

з вузькозахватними секціями / О.О. Налобіна // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей. Вип. 15. - Луцьк, 2007. - С. 109-114.

4. Ковалев М.М., Козлов В.П. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет) / М.М. Ковалев, В.П. Козлов // Тверь, 2002. – 208 с.
- 

### **О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДАВЛЕНИЯ КОЛЕС ЛЬНОТЕРЕБИЛЬНОГО АГРЕГАТА НА ПОЧВУ**

*В статье рассмотрено распределение сил давления на почву колёс трактора с навесной льнотеребилкой.*

**Ключевые слова:** давление, колесо, трактор, почва, забор, лен, навесная льнотеребилка, агрегат.

### **WHEELS ON THE DISTRIBUTION OF PRESSURE ON SOIL OF FLAX PULLER**

*The article considers the allocation of pressure forces of tractor wheels on the ground with mounted flax puller.*

**Key words:** pressure, wheel tractor, soil, taking of, linen, mounted flax puller, unit.

УДК 632.982.1

### **ВПЛИВ ОСАДЖУЮЧОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ НА ЗМЕНШЕННЯ ЗНЕСЕННЯ РОЗПИЛЕНИХ КРАПЕЛЬ**

**В.В. Ратушний**, канд. техн. наук, **В.І. П'ятаченко** інж.,  
**В.І. Панасюк**, наук. співр., **М.А. Михайленко**, наук. співр.  
*ІНЦ «ІМЕСГ»*

---

*Викладено результати теоретичних і експериментальних досліджень впливу осаджуючого повітряного потоку на зменшення знесення розпилених крапель рідини, на які діє боковий повітряний потік.*

**Ключові слова:** розпилення, знесення крапель, боковий повітряний потік, осаджуючий повітряний потік, рух крапель.

---

**Проблема.** Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва та широке впровадження механізованих технологій вирощування польо-

---

© В.В. Ратушний, В.І. П'ятаченко, В.І. Панасюк, М.А. Михайленко.  
Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

вих культур вимагає збільшення об'ємів використання хімічних засобів захисту рослин. Таке збільшення гостро ставить задачі зниження їх дії на екологію навколишнього середовища та забруднення продуктів харчування залишковими кількостями пестицидів. Внесення пестицидів супроводжується втратами унаслідок знесення крапель робочої рідини вітром за межі зони обробки, в результаті чого знижується ефективність хімічного захисту та збільшується навантаження на екологічний стан довкілля.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливим напрямком досліджень у плані зменшення об'ємів застосування пестицидів є підвищення ефективності та екологічної безпеки їх використання. За рахунок покращення показників якості обприскування сільськогосподарських культур рекомендовані норми внесення пестицидів можна зменшити у декілька разів.

Основним метеорологічним чинником, який впливає на якість розпилення пестицидів та екологічну безпеку довкілля, є швидкість вітру. Ступінь впливу швидкості вітру залежить від розміру крапель під час обприскування. Крупні краплі менш чутливі до знесення вітром, ніж дрібні, але навіть з використанням сучасних технологій мінімізації втрат препаратів повністю уникнути знесення крапель неможливо. Навіть незначна (2-3 м/с) швидкість вітру, який завжди присутній у польових умовах, викликає знесення крапель рідини від заданої траєкторії. При швидкості вітру 4-5 м/с знесення робочої рідини може бути настільки значним, що обприскування доводиться призупиняти. В іншому випадку дія пестицидів неефективна, а забруднення навколишнього середовища досягає критичних значень.

Знесення крапель може відбуватися як вітром із зони обробки, так і осадженням крапель на ґрунт з потоку повітря. Знесення розпиленого препарату підвищується пропорційно збільшенню швидкості вітру. При швидкості вітру більшій 5 м/с хімічну обробку традиційними способами обприскування проводити недоцільно, тому що значна частина розпилених крапель буде зноситись вітром. Так, за даними фірми Hardi (Данія) [1] та [2] при традиційному способі обприскування при швидкості вітру від 3,0 м/с до 8,5 м/с втрати препарату через знесення становлять від 2,4% до 11%.

Таким чином, знесення препаратів є однією з найбільш гострих проблем хімічного захисту рослин. Звичайно, знесення крапель під час обприскування можна значно зменшити за рахунок збільшення їх розмірів, але при цьому знижується біологічна ефективність препара-

ту. Розмір крапель впливає на осідання, утримання препарату на рослинах, на ступінь покриття препаратом рослинної поверхні, проникнення його в тканину рослин (листову абсорбцію) та на токсичність його для шкідливих організмів. Краплі менші 80 мкм у великій мірі схильні до знесення повітряними потоками, а краплі більші 350 мкм погано утримуються на рослинах і скочуються на землю.

