

**Севаторова Ирина Сергеевна**, ассист., институт пищевых производств, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральный, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: (062)3045046, e-mail: [sevatorovairina@rambler.ru](mailto:sevatorovairina@rambler.ru).

**Sevatorova Irina**, assistant, The Institute of Foodstuff Industries, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical, pr. 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel.: (062)3045046, e-mail: [sevatorovairina@rambler.ru](mailto:sevatorovairina@rambler.ru).

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.  
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 664.83.002.5

## **РУЙНУВАННЯ АДГЕЗІЙНО-КОГЕЗІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ГРУНТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПОТОКОМ ВОДИ**

**О.М. Всеволодов**

*Розглянуто припущення щодо відповідності розмивної швидкості води в каналах та руслах швидкості потоку води, що видаляє забруднення з поверхні рослинної сировини в мийних машинах. Були спрогнозовані швидкості потоку в інтервалі глибин від 0,05 до 0,4 м. Згідно з теорією Мора, отримано залежність, яка є правилом вибору розмивної швидкості потоку в мийних машинах для рослинної сировини. Показано, що розмивна швидкість потоку води залежить від адгезійно-когезійних характеристик ґрунтових забруднень, а також обґрунтовано доцільність проведення технологічного процесу «сухого миття» з метою значного зменшення ґрунтових забруднень на сировині та зрештою зменшення витрат чистої води.*

**Ключові слова:** *розмив, швидкість, межа, адгезія, когезія, потік, канал, русло.*

## **РАЗРУШЕНИЕ АДГЕЗИОННО-КОГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПОТОКОМ ВОДЫ**

**А.Н. Всеволодов**

*Рассмотрено предположение о соответствии размывной скорости воды в каналах скорости омывающего потока воды в моечной машине для смыва загрязнений с поверхности растительного сырья. Воспользовавшись принципом аналитического продолжения, были спрогнозированы скорости*

потока в интервале глубин от 0,05 до 0,4 м. В соответствии с теорией Мора, которая утверждает, что линия предела текучести (ЛПТ) почвы определяет напряжённое состояние, при котором начинается разрушение его структуры, получена зависимость, представляющая собой правило выбора размывающей скорости потока в моечных машинах для растительного сырья. Показано, что размывная скорость потока воды зависит от адгезионно-когезионных характеристик почвенных загрязнений, а также обоснована целесообразность проведения технологического процесса «сухой мойки», с целью значительного уменьшения почвенных загрязнений на сырье и в конечном итоге снижения затрат чистой воды.

**Ключевые слова:** размыв, скорость, предел, текучесть, адгезия, когезия, канал, русло.

## WATER STREAM DESTRUCTION OF ADHESION-COHESION INTERACTIONS OF SOIL CONTAMINATION OF VEGETATIVE RAW MATERIALS

A. Vsevolodov

*This article come out of the assumption that the washing speed of water in canals corresponds to the speed of washing water stream in a washing machine for outwash of contaminations from a surface of vegetative raw materials. The principle of analytical continuation has been used in order to predict the rates of flow in the depths ranging from 0,05 meters to 0,4 meters. The dependence representing a principle of the choice of washing out the rate of flow in washing machines for vegetative raw materials is being obtained according to the theory of Mohr stating that the yield point line (YPL) of soil establishes the stressed state when the destruction of its structure frame begins. It is shown that washing water velocity depends on adhesion-cohesion characteristics of soil contaminations as well as the expediency to carry out «dry washing» technological process in order to significantly decrease soil contaminations on raw materials and finally to decrease pure water consumption is proved.*

**Keywords:** fluid wash, speed, limit, fluidity, adhesion, cohesion, stream, canal, channel.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Процес видалення бруду з поверхні рослинної сировини, яка використовується для виготовлення консервованих харчових продуктів, є одним із основних технологічних процесів загальної технології консервного виробництва.

Бруд на рослинній сировині – це здебільшого мінеральні речовини з вкрапленнями 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. У зв'язку з різними умовами вирощування харчової рослинної сировини, такої як,

наприклад, томати, огірки, баклажани, морква, буряк, картопля та інше коріння й різні технологічні умови процесу видалення бруду. На поверхні надґрунтових рослин значно менше забруднень, коріння забруднено більш інтенсивно й кількість бруду на його поверхні після збирання значно більша від розміру плодів.

У зв'язку із цією обставиною технологічні процеси миття різної рослинної сировини відрізняються. Основною речовиною для видалення бруду з поверхні рослинної сировини на всіх етапах процесу миття (відмочування, відокремлення бруду, чистове ополіскування) є вода.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для процесів миття рослинної сировини використовується чиста питна вода, бактеріально чи хімічно забруднена вода не допускається. Для миття надґрунтової харчової рослинної сировини на сучасному обладнанні витрачається до 1 л води на 1 кг сировини, під час миття 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 на процес миття, є актуальним, тим більше, воно майже не досліджувалося, крім змін конструкцій існуючих мийних машин.

