розрахунки проведено для секції «сухого миття» при коефіцієнті завантаження барабану від $\phi = 0,1$ до $\phi = 0,6$. Для прикладу в авторефераті наведено побудову цільової функції для випадку $\phi = 0,6$ (рис.13). Цільова функція на всіх шести графіках являє собою залежність виду:

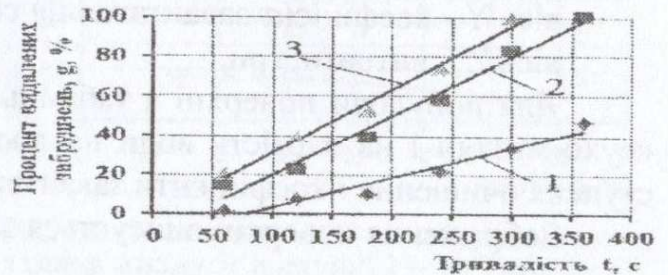


Рис. 12. Забруднення - чорнозем, маса зразка 5г: 1 - швидкість потоку 0,1 м/с, 2 - швидкість потоку 0,2 м/с, 3 - швидкість потоку 0,3 м/с.

$$Z = ZC + ZB \quad (12)$$

де, Z - загальні витрати, грн;

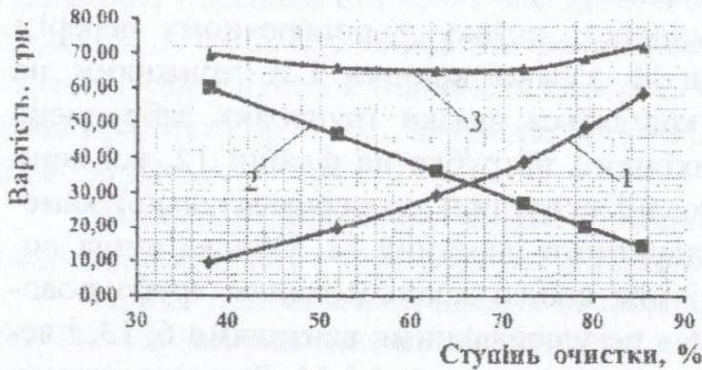


Рис. 13. Побудова цільової функції при ступіні завантаження барабана $\varphi = 0,6$: 1 - витрати на «сухе миття», 2 - вартість води на доочистку, 3 - вартість води на доочистку і на сухе миття.

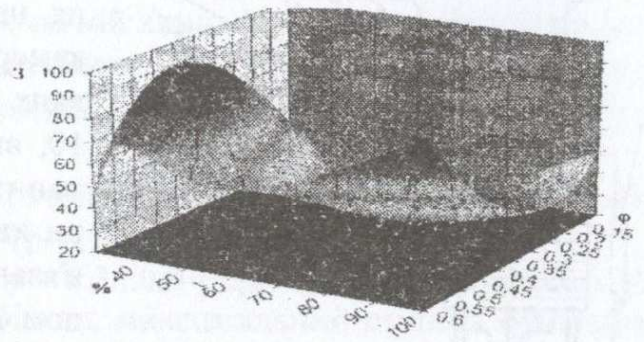


Рис. 14. Поверхня, яка відображує область мінімальних витрат в залежності від відсотку очищення і коефіцієнту завантаження.

ZC - витрати на «сухе миття», грн;

ZB - витрати на воду при доочищення сировини, грн.

Аналізуючи отримані значення мінімуму цільових функцій для різних коефіцієнтів завантаження секції «сухого миття», можна бачити, що область мінімальних витрат обмежена коефіцієнтом завантаження $\varphi = 0,1 \dots 0,4$. При коефіцієнтах завантаження $\varphi = 0,5 \dots 0,6$ витрати збільшуються в 2...2,5 рази.

З метою звуження пошуку області мінімальних витрат і відповідних їй ступенів очищення рослинної сировини від забруднень будуємо поверхню в тривимірному зображенні. Координатними осями цієї поверхні в нашому випадку будуть (рис.14):

вісь X - відсоток очищення від забруднень;

вісь Y - коефіцієнт завантаження секції «сухого миття»;

вісь Z - витрати, грн.

Для побудови поверхні з таблиць вибираємо мінімальну величину витрат на «сухе миття» і на вартість води на доочищення сировини, відповідні їм значення ступеня очищення і коефіцієнти завантаження.