Дослідженнями [3] встановлено, що застосування примусового осадження розпиленних крапель робочої рідини в обприскувачах підвищує показники якості виконання технологічного процесу. При напорі повітря 0,03 МПа та тиску робочої рідини в нагнітальній комунікації 0,5 МПа густина покриття краплями поверхні збільшилась в 1,46 раза, а нерівномірність розподілу робочої рідини за шириною захвату зменшилась в 3,3 раза порівняно із обприскуванням без осадження крапель.

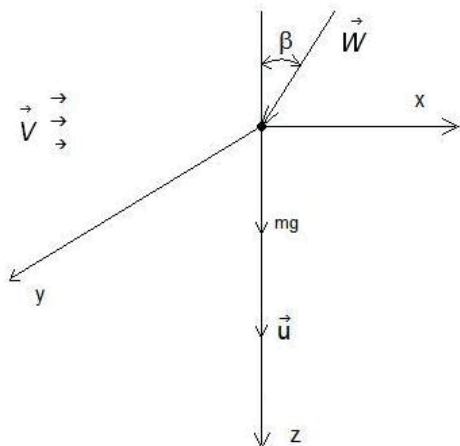
Дуже велика увага дотриманню природоохоронного законодавства і зменшенню знесення розпиленних крапель отрутохімікатів приділяється у розвинених країнах, де прийняті міжнародні стандарти, які регламентують методи вимірювання знесення отрутохімікатів як під час лабораторних випробувань у аеродинамічних трубах [4], з використанням випробувального стенда [5], так і польових вимірювань [6]. Інший міжнародний стандарт [7] встановлює методику класифікації штангових обприскувачів польових культур за результатами польових вимірювань за ступенем знесення розпиленних крапель, в тому числі методи випробування та критерії оцінки ступеня знесення. Відкладення знесених крапель та їх збір визначають на різних відстанях від цільової поверхні і оцінюють експлуатаційні показники обприскувачів щодо зменшення знесення розпиленних крапель порівняно зі стандартною системою обприскування.

Проте вплив осаджуючого повітряного потоку на зменшення знесення розпиленних крапель у названих дослідженнях і публікаціях не розглядався.

**Мета досліджень.** Підвищення якості та екологічної безпеки використання пестицидів за рахунок зменшення знесення розпиленних крапель рідини осаджуючим повітряним потоком.

**Результати досліджень.** Аналіз відомих досліджень руху розпиленних крапель показав, що вони описують цей процес для умов, коли початкова швидкість їх дорівнює нулю [8], що неприйнятно для крапель, які виходять під тиском з розпилювача і мають початкову швидкість. У [9] описується рух частинок вже з урахуванням їх початкової швид-

кості, але сила опору повітря прийнята прямо пропорційною швидкості частинки, хоча відомо, що ця сила має квадратичну залежність від швидкості частинки. Крім того, відомі дослідження не враховували дії на частинки бокового повітряного потоку і осаджуючого потоку. Тому нами проводились теоретичні дослідження з урахуванням викладеного вище.



**Рис.1.** Сили, які діють на частинку, що рухається вертикально вниз під дією бокового і осаджуючого повітряних потоків

напрямку дії гравітаційної сили, вісь  $Ox$  – у напрямку дії бокового повітряного потоку. Крім сили ваги, на краплю діє також сила опору повітря, боковий повітряний потік зі швидкістю  $\vec{V}$  в напрямку осі  $Ox$  та осаджуючий потік зі швидкістю  $\vec{W}$ , що діє у площині  $YOZ$  під кутом  $\beta$  до вертикалі.

Диференціальне рівняння руху краплі у векторній формі можна записати у такому вигляді:

$$\frac{d}{dt} \vec{U} = \frac{\mathbf{g}}{V_{sum}^2} (\vec{V} + \vec{W} - \vec{U})^2 \frac{(\vec{V} + \vec{W} - \vec{U})}{|\vec{V} + \vec{W} - \vec{U}|} + \vec{g}, \quad (1)$$

де  $\vec{V}$ ,  $\vec{W}$ ,  $\vec{U}$  – вектори, відповідно, швидкості бокового повітряного потоку, осаджуючого потоку і краплі;  $V_{sum}$  – швидкість витання;  $\vec{g}$  – вектор прискорення сили земного тяжіння,  $|\vec{g}| = g$ .