Науково-дослідні роботи з процесів миття в консервному виробництві здебільшого були спрямовані на миття герметичної обігової скляної консервної тари.

**Метою статті** є встановлення величини розмивної швидкості потоку води в мийних машинах для різних видів рослинної харчової сировини та встановлення параметрів «сухого миття».

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час вивчення питання про причини розмиву каналів, русел було визначено, що основною причиною розмиву є вихрові рухи, що зароджуються в зоні прикордонного шару [1; 2]. Оскільки інтенсивність вихроутворення визначається величиною швидкості біля дна русла (придонна швидкість), яка у свою чергу залежить від середньої швидкості, то тим самим установлюється залежність між розмивом і середньою швидкістю течії. Відома формула Базена і Буссінеска, що засвідчує залежність придонної швидкості від глибини наповнення русла  $h$ . Так, за Базеном:

$$v_0 - v_o = 20\sqrt{h \cdot i}, \quad (1)$$

де  $v_0$  – поверхнева швидкість, м/с;

$v_o$  – придонна швидкість, м/с;

$i$  – ухил русла.

За Вейсбахом середня швидкість  $v_{сер} = 0,837 \cdot v_0$ . Оскільки інтенсивність вихроутворення залежить від придонної швидкості, то як вихроутворення, так і супутні йому явища розмиву повинні слабшати зі збільшенням глибини.

Прийнято вважати [1; 2], що допустима (нерозмивна) швидкість – це найбільша швидкість потоку, за якої підйомна сила менше сили тяжіння частинки у воді, у зв'язку з чим немає безперервного зриву частинок із дна русла. Розмивна швидкість – це найменша швидкість потоку, за якої середнє значення пульсаційних підйомних сил приблизно дорівнює силі тяжіння частинки у воді, у зв'язку з чим відбувається безперервний зрив окремих частинок із дна русла.

Обидві швидкості називають критичними. За даними Н.М. Бочкова та В.М. Гончарова між розмиваючими ( $v_p$ ) і нерозмиваючими ( $v_n$ ) швидкостями існує приблизне співвідношення  $v_p = 1,4 v_n$ .

У подальших дослідженнях із цього напрямку Ц.Е. Мірцхулава запропонував брати до уваги сили зчеплення, які відіграють істотну роль у рівновазі частинки за умови дрібнозернистої структури незв'язного ґрунту. Ураховуючи динамічний вплив турбулентного потоку, Ц.Е. Мірцхулава рекомендував для визначення межі втомної міцності на розрив для дрібнозернистих ґрунтів природного щільного складання таку залежність:

$$C_{у.н.}^n = \frac{175}{10^{10} \cdot d}, \quad (2)$$

де  $d$  – середній діаметр частинки, м.

Подальші дослідження цього питання дозволили отримати величини допустимої нерозмивної швидкості течії залежно від роду русла й способу його кріплення за існуючими нормами незалежно від глибини наповнення русла (табл.1). Потім визначено величину нерозмивної швидкості залежно від глибини наповнення русла або каналу.

Таблиця 1

**Допустимі нерозмивні швидкості в руслах  
залежно від роду русла**

№ з/п	Рід русла та спосіб його кріплення	Допустима нерозмивна швидкість $v$ , м/с	
		Біля дна	середня
1	Мулистий ґрунт	0,10	0,15
2	Пісок дрібний	0,25	0,35
3	Пісок крупний, ліс	0,60	0,80
4	Суглинки, супіски	0,40...0,75	0,55...0,95
5	Глина щільна	1,50	1,80

Таблиця 2

**Допустимі середні швидкості при середній глибині потоку**

№ з/п	Назва ґрунту	Допустимі середні швидкості м/с, при середній глибині потоку Н			
		Н = 0,4 м	Н = 1,0 м	Н = 2,0 м	Н більше 3 м
1	Суглинки малощільні	0,33	0,40	0,46	0,50
2	Глинисті ґрунти середньої щільності	0,7	0,85	0,95	1,1
3	Глинисті ґрунти щільні	1,0	1,2	1,4	1,5
4	Лісові ґрунти	0,60	0,70	0,80	0,85
5	Пил і мул	0,12...0,17	0,15...0,21	0,17...0,24	0,19...0,26

Описані вище дослідження вирішують завдання про визначення швидкості течії потоку, яка б не розмивала дно русла. Одне із завдань, що вирішується в статті, має зворотний характер, тобто необхідно визначити швидкість потоку, за якої відбувається розмив забруднень. Проте, очевидно, необхідно знати також величину швидкості потоку, яка не розмиває дно русла, щоб визначитися, із якого моменту слід розглядати інтервал розмивних швидкостей потоку рідини. За таблицями, наведеними у вищезазначеній літературі, були побудовані графіки (рис. 1) залежності допустимих середніх швидкостей від середньої глибини потоку для ґрунтів, зазначених у таблиці 2. Однак найменша глибина, розглянута в цих таблицях, становить 0,4 м. Тому за допомогою принципу аналітичного продовження були прогнозовані швидкості потоку в інтервалі глибин від 0,05 м до 0,4 м (табл.3).