Зображення поверхні описується залежністю:

$$z = a + bx + \frac{c}{y} + dx^2 + \frac{e}{y^2} + f \frac{x}{y} + gx^3 + \frac{h}{y^3} + i \frac{x}{y^2} + j \frac{x^2}{y} \quad (13)$$

За допомогою програми Matcad 11 проведено диференціювання отриманого рівняння і знайдено мінімум функції. В результаті отримано, що найменші матеріальні витрати, при використанні «сухого миття» коренеплодів, досягаються при коефіцієнті завантаження барабана $\varphi = 0,131 \dots 0,178$, при цьому ступінь очищення сировини від забруднень знаходиться в межах 62 ... 68 %. Це дозволяє економити від 62 до 68 % чистої питної води. Використовуючи дані експерименту описаного у розділі 3.2. визначено як зменшується маса забруднень (g_0 , %) при швидкості потоку ($V = 0$ м/с) на протязі часу (рис.15,16). Будуємо графіки $G_0 = f(\omega)$ при $V = 0$ м/с. (рис.17,18) Диференціюємо графіки на рис. 3.32...3.35 з розділу 3 дисертації, отримуємо зменшення маси забруднень G , %/с в потоці.

Далі розраховуємо число Ne для діапазону швидкостей потоку $V = 0,1; 0,2; 0,3$ м/с, при еквівалентному діаметрі $d_{екв.} = 0,011$ м (зразки масою 5 г) і $d_{екв.} = 0,014$ м (зразки масою 10 г), вибираємо (за експериментальними даними) σ_{max} для зра-

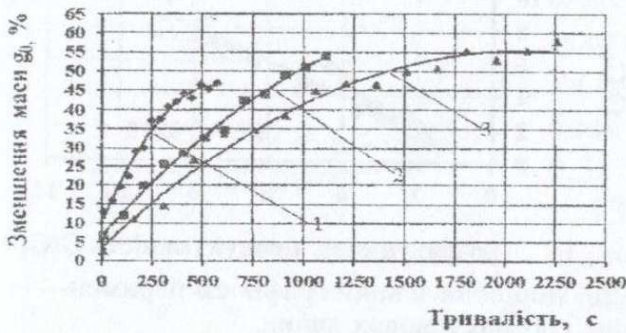


Рис. 15. Зменшення маси зразків чорнозему в залежності від тривалості при $V=0$ м/с: 1 – зразок масою 20 г, 2 – зразок масою 10 г, 3 – зразок масою 5 г.

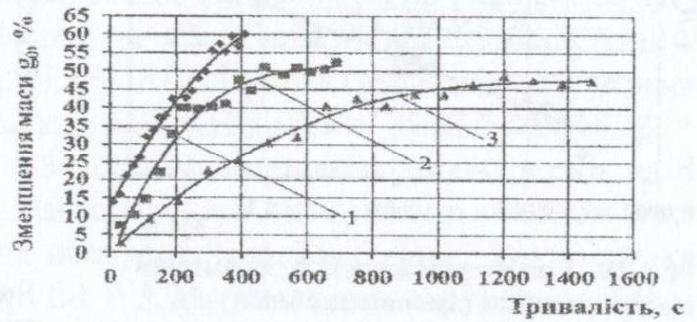


Рис. 16. Зменшення маси зразків глини в залежності від тривалості при $V=0$ м/с: 1 – зразок масою 20 г, 2 – зразок масою 10 г, 3 – зразок масою 5 г.

зків з глини і чорнозему при вологості 35 і 40 %. Графік (рис.20) залежності $G/G_0 = f(Ne)$ побудовано в логарифмічних координатах. Для порівняння розрахункових даних і експериментальних будуємо графік (рис.21) залежності: $(G/G_0)_{експ.} = f(G/G_0)_{разр.}$ З виразу $G/G_0 = 10,812Ne^{0,2342}$ визначаємо G :

$$G = G_0 \cdot 10,81Ne^{0,23} \quad (16)$$

де, G, G_0 – зменшення маси по забрудненням у %/с в потоці і в стоячій воді ві-

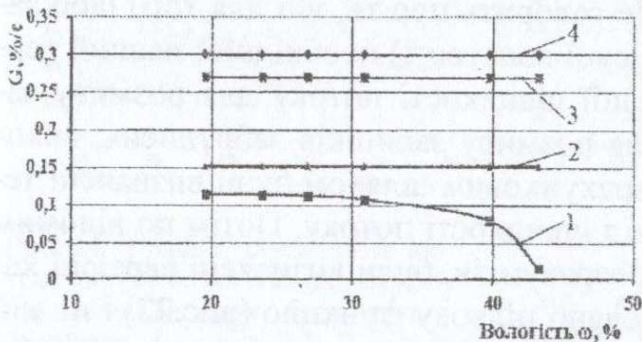


Рис. 17. Зменшення маси по забрудненням з чорнозему масою 5 г в потоці: 1 – $V=0$ м/с, 2 – $V=0,1$ м/с, 3 – $V=0,2$ м/с, $V=0,3$ м/с.