Рух крапель можна моделювати рухом падаючого тіла в середовищі з опором. Розглянемо рух краплі, що падає вертикально вниз, з урахуванням впливу опору повітря, дії бокового і осаджуючого повітряних потоків (рис. 1). Нехай крапля масою  $m$  під дією сили тяжіння  $G=mg$ , де  $g$  – прискорення вільного падіння, падає вертикально вниз у повітрі з деякої висоти (з точки  $O$ ) з початковою швидкістю  $\vec{U}$ , яка дорівнює швидкості вильоту краплі з розпилювача. Точку  $O$  декартової тривимірної системи координат візьмемо за початок координат, вісь  $Oz$  цієї системи координат направимо в

Вектори швидкості бокового і осаджуючого повітряних потоків та крапель мають відповідно такий вигляд:

$$\vec{V} = \{V_x; V_y; V_z\}, \quad \vec{W} = \{W_x; W_y; W_z\}, \quad \vec{U} = \{U_x; U_y; U_z\}.$$

Динаміка взаємодії краплі з боковим і осаджуючим повітряними потоками в загальному виді в проекціях декартової тривимірної системи координат описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}U_x(t) = A \frac{g}{V_{\text{сум}}^2} (V_x + W_x - U_x(t)) \\ \frac{d}{dt}U_y(t) = A \frac{g}{V_{\text{сум}}^2} (V_y + W_y - U_y(t)) \\ \frac{d}{dt}U_z(t) = A \frac{g}{V_{\text{сум}}^2} (V_z + W_z - U_z(t)) + g \end{cases}, \quad (2)$$

$$\text{де } A = \sqrt{(V_x + W_x - U_x(t))^2 + (V_y + W_y - U_y(t))^2 + (V_z + W_z - U_z(t))^2}.$$

Початкові умови руху при  $t = 0$  будуть мати такий вигляд:

$$x = 0; \quad y = 0; \quad z = 0;$$

$$\vec{V} = \{V_0; 0; 0\}; \quad \vec{W} = \{0; W_0 \sin \beta; W_0 \cos \beta\}; \quad \vec{U} = \{0; 0; 0\},$$

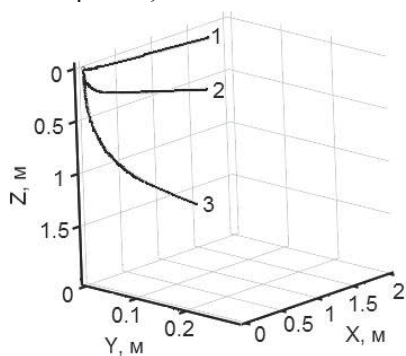
де  $\mu$  - коефіцієнт витрати рідини;  $\Delta P$  - робочий тиск рідини в системі, кПа;  $\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>.

При розрахунках, проведених за допомогою програмного середовища Mathcad 14, приймалась початкова швидкість крапель при виході із розпилювача 25 м/с, осаджуюче сопло устанавлювалось під кутом  $\beta = 30^\circ$  до вертикалі. Розрахунки проводились для крапель діаметром 100; 250 і 500 мкм, при швидкостях бокового повітряного потоку 3; 5 і 7 м/с без осаджуючого потоку та з осаджуючим потоком зі швидкістю 15 і 30 м/с. Час при розрахунках приймався таким, щоб крапля долетіла до цільової поверхні (50 см від розпилювача). Значення швидкості витання крапель різних діаметрів визначалися за формулою Стокса з уточненими даними [8].

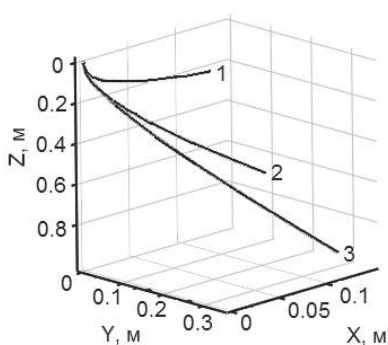
З аналізу представлених графічних залежностей (рис. 2 і 3) випливає, що при швидкості вітру 5 м/с краплі діаметром 100 - 500 мкм зносяться вітром на 1,75 м, при цьому краплі діаметром 100 мкм пролітають у напрямку цільової поверхні лише на 11 см, діаметром

250 мкм – на 60 см, а діаметром 500 мкм – на 1,71 м. При швидкості вітру 5 м/с без дії осаджуючого потоку крапля діаметром 100 мкм пролітає лише 3 см до цільової поверхні і зноситься на 17 см у напрямку дії вітру. Під дією осаджуючого потоку зі швидкістю 15 м/с при такому ж вітрі та ж крапля пролітає до цільової поверхні 48 см.

На більш крупні краплі дія осаджуючого повітряного потоку впливає у меншій мірі. Наприклад, при швидкості вітру 5 м/с без осадження крапля діаметром 250 мкм пролітає до цільової поверхні 0,23 м, а з осадженням при швидкості осаджуючого потоку 15 м/с – 0,60 м. Для крапель діаметром 500 мкм ця відстань, відповідно, становить 0,50 м і 0,76 м. При збільшенні швидкості осаджуючого потоку до 30 м/с при такій же швидкості вітру крапля діаметром 250 мкм пролітає до цільової поверхні 0,90 м.