Можна зробити висновок, що розмивна швидкість потоку повинна бути більше більшого значення допустимої нерозмивної швидкості для відповідного типу ґрунту і відповідної глибини. Із розгляду слід виключити середні й щільні глинисті ґрунти, оскільки під час збирання врожаю ґрунти розпушують. Отож, якщо скористатися вищенаведеною формулою  $v_p = 1,4v_n$ , то, починаючи приблизно зі швидкості руху потоку, яка становить 0,56 м/с, можна очікувати ефект розмиву забруднень для глибини 0,1 м. Далі у разі зменшення глибини з кроком 0,05 м зменшується величина розмивної швидкості з кроком приблизно 0,025 м/с. Логічно припустити, що в разі дії потоку рідини на забруднену рослинну сировину розмивні

швидкості потоку повинні бути такого ж порядку, як і розмивні швидкості в руслах. Якщо розглянути графік на рис. 1, то можна помітити, що інтервал середніх швидкостей потоку на глибинах 0,05 м до 0,4 м визначається діапазоном швидкостей від 0,05 до 0,9 м/с.

Таблиця 3

**Прогнозовані величини допустимих середніх швидкостей потоку в залежності від глибини русла**

№ з/п	Назва ґрунту	Допустимі середні швидкості (м/с) при середній глибині потоку Н			
		Н = 0,4 м	Н = 0,3 м	Н = 0,2 м	Н = 0,05 м
1	Суглинки малощільні	0,33	0,30	0,28	0,22
2	Глинисті ґрунти середньої щільності	0,70	0,65	0,64	0,44
3	Глинисті ґрунти щільні	1,0	0,96	0,87	0,64
4	Лісові ґрунти	0,60	0,56	0,52	0,40
5	Пил і мул	0,17	0,16	0,15	0,1

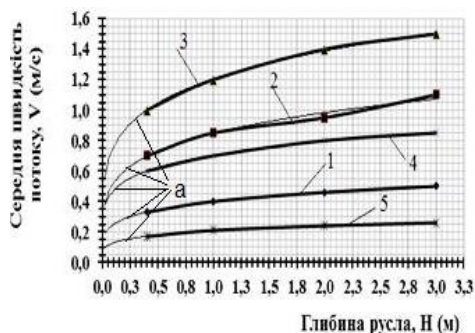


Рис. 1. Графік залежності середніх швидкостей потоку від глибини русла для різних типів ґрунтів 1 – суглинки, 2 – глинисті ґрунти середньої щільності, 3 – те ж щільні, 4 – лісові ґрунти, 5 – пил і мул; а – прогнозовані відрізки відповідних кривих

Для встановлення величини розмивної швидкості був проведений експеримент з її визначення. Метою цього експерименту є визначення величини розмивної швидкості потоку рідини, за якої досягається повний розмив забруднення. Експериментальна установка (рис. 2) складається з двох основних вузлів: перший включає в себе ємність для води 1, електродвигун 2, відцентровий насос 3 з продуктивністю 2 м<sup>3</sup>/год і демпфер 5 для гасіння коливань тиску; другий складається з вхідного патрубку на фланці 7, стабілізатора 8 для вирівнювання швидкості потоку по поперечному перерізу камери 11, знімної кришки 9 зі стрижнями, на яких кріпляться зразки 10 ґрунтових забруднень, вихідного патрубку на фланці 12, всі вони змонтовані всередині експериментальної камери квадратного перетину 11. Обидва вузли пов'язані між собою закріпльованим трубопроводом 16 з регулювальними вентилями 4, 6, 13 і вентилями скидання води 14 і 15. Видатковий резервуар 1 заповнюється водою з водопровідної мережі, потім включається електродвигун 2 з насосом 3 і вода через демпфер 5 і вентиль 7 надходить через вхідний патрубок на фланці 7 і далі через стабілізатор 8 в камеру 11.