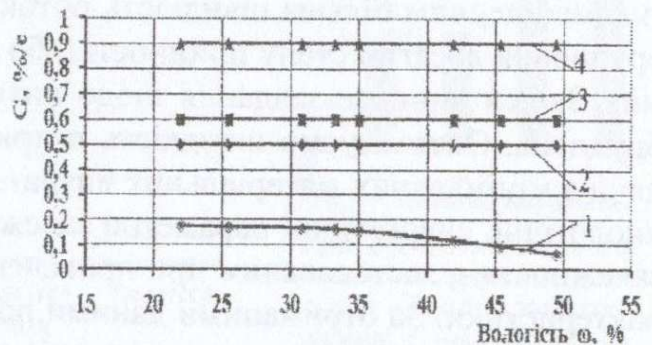


Рис. 18. Зменшення маси по забрудненням з глини масою 5 г в потоці: 1 – $V=0$ м/с, 2 – $V=0,1$ м/с, 3 – $V=0,2$ м/с, $V=0,3$ м/с.

дповідно. Знаючи G_0 (експериментальні дані), еквівалентний діаметр, силу адгезії, потрібну величину розмиву (у середньому 35%) і задаючись інтервалом швидкостей потоку рідини від 0,1 м/с до 1,0 м/с, визначаємо число Ne і потім G . Розділивши відсоток розмиву на G , отримаємо тривалість, яка необхідна для розмиву забруднень, що залишилися після сухого миття при тій чи іншій швидкості потоку (рис.21). Тобто розрахункова залежність для визначення тривалості розмиву від необхідної в відсотковому відношенні, кількості вимитого забруднення виглядає наступним чином:

$$t = \frac{G_{cp}}{G_0 \cdot 10,81Ne^{0,23}} \quad (15)$$

де, $G_{cp} = 30 \pm 5\%$ - середній залишок забруднень, виражений у відсотках, після технологічної операції «сухого миття». З графіка видно, що при малих швидкостях

потоків час на розмив забруднень зростає. При зростанні швидкості потоку час на розмив скорочується, при кроку зміни швидкості потоку 0,1 м/с це скорочення часу

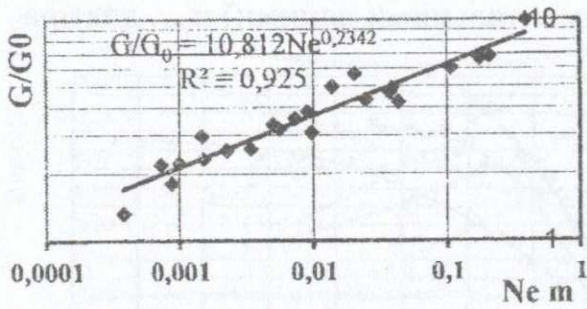


Рис. 19. Графік залежності безрозмірної продуктивності (зменшення маси) від числа Ньютона.

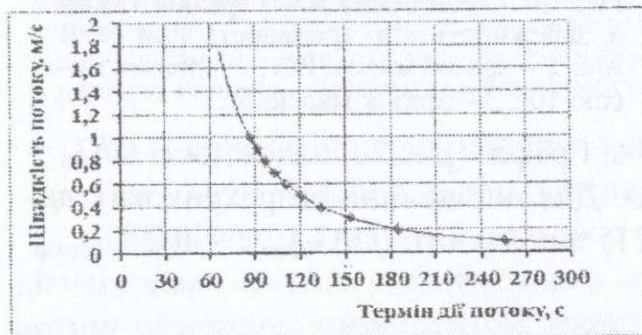


Рис. 21. Залежність тривалості розмиву забруднень від швидкості потоку.

експериментальна продуктивність G/G_0



Рис. 20. Порівнювальний графік експериментальних і розрахункових даних.

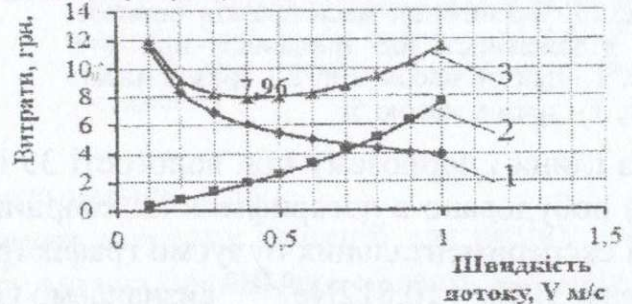


Рис. 22. Цільова функція $Z=ZБ+ZН$:
1 – витрати на «суху мийку», 2 – вартість води на доочистку, 3 – вартість витрат води на доочистку і «суху мийку».

тим менше, чим більша швидкість потоку. Це говорить про те, що для того щоб забруднення досягли стану плинності (або кінцевої вологості) необхідний певний термін. Звідси виникає завдання щодо оптимізації швидкості потоку для розмиву забруднень. Оптимізуємо швидкість потоку для розмиву залишків забруднень, виходячи з мінімальних матеріальних витрат. Розрахунковим шляхом були визначені технологічні, енергетичні параметри залежно від швидкості потоку. Потім по відомим залежностям, застосованим при проведенні розрахунків, були визначені вартісні характеристики. За отриманими даними побудовано цільову функцію (рис.22) і по ній визначена область мінімальних матеріальних витрат і відповідна цим витратам швидкість потоку. Цільова функція складається з витрат на виробництво та експлуатацію барабана секції миття безпосередньо водою і витрат на потужність насоса для подачі м'якої води відповідної швидкості:

$$Z=ZБ+ZН \quad (16)$$

де, Z - загальні витрати, грн;

$ZБ$ - витрати на виробництво та експлуатацію барабана, грн;

$ZН$ - витрати на електроенергію спожиту насосом, грн.

Аналізуючи графік, видно, ця швидкість потоку дорівнює $V = 0,4$ м/с, при мінімальних експлуатаційних матеріальних витратах. Для оптимізації процесу миття в цілому побудуємо графік (рис.23), що об'єднує всі мінімальні цільові функції.

З цього графіка видно, що найбільші фінансові витрати потрібні при ступені завантаження барабана «сухого миття» $\phi = 0,5$ і $\phi = 0,6$.

Виключимо з розгляду криву № 6, де закладені найбільші фінансові витрати. Побудуємо графік залежності фінансових витрат на процес «сухого миття» від ступеня очищення рослинної сировини від забруднень і графік залежності витрат на «сухе миття» від ступеню очистки (рис.24,25). Аналізуючи графік рис. 26, можна бачити, що при коефіцієнті завантаження $\varphi = 0,32 \dots 0,34$ ступінь очищення збільшується на 8 ... 13%. Застосовуючи оптимізацію методом послідовних поступок (рис. 26) бачимо, що поступка в розмірі $D1 = 3,24$ гривні дає, порівняно з іншими поступками, максимальне значення ступеня очищення, що створює можливість економії чистої проточної води. Розрахунок економічної ефективності показує економічний ефект в розмірі 199420 грн. на одну машину за рік. За отриманими результатами можна рекомендувати технологічні характеристики і геометричні параметри секції «сухого миття» і секції миття безпосередньо водою мийної маши-

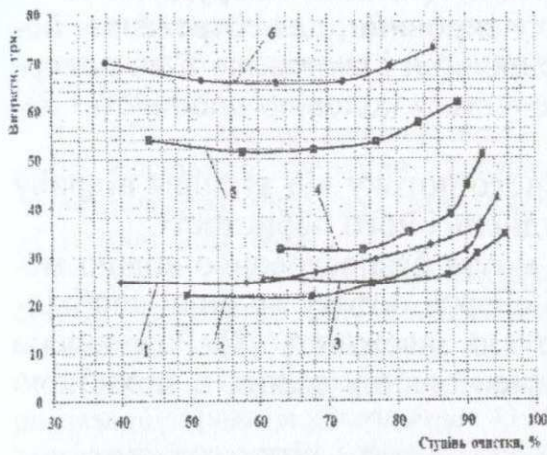


Рис. 23. Мінімальні цільові функції, при коефіцієнтах завантаження: 1 – $\varphi = 0,1$; 2 – $\varphi = 0,2$; 3 – $\varphi = 0,3$; 4 – $\varphi = 0,4$; 5 – $\varphi = 0,5$; 6 – $\varphi = 0,6$.

ми результатами можна рекомендувати технологічні характеристики і геометричні параметри секції «сухого миття» і секції миття безпосередньо водою мийної маши-

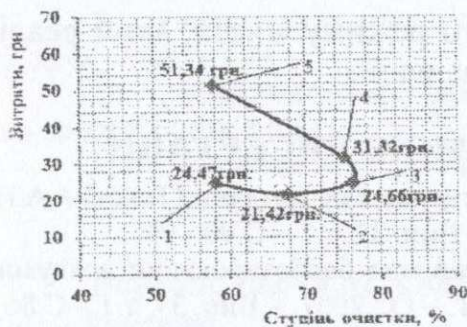


Рис. 24. Графік залежності витрат на «сухе миття» від ступеню очистки при завантаженні барабана: 1 – $\varphi = 0,1$; 2 – $\varphi = 0,2$; 3 – $\varphi = 0,3$; 4 – $\varphi = 0,4$; 5 – $\varphi = 0,5$.