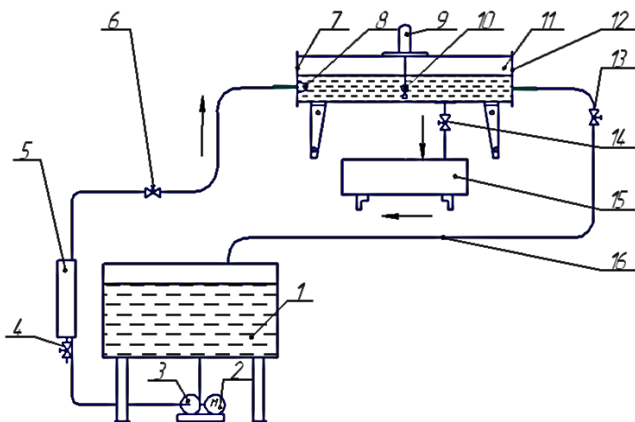


Рис. 2. Експериментальний стенд для визначення розмивної швидкості потоку: 1 – ємність для води; 2 – електродвигун; 3 – відцентровий насос; 4, 6, 13, 14 – вентилялі; 5 – демпфер; 7 – фланець із вхідним патрубком; 8 – стабілізатор; 9 – кришка знімна; 10 – зразок; 11 – експериментальна камера; 12 – фланець із вихідним патрубком; 15 – збирач; 16 – трубопровід

Потім потік через вихідний патрубок на фланці 12 потрапляє в трубопровід 16 і далі в резервуар 1. Завдяки демпферу 5 згладжуються пульсації, створювані насосом. Стабілізатор 8 забезпечує рівномірний розподіл потоку всередині камери 11. Для створення сталого режиму насос прокачував воду протягом 30 хвилин до початку експерименту. За допомогою вентилів 6 і 13, в камері встановлювали постійний рівень води. Потім за витратою води при незмінному рівні визначали швидкість потоку в камері 11. Такий контроль здійснювали через кожні 10 хвилин роботи стенда. Попередньо формувалися окремі зразки ґрунтових забруднень із чорнозему й глини таким чином, щоб після сушіння були отримані зразки масою 10 та 5 г. Усі зразки формувалися в спеціальній формі. Після цього зразки висушувалися спочатку на повітрі протягом двох діб, потім у сушильній шафі при температурі  $105 \pm 20^\circ \text{C}$  протягом 5 годин. Висушені зразки перед експериментом поміщали в ексікатор із хлористим кальцієм. По-перше як зразки забруднень харчової рослинної сировини були обрані глина й чорнозем, які мають найбільш виражену адгезійну здатність [4; 5; 7], по-друге, за даними земельного кадастру України з 69% земельних угідь 60% займають саме чорноземи. Глина була обрана тому, що вона є материнським ґрунтом для чорнозему [4; 5].

Експеримент здійснювали таким чином. На стрижнях, закріплених на знімній кришці 9, встановлювали попередньо висушені й зважені зразки ґрунтових забруднень 10. Потім кришку 9 закріплювали на камері 11, одночасно включали секундомір і після встановленого терміну часу зразки витягували з потоку води, складали в бюкси та поміщали в сушильну шафу. За різницею в масі зразків шляхом зважування визначали кількість вимитого забруднення за встановлений проміжок часу.

Одночасно в одному досліді брали участь п'ять зразків, установлених на п'яти стрижнях, закріплених в кришці 9. Результати дослідів заносили в журнал спостережень. За результатами експерименту побудовані графіки залежності кількості вимитого забруднення (чорнозему) у відсотках від часу дії потоку рідини при фіксованих швидкостях потоку (рис. 3; 4).

Із наведених графіків можна побачити, що швидкість потоку ( $v = 0,3 \text{ м/с}$ ) дозволяє досягти 100%-го розмиву забруднення (рис. 3) за 300 с при кількості ґрунтового забруднення масою  $\leq 5 \text{ г}$ , і 55% розмиву за тієї самої тривалості й кількості забруднення масою  $\leq 10 \text{ г}$  на одному коренеплоді (рис. 4).



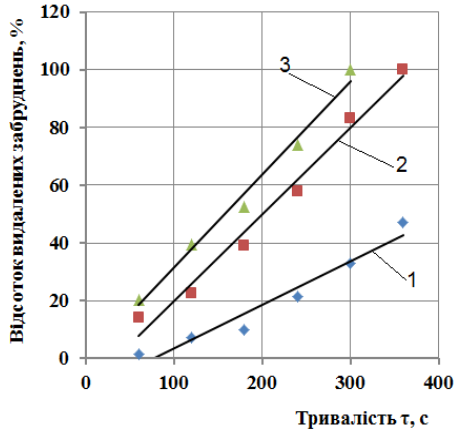


Рис. 3. Забруднення – чорнозем, маса зразка 5 г:  
 1 – швидкість потоку 0,1 м/с; 2 – швидкість потоку 0,2 м/с;  
 3 – швидкість потоку 0,3 м/с