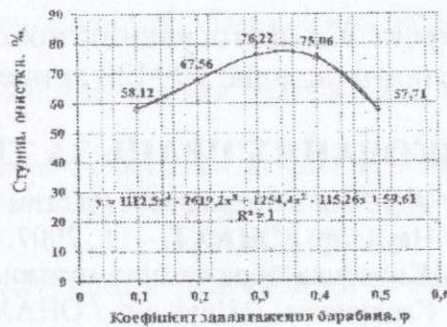


Рис. 25. Залежність витрат від коефіцієнта завантаження барабана.

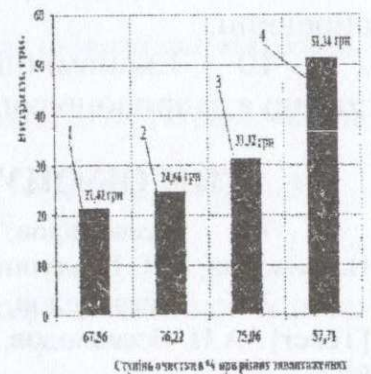


Рис. 26. Оптимізація методом послідовних поступок. Ступінь завантаження: 1 – $\varphi = 0,2$; 2 – $\varphi = 0,3$; 3 – $\varphi = 0,4$; 4 – $\varphi = 0,5$.

ни не тільки для коренеплодів але і іншої рослинної сировини, наприклад, томатів, перцю, яблук, айви, огірків і сливи.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено наукове положення про доцільність попереднього зменшення забруднень на рослинній сировині за рахунок використання «сухого миття».
2. Адгезійно-когезійні властивості забруднень до рослинної сировини є функцією від часу та вологості. При зміні вологості ґрунту від 27...28 % до 35...40% зусилля відриву змінюється від 8...12 кН/м^2 до 2...0,25 кН/м^2 .
3. Розроблено методики що до: визначення сили адгезії бруду до поверхні ґрунту, вологості, при якій сила адгезії до поверхні сировини максимальна і визначення оптимальної швидкості руху води у поверхні рослинної сировини під час відмочування забруднень.
4. Встановлено вологість ґрунту, при якій сила адгезії забруднень до рос-

линної сировини максимальна при $W=27...28\%$ і мінімальна при $W=35...40\%$, тривалість необхідна для досягнення даної вологості залежить від маси забруднення.

5. Доведено, що сприятливим режимом руху сировини, для збереження його цілісності, при «сухому митті» є режим: підйом сировини і сковзання її по поверхні барабана і по самої сировині. Цей режим забезпечується коловою швидкістю барабана $V = 0,58...0,63$ м/с.

6. Отримано залежність швидкості розмивного потоку від зусилля відриву забруднень від рослинної сировини, щільності забруднень і його пористості.

7. Показано, що при дослідженні процесу миття безпосередньо водою методом аналізу розмінностей, відношення кінетичної енергії потоку до сили необхідної для подолання адгезії визначається числом Ньютона залежність (8). Розроблена математична модель, що узагальнює базу експериментальних даних з похибкою 12%.

8. В результаті комп'ютерного моделювання та оптимізації, визначено параметри технологічної операції «сухого миття», що дає можливість економії чистої проточної води на 70...76% від прийнятої в промисловості. Визначено швидкість розмивного потоку води $V = 0,4$ м/с для відокремлення забруднень від рослинної сировини, при якій загальні витрати мінімальні, залежність (16).

9. Рекомендовано технологічні параметри і геометричні розміри мийної машини. При дотриманні цих параметрів застосування технологічного процесу «сухого миття» дозволяє економити від 12,19...13,24 гривень на кожну тону вимитої сировини.