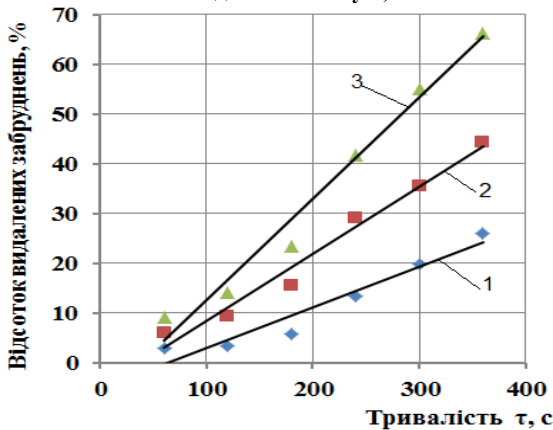


Рис. 4. Забруднення – чорнозем, маса зразка 10 г:  
 1 – швидкість потоку 0,1 м/с; 2 – швидкість потоку 0,2 м/с;  
 3 – швидкість потоку 0,3 м/с

Фізико-механічні властивості забруднень рослинної сировини впливають на величину розмивної швидкості в мийній машині. Математичною моделлю цих фізико-механічних властивостей, є лінія межі плинності, яка визначається зсувними й розривними характеристиками забруднень.

Теорія Мора [3–5] стверджує, що лінія межі текучості (ЛМТ) ґрунту визначає напружений стан, за якого починається руйнування його структури. Припустимо, що розмивна швидкість потоку залежить від зусилля відриву забруднення від поверхні рослинної сировини і щільності забруднень. Визначимо цю залежність. Залежність, що визначає ЛМТ в загальному вигляді, має такий вигляд:

$$\sigma = f(\tau). \quad (3)$$

де  $\sigma$  – нормальне напруження, Н/м<sup>2</sup>;  
 $\tau$  – дотичне напруження, Н/м<sup>2</sup>.

Далі, використовуючи математичні перетворення, наведені в праці [6], отримуємо правило вибору швидкості потоку, який омиває поверхню сировини:

$$v > \sqrt{\frac{2\sigma_p}{\rho_2}}. \quad (4)$$

де  $\sigma_p$  – зусилля відриву забруднень від поверхні сировини, н/м<sup>2</sup>;  
 $\rho_2$  – щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup>.

Зауважимо, що швидкість потоку, що омиває, тісно корелює з розглянутою вище розмивною швидкістю. У першому наближенні ці швидкості можна прийняти за рівні. Так можна вийти, по-перше, на рекомендації для гідродинамічного режиму в мийній машині, по друге, отриманий вираз свідчить про необхідність визначення адгезійно-когезійних характеристик ґрунтових забруднень. Ураховуючи пористість чорнозему від 30 до 50%, залежність (4) набуває такого вигляду:

$$v > (0,3...0,5) \sqrt{\frac{2\sigma_p}{\rho_2}}. \quad (5)$$

Вираз [5] є правилом вибору розмивної швидкості потоку в мийних машинах для рослинної сировини. У наведеному виразі під знаком кореня в чисельнику знаходиться величина  $\sigma_p$ , є собою зусиллям відриву ґрунтових забруднень від поверхні рослинної сировини. Це свідчить про те, що для визначення розмивної швидкості потоку води в мийній машині для рослинної сировини необхідно знати адгезійно-когезійні властивості відповідних ґрунтів.

Наведемо деякі дані щодо адгезійних властивостей чорнозему. Для визначення зусилля відриву забруднення від поверхні рослинної сировини були застосовані адгезіометри, які вимірювали це зусилля у вертикальному та дотичному напрямках. Як сировину в експерименті використовували шкірку томатів, огірків, картоплі, буряка та моркви. Повністю експеримент із визначення зусилля відриву описаний в роботі «Определение адгезионно-когезионного взаимодействия загрязнений и растительного сырья». При визначенні зусилля відриву має значення шорсткість поверхні коренеплодів та овочів. Можна виокремити три випадки, що характеризують вплив шорсткої поверхні на адгезію. Перший випадок можливий, коли контактують ідеально гладкі поверхні. Другий випадок можливий, коли висота виступів менша розмірів частинок бруду. При цьому площа істинного контакту частинок із поверхнею зменшується, і тому зменшується сила адгезії. У третьому випадку збільшення сил адгезії відбувається за рахунок шорсткості, коли величина виступів сумірна з розмірами частинок забруднення. Площа істинного контакту знову росте, що приводить до зростання сил адгезії.

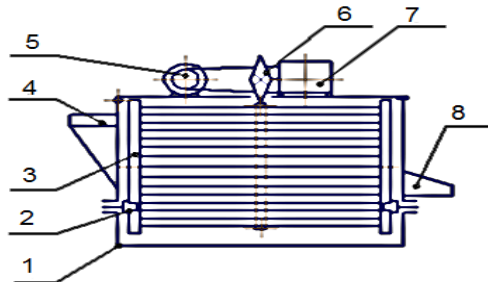
На підставі викладеного можна зробити висновок, що адгезія на мікрошорсткій поверхні менша, ніж на гладких або макрошорстких поверхнях. Цей висновок підтверджується наведеними даними з визначенню зусилля відриву забруднення (чорнозему) від поверхні сировини.

За результатами досліджень визначено, що максимальне зусилля відриву набирає свого найбільшого значення при вологості чорнозему 27...28%. Максимальне зусилля відриву забруднення від поверхні для картоплі дорівнює 3780 Н/м<sup>2</sup>, для буряка – 3760 Н/м<sup>2</sup>, для моркви – приблизно 4000 Н/м<sup>2</sup>, для огірків – 4470 Н/м<sup>2</sup>, для томатів – більше 5000 Н/м<sup>2</sup>. Далі при збільшенні вологості ґрунту зусилля відриву поступово зменшується й на рівні 35...37% відсотків вологості ґрунту зусилля відриву дорівнює від 350 до 500 Н/м<sup>2</sup>. Це свідчить про те, що для досягнення значного зниження зусилля відриву за рахунок збільшення вологості ґрунтових забруднень потрібен час для проведення відмочування сировини. Це призводить до збільшення габаритів відмочувальної ванни або до зменшення продуктивності машини.

Кількість забруднень на поверхні овочевої сировини хоча й регламентується ДСТУ та ТУ [8–10], але в дійсності на майданчик для сировини консервного заводу надходять сильно забруднені ґрунтом овочі. Тому в технологічних лініях доводиться послідовно встановлювати декілька машин для миття, що призводить до збільшення витрат питної води. Наприклад, 1 м<sup>3</sup> водопостачання та

водовідведення в Одесі й області для промислових харчових підприємств коштував у 2013 р. 17, 412 грн, легко підрахувати кошти, які витрачаються в разі використання двох або трьох мийних машин в одній технологічній лінії. Зрозуміло, що під час проведення процесу миття рослинної сировини доцільно будь-яким чином видалити частину забруднень до миття безпосередньо водою. Тому були проведені експерименти з визначення параметрів «сухого миття», а саме колової швидкості барабана секції «сухого миття» в мийній машині. Експеримент проводився на барабанній мийній машині моделі Ш24 – КМО [11]. Після процесу «сухого миття» залишкові забруднення на сировині можна класифікувати як плівкові, вони досить легко видаляються потоком води.

Машина (рис. 5) складається з ванни 1, всередині якої розташований барабан 3, що спирається на опорні ролики 2, лотків завантаження і розвантаження 4 і 8. Привід машини складається з двигуна 5, клинопасової передачі, черв'ячного редуктора 7 і ланцюгової передачі 6. Для можливості регулювання числа обертів барабана машини в її привід був уведений регулятор частоти струму Schneider Electric. Як сировину було використано картоплю, буряк, моркву (табл. 4). Частоту обертів барабана змінювали з кроком у 5 об./хв.



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

За експериментальними даними побудовано (рис. 6; 7) залежності ступеня очищення від колової швидкості барабана (наведений приклад для моркви). Найбільш прийнятним є діапазон колової швидкості барабана від 0,471 м/с до 0,628 м/с, у разі збільшення колової швидкості барабана до 0,785 м/с сировина травмується, на ній з'являються сліди від ударів, потертості, порушується цілісність поверхні сировини. Крім того

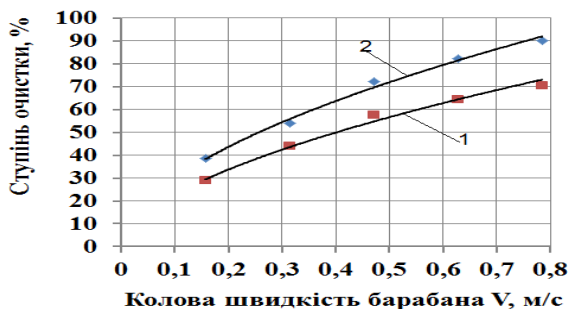
підвищується відсоток сировини, що травмується, до 7...9%, а під час «сухого миття» моркви – до 12%. За умови колової швидкості від 0,471 до 0,628 м/с режим руху сировини в барабані такий: підйом сировини на певну висоту, потім зісковзування її по поверхні барабана та по іншій сировині.