10. Економічний ефект від застосування нового режиму миття, який реалізовано в запропонованій машині складає 199420 гривень на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Всеволодов, А.Н. Адгезия минеральных частиц к пузырьку воздуха [Текст] / А.Н. Всеволодов, А.К. Гладушняк. // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2007. – Вип. 31, т.1 – С.90 - 94.
2. Всеволодов, А.Н. Кинетика образования пузырьков при барботировании воздухом [Текст] / А.Н. Всеволодов, А.К. Гладушняк. // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2007. – Вип. 31, т.1 – С.86 - 90.
3. Всеволодов, А.Н. Определение адгезионно-когезионного взаимодействия загрязнений и растительного сырья [Текст] / А.Н. Всеволодов, А.К. Гладушняк. // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2010. – Вип. 38, т.2. – С.337 - 344.
4. Всеволодов, А.Н. Определение количества удалённых загрязнений от параметров «сухой мойки» [Текст] / А.Н. Всеволодов, А.К. Гладушняк. // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2012. – Вип.42, т.2. – С.490 - 496.
5. Всеволодов, А.Н. Оптимизация процесса «сухая мойка» корнеплодов [Текст] / А.Н. Всеволодов, А.К. Гладушняк. // Наук. Пр. / Харч. наука і технологія. – О., 2012. – №3 – С83-87.
6. Всеволодов, А.Н. Характеристики и свойства загрязнений пищевого растительного сырья [Текст] / А.Н. Всеволодов, А.К. Гладушняк. // Наук.пр. / ОНАХТ. – О., 2006. – Вип. 28 – С.163 - 166.
7. Всеволодов, О.М. Рациональный способ барботування в лінійних мийних машинах для сировини [Текст] / О.М. Всеволодов, О.К. Гладушняк, Г.К. Бондарсв. // Наук.пр. / ОНАХТ. – О., 2004. – Вип. 27. – С.179 - 182.
8. А.с. 1697706 СССР, МКИ А 23 N 12/02. Машина для мойки растительного сырья / А.К. Гладушняк, А.Н. Всеволодов. - № 4677098/13; заявл. 11.04.89; опубл. 15.12.91, Бюл. №46.
9. Пат. на винахід 90749 Україна, МПК А 23 N 12/00, В 02В 1/00. Машина для миття рослинної сировини / Всеволодов О.М., Гладушняк О.К.; заявник та патентовласник Одес. нац. акад. харч. технологій. - № u 2009 01721; заявл. 07.04.2008; опубл. 25.05.2010, Бюл. №10.
10. Пат. на корисну модель 35784 Україна, МПК А 23 N 12/02. Спосіб барботування сировини / Всеволодов О.М., Гладушняк О.К.; заявник та патентовласник Одес. нац. акад. харч. тех-

нологій. - № у 2008 03767; заявл. 25.03.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. №19.

11. Пат. на корисну модель 36705 Україна, МПК А 23 N 12/00. Машина для миття рослинної сировини / Всеволодов О.М., Гладушняк О.К. Кернасовський С.М.; заявник та патентовласник Одес. нац. акад. харч. технологій. - № у 2008 04322; заявл. 07.04.2008; опубл. 10.11.2008, Бюл. №21.

12. Пат. на корисну модель 42881 Україна, МПК А 23 N 12/00. Шнекова машина для миття рослинної сировини /Всеволодов О.М., Гладушняк О.К., Дежурко О.Г.; заявник та патентовласник Одес. нац. акад. харч. технологій. - № у 2009 01721; заявл. 27.02.2009; опубл. 27.07.2009, Бюл. №14.

13. Пат. України без експертизи по суті 15056 А, МПК С 02 F 3/16. Спосіб барботування рідини /Всеволодов О.М., Гладушняк О. К.; заявник та патентовласник Одес. держ. Акад. харч. технологій. - №94062897; заявл. 21.06.94; опубл. 30.06.97, Бюл. №3.

14. Пат. України без експертизи по суті 21767 А, МПК А 23 N 12/02. Машина для миття рослинної сировини /Всеволодов О.М., Гладушняк О.К.; заявник та патентовласник Одес. держ. акад. харч. технологій. - №94063339; заявл. 28.06.94; опубл. 30.04.98, Бюл. №2.

15. Позитивне рішення про видачу патенту України МПК А23N 12/02 Машина для миття коренеплодів /Всеволодов О.М., Гладушняк О.К., № у 2012 12306, заявл. 29.10.2012.

16. Позитивне рішення про видачу патенту України МПК А23N 12/02 Спосіб миття коренеплодів /Всеволодов О.М., Гладушняк О.К., № у 2012 12308, заявл. 29.10.2012.

17. Всеволодов А.Н. Характеристики и свойства загрязнений пищевого растительного сырья [Текст] /А.Н.Всеволодов. А.К.Гладушняк //Тезиси докладов Пищевые технологии – 2005: материалы Междунар. наук. - практ. конф. О, 2005г /ОНАХТ О, 2005. – С.24.

Особистий внесок автора за стиском опублікованих у співавторстві праць [1 – 14] визначено такими результатами:

- 1) проведення літературного пошуку, узагальнення результатів і підготовка матеріалів до друку (поз. 2,3,7);
- 2) розроблення методології дослідження, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку (поз. 4,5,6);
- 3) організація та проведення експериментальних досліджень, обробка даних(поз. 8);
- 4) складання, редагування опису і формул винаходів (поз. 1, 9 – 14).

АНОТАЦІЯ

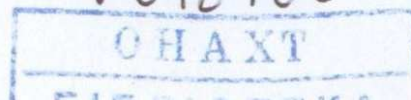
Всеволодов О.М. Обґрунтування режимів миття харчової рослинної сировини: -- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2013.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню і обґрунтуванню режимів миття рослинної сировини. В роботі розглянуто і проаналізовано існуючі режими миття рослинної сировини, описані деякі сучасні мийні машини ведучих виробників, наведено їх переваги і недоліки.