Такий режим руху сировини забезпечує якісне очищення бруду і не травмує сировину. Тому за робочу кількість обертів барабана прийнято  $n_p=18...20$  об./хв, що відповідає коловій швидкості барабана  $V_6 = 0,58...0,63$  м/с при діаметрі барабана 0,6 м.

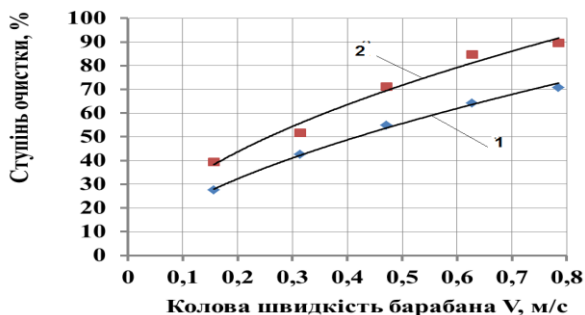
Таблиця 4

**Діапазон експериментальних досліджень «сухого миття»**

Сировина	Маса одночасного завантаження, кг	Тривалість обробки, с	Кількість обертів барабана, об./хв	Коефіцієнт завантаження $\phi$ , %
Буряк	10...60	30...180	5–25	10...60
Картопля				
Морква				



**Рис. 6. Залежність видалення забруднень від колової швидкості барабана для партії моркви 15 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с; 2 – 120 с**



**Рис. 7.** Залежність видалення забруднень від колової швидкості барабана для партії моркви 30 кг при тривалості обробки: 1 – 60 с; 2 – 120 с

Схожі графічні залежності були отримані під час експериментів із картоплею та буряком. 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 води на миття сировини.

**Висновки.** Проаналізувавши процес «сухого миття», можна зробити висновок, що за допомогою цього процесу руйнуються когезійні зв'язки ґрунтових забруднень, і кількість забруднень на поверхні рослинної сировини зводиться до мінімуму. Бруд, що залишається на поверхні сировини, можна класифікувати як плівковий. У свою чергу забруднення такого роду можна видалити за допомогою направленою потоку рідини під час безперервної взаємодії (терті) сировини об сировину та об внутрішню поверхню барабана машини. Отримані дані свідчать про те, що за умови комбінування процесів «сухого миття» з традиційними принципами видалення забруднень із поверхні рослинної сировини та погодженням режимів миття під час двоступеневого способу, тобто застосування ступеня «сухого миття» та миття водою в одній машині [13; 14], можна істотно скоротити витрати чистої питної води й зберегти високі параметри якості миття сировини. Використання процесу «сухого миття» при коловій швидкості барабана не більше 0,63 м/с дозволяє на цьому етапі видалити близько 70% ґрунтових забруднень, відповідно на цю ж величину зменшуються витрати води. Експериментально отримані розмивні швидкості потоку води в мийній машині на другому ступені, тобто на ступені миття водою, корелюють із виразом (5).

## Список джерел інформації / References

1. Богомолов, А. И. Гидравлика / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. – М. : Стройиздат, 1972. – 648 с.  
Bogomolov, A.I. (1972), *Hydraulics [Gidravlika]*, Stroizdat, Moscow, 648p.
2. Чугаев Р. Р. Гидравлика / Р. Р. Чугаев. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 671 с.  
Chugaev, R.R. (1982), *Hydraulics [Gidravlika]*, Energoizdat, Leningrad, 671 p.
3. Зенков Р. Д. Механика насыпных грузов / Р. Д. Зенков. – М. : Недра, 1964. – 311 с.  
Zenkov, R.D. (1964), *Mechanics of bulk cargoes [Mekhanika nasyynykh gruzov]*, Nedra, Moscow, 311 p.
4. Грунтоведение / В. Т. Трофимов, В. А. Королёв, Е. А. Вознесенский [и др.] ; под ред. проф. В. Т. Трофимова. – [6-е изд.]. – М. : МГУ, 2005. – 1024 с.  
Trofimov, V.T., Korolyov, V.A., Voznesensky, E.A. (2005), *Soil science [Gruntovedenie]*, Moscow, 1024p.
5. Гольдштейн М. Н. Механические свойства грунтов / М. Н. Гольдштейн. – [2-е изд.]. – М. : Изд-во лит. по стр-ву, 1971. – 367 с.  
Gol'dshtein, M.N. (1971), *Mechanical features of soil [Mekhanicheskie svoistva gruntov]*, Moscow, 367 p.
6. Корн Г. Справочник по математике для научных работников / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1973. – 720 с.  
Korn, G., Korn, T. (1973), *Guide on mathematics for scholars [Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov]*, Moscow, 720 p.
7. Всеволодов А. Н. Определение адгезионно-когезионного взаимодействия загрязнений и растительного сырья / А. Н. Всеволодов, А. К. Гладушняк // Наук. пр., ОНАХТ. – О., 2010. – Вип. 38, т. 2. – С. 337–344.  
Vsevolodov, A.N., Gladushnyak, A.K. (2010), "*Identification of adhesion-cohesion interactions of contaminations and vegetative raw materials*" [*"Opredelenie adhesionno-cohesionnogo vzaimodeystviya zagryaznenij i rastitel'nogo syr'ya"*], *Nauk. Appliance, ONAHT*, Odessa, pp. 337–344.
8. Картопля рання та продовольча. Настанови щодо постачання і контролювання якості: ДСТУ ЕЕК ООН FFV-52:2007. – [Чинний від 2007-24-12]. – К. : Держспоживстандарт України 2007. – 10 с.  
Manuals of deliveries and quality control: DSTU EЕК ООН FFV-52:2007 [Valid & applicable since 2007-24-12] [Картопля рання та продовольча. Nاستanovy shhodo postachannja y kontroljuvannja jakosti: DSTU EЕК ООН FFV-52:2007], National standard of Ukraine, Kiev, 10 p.
9. Морква столова молода свіжа. Технічні умови : ДСТУ 286-91. – [Чинний від 1992.01.01.]. – К. : Держспоживстандарт України, 1992. – 18 с.  
Young fresh foodstuff carrot. Technical conditions: DSTU 286-91 [Valid & applicable since 1992.01.01.], National standard of Ukraine, Kiev, 18 p.
10. Огірки свіжі. Технічні умови : ДСТУ 3247-95. – [Чинний від 1997-01-01.]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – 24 с.  
Fresh cucumbers. Technical conditions: DSTU 3247-95 [Valid & applicable since 1997-01-01.], National standard of Ukraine, Kiev, 24p.