Миття рослинної сировини від ґрунтових забруднень на першому етапі являє собою процес набухання забруднень. Подальше набухання забруднень призводить до зменшення адгезійно-когезійної взаємодії сировини і забруднення, що пов'язано з падінням структурної міцності забруднень внаслідок збільшення іоноелектростатичного відштовхування шарів і практично повного зникнення капілярної складової. Адгезія ґрунтових забруднень текучої консистенції мала і визначається когезією ґрунтової суспензії. Надалі видалення забруднень відбувається завдяки взаємних контактів сировини і впливу потоку води, що характеризується розмивною швидкістю. Надійним способом отримання структур критеріальних рівнянь є метод аналізу розмірностей. На основі його загальних принципів встановлено вид критері-

V018186



ального рівняння для розрахунку продуктивності по забрудненням G.

Показано, що адгезійно-когезійні властивості забруднень є одним із основних факторів які впливають на тривалість відмочування і в кінцевому рахунку на якість проведення процесу миття. Експериментально визначено вологість ґрунту, як забруднення, при котрій зусилля відриву його від поверхні рослинної сировини мають максимальні значення, крім того визначений час необхідний для набору такої вологості для відповідних ґрунтів. Визначено швидкість потоку води, що приводить до розмиву забруднень. Встановлено, що доцільно попередньо зменшити кількість забруднень на рослинній сировині за рахунок використання «сухого миття». Шляхом оптимізації процесу «сухого миття», отримано оптимальну колову швидкість барабана і оптимальний коефіцієнт завантаження барабана. Крім того оптимізовано розмивну швидкість потоку в залежності від витрат і кількості вимитого забруднення.

За результатами роботи рекомендовані технологічні параметри і геометричні розміри мийної машини.

Ключові слова: адгезія, когезія, пористість, вологість, забруднення, зусилля відриву, «сухе миття», цільова функція.

АННОТАЦІЯ

Всеволодов А.Н. Обоснование режимов мойки пищевого растительного сырья: - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. Одесская национальная академия пищевых технологий, Министерство образования и науки Украины, Одесса 2013.

Диссертация посвящена исследованию и обоснованию режимов мойки пищевого растительного сырья. В работе рассмотрены и проанализированы существующие режимы мойки растительного сырья, описаны некоторые современные моечные машины ведущих производителей, приведены их преимущества и недостатки. Проанализированы современные гипотезы и теории, посвящённые вопросам адгезии. Мойка растительного сырья от почвенных загрязнений на первом этапе представляет собой процесс набухания загрязнений. Дальнейшее набухание загрязнений приводит к уменьшению адгезионно-когезионного взаимодействия сырья и загрязнения, что связано с падением структурной прочности загрязнений в результате увеличения ионно-электростатического отталкивания слоев и практически полного исчезновения капиллярной составляющей. Адгезия почвенных загрязнений текучей консистенции мала и определяется когезией ґрунтовой суспензии. В дальнейшем, на втором этапе, удаление загрязнений происходит благодаря взаимным контактам сырья и действия потока воды, который характеризуется размывной скоростью.

С помощью теории напряженного состояния Мора получена зависимость связывающая размывную скорость потока с усилием необходимым для отрыва загрязнения от поверхности растительного сырья с плотностью и пористостью загрязнения. Используя метод анализа размерностей, установлен вид критериального уравнения для расчёта производительности по размыву загрязнений. Критериальное уравнение представляет собой зависимость безразмерной производительности по загрязнению от числа Ньютона. Неизвестные коэффициенты в уравнении определены после обобщения экспериментальных данных. Для каждого эксперимента разработаны экспериментальные установки и методики проведения экспериментов.

Показано, что адгезионно-когезионные свойства загрязнений является одним

из основных факторов, которые влияют на продолжительность отмачивания и в конечном счете на качество проведения процесса мойки. Экспериментально определены влажность почвы, как загрязнения, при котором усилия отрыва его от поверхности растительного сырья имеют максимальные значения. Величина влажности численно равна: $W = 27...28\%$. Минимальному усилию отрыва загрязнений от поверхности растительного сырья соответствует влажность: $W = 35...40\%$. Кроме того, определено время необходимое для набора такой влажности для соответствующих типов почв. Определена скорость потока воды, которая приводит к размыву загрязнений. Численно эта скорость равна: $V = 0,4$ м/с. Установлено, что целесообразно предварительно уменьшить количество загрязнений на растительном сырье за счет использования технологической операции «сухая мойка».

Экспериментальными данными обосновывается выбор окружной скорости вращения барабана секции «сухой мойки», при которой количество удалённых загрязнений составляет 63...68 % от первоначального количества, причём на сырье отсутствует повреждение поверхности. Величина окружной скорости для «сухой мойки»: $V = 0,58...0,63$ м/с. При проведении эксперимента использовалось растительное сырьё: картофель, свекла, морковь. Затем, при фиксированной окружной скорости был проведен эксперимент по определению зависимости количества удалённых загрязнений от времени обработки и коэффициента загрузки секции «сухая мойка». С целью определения наиболее приемлемого варианта проведена оптимизация. В рассматриваемом случае задача оптимизации заключается в нахождении минимальных эксплуатационных затрат на «сухую мойку» и стоимости расхода воды на доочистку растительного сырья от загрязнений в секции мойки в зависимости от степени очистки сырья от загрязнений (в секции «сухой мойки») и коэффициента загрузки секции «сухой мойки». Для этого расчётным путём были определены технологические, энергетические параметры в зависимости от степени загрузки секции «сухой мойки». Затем по известным зависимостям, используемым при проведении экономических расчётов, были определены стоимостные характеристики.

С целью сужения поиска области минимальных затрат и соответствующих ей степеней очистки растительного сырья от загрязнений воспользуемся программой Table Curve 3D, которая предоставляет возможность получить поверхность в трёхмерном изображении. Полученное изображение поверхности описывается зависимостью (13) приведенной на 14 стр. автореферата. Эту зависимость обработана с помощью программы Mathcad 11 Enterprise Edition Shortcut. В результате получаем, что наименьшие затраты, в материальном выражении, при использовании «сухой мойки» корнеплодов, достигаются при коэффициенте заполнения барабана $\varphi = 0,131...0,178$, при этом степень очистки сырья от загрязнений находится в пределах 62...68 %. Это позволяет экономить от 62 до 68 % чистой проточной воды. После обобщения экспериментальных данных получена зависимость безразмерной производительности от числа Ne и определены коэффициенты уравнения (7). Далее получена расчётная зависимость для определения времени размыва от необходимого, в процентном выражении, количества вымытого загрязнения. Проведена оптимизация скорости потока для размыва загрязнений, исходя из минимальных материальных затрат. Оптимальная скорость потока $V = 0,4$ м/с, при минимальных эксплуатационных материальных затратах. Затем была проведена оптимизация методом последовательных уступок, что дало возможность повысить процент очистки в секции сухой мойки до 70...76 %, экономический эффект при этом составляет 199420 гривен

на одну машину в год. По полученным результатам можно рекомендовать технологические характеристики и геометрические параметры секции «сухой мойки» и секции мойки непосредственно водой моечной машины не только для корнеплодов, но и другого растительного сырья, например, томатов, перца, яблок, айвы, огурцов и сливы.

Ключевые слова: адгезия, когезия, пористость, влажность, загрязнение, усиленные отрыва, «сухая мойка», целевая функция.

ANNOTATION

Vsevolodov A.N. Substantiation of edible vegetative raw materials washing modes: - the Manuscript.

The dissertation on the competition for scientific degree of Technical Science Professor Assistant (Candidate) on the 05.18.12 specialty – the processes & the equipment of food, microbiologic and pharmaceutical productions. The Odessa national academy of edible technologies of Ukraine, Odessa 2013. The dissertation, dedicated to studies and substantiation of edible vegetative raw materials washing modes, tries to examine and analyze the existing edible vegetative raw materials washing modes, to describe some modern major manufacturers' washing machines with their strong and weak points. Modern hypotheses and theories treating adhesion issues are being analyzed. By means of Mohr theory of tensed state the dependence binding the washout flow rate with the effort feasible to break-off a polluting substance from the surface of vegetative raw materials with density and porosity of contamination was obtained. The way of criteria equation to calculate the pollutants washout productivity was determined with the dimensions' analysis method applied. The criteria equation represents the dependence of the dimensionless productivity on pollutions from Newton's number. The unknown quotients in the equation have been defined after experimental data generalization. The pilot units and procedures for each experiment were developed. After generalization of experimental data the dependence of the dimensionless productivity out of Ne number is obtained with the quotients of the equation (7) defined. The Optimization of flow rate to wash out pollutions was made, coming from the minimum material inputs. The results so obtained make possible to recommend both "dry washing" and "washing machine water direct washing" sections' processing characteristics and geometrical parameters not only for root crops, but for the other vegetative raw materials including tomatoes, pepper, apples, quince, cucumbers and plums.

Key words: adhesion, cohesion, porosity, humidity, pollution, break-off effort, "dry washing", criterion function.

Написано до друку 14 вересня 2013 р. Формат 60×90/16. Об'єм 0,9 умов. друк. арк.
Замовлення № 477. Тираж 100 прим.

ОДНАТ, 65039, м. Одеса 39, вул. Канатна, 112