11. Всеволодов А. Н. Определение количества удалённых загрязнений от параметров «сухой мойки» / А. Н. Всеволодов, А. К. Гладушняк // Наук. пр. ОНАХТ. – О., 2012. – Вып. 42, т. 2. – С. 490–496.

Vsevolodov, A.N., Gladushnyak, A.K., (2010), "Finding out of the contaminations quantity from "dry washing" parameters" ["Определение количества удаленных загрязнений от параметров «сухой мойки»"], *Nauk. Appliance ONAHT*, Odessa, pp. 490–496.

12. Всеволодов А. Н. Обоснование режимов мойки пищевого растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.12 / Всеволодов А.Н. – О., 2013. – 196 с.

Vsevolodov, A.N. (2013) *Substantiation of modes of washing of edible vegetative raw materials* [*Obosnovanie rezhimov moiki pishchevogo rastitel'nogo syr'ya: dis. ... kand. tekhn. nauk*], ONAHT, Odessa, 196 p.

13. Пат. 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. – № u201212308 ; заявл. 29.10.2012 ; опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9.

Vsevolodov, O.M., Gladushnak O.K., (2013). *Root crops washing instrument: Useful model patent* МПК А 23 N 12/02 № 79949 [*Sposib mityta koreneplodiv*], Pat., Ukraine.

14. Пат. 80590 Україна, МПК А23/N 12/02. Машина для мийки коренеплодів / Всеволодов О. М., Гладушняк О. К. ; заявник та патентовласник Одес. нац. акад. харч. технологій. – № u201212306 ; заявл. 29.10.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.

Vsevolodov, O.M., Gladushnak, O.K. *Crops washing machine: Useful model patent* МПК А 23 N 12/02 № 80590. [*Machyna dlya myjki koreneplodiv*], Pat., Ukraine.

**Всеволодов Олександр Миколайович**, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра технологічного обладнання харчових виробництв. Одеська академія харчових технологій. Адреса: вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна; 65039. Тел.: (066)6490587, (096)2113452; e-mail: [vsevolod-alex@yandex.ru](mailto:vsevolod-alex@yandex.ru).

**Всеволодов Александр Николаевич**, канд. техн. наук, ст. преп., кафедра технологического оборудования пищевых производств, Одесская академия пищевых технологий, Адрес: ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039, Тел.: (066)6490587, (096)2113452; e-mail: [vsevolod-alex@yandex.ru](mailto:vsevolod-alex@yandex.ru).

**Vsevolodov Alexander**, PhD, senior lecturer; Odessa National Academy of Edible Technologies; the board of the edible productions processing equipment. Address: Kanatnaya str., 112, Odessa, Ukraine, 65039. Tel.: (066)6490587, (096)2113452; e-mail: [vsevolod-alex@yandex.ru](mailto:vsevolod-alex@yandex.ru).

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.І. Маяком, д-ром техн. наук О.К. Гладушняком, д-ром техн. наук О.Г. Бурдо. Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*