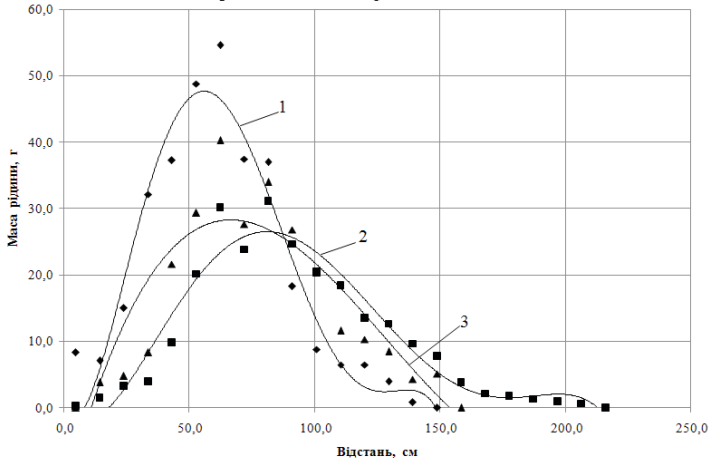
**Рис. 2.** Траєкторія руху крапель при  $V=5$  м/с і  $W=0$  м/с: 1, 2, 3 – діаметром, відповідно, 100 мкм, 250 мкм і 500 мкм



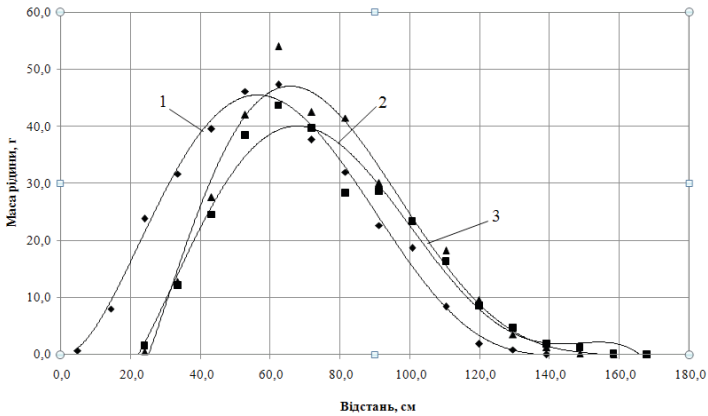
**Рис. 3.** Траєкторія руху крапель діаметром 250 мкм при  $V=5$  м/с: 1 -  $W=0$  м/с; 2, 3 - відповідно,  $W=15$  м/с і  $W=30$  м/с

Експериментальні дослідження розпилення, знесення і осідання крапель рідини проводились з використанням щілинних стандартних розпилювачів ST 110-02 та інжекторних розпилювачів ID 120-02 за допомогою лабораторної установки, яка включала системи подачі і розпилення рідини, створення повітряного потоку, осадження і збирання рідини. Перед проведенням досліджень визначали витрату рідини через розпилювачі згідно з СОУ 74.3-37-266:2005 [10]. Дослідження з визначення впливу робочого тиску рідини, швидкості повітряного потоку і швидкості осаджуючого потоку на розподіл розпиленої рідини та її знесення проводили для трьох варіантів: А - розпилення рідини без дії бо-

кового і осаджуючого потоків; Б - знесення розпиленої рідини під дією бокового повітряного потоку; В - осадження розпиленої рідини, на яку діє боковий потік, осаджуючим повітряним потоком.



а



б

**Рис. 4.** Розподіл розпиленої рідини за масою розпилювачами : а - ST 110-02: 1 - розпилення рідини при  $V=0$  м/с і  $W=0$  м/с; 2 - знесення розпиленої рідини при  $V=3$  м/с; 3 - осадження розпиленої рідини при  $V=3$  м/с і  $W=15$  м/с; б – ID 120-02: 1 - розпилення рідини при  $V=0$  м/с і  $W=0$  м/с; 2 - знесення розпиленої рідини при  $V=5$  м/с; 3 - осадження розпиленої рідини при  $V=5$  м/с і  $W=15$  м/с

За результатами проведених досліджень встановлено, що при використанні щільних стандартних розпилювачів ST 110-02 при швидкості вітру 3 м/с та тиску 0,2 МПа максимальне знесення розпиленних крапель в напрямку дії бокового повітряного потоку, яке спостерігається на гофрованій поверхні лабораторної установки, збільшується порівняно з розпиленням у безвітряну погоду на 51 см, а при швидкості вітру 5 м/с – на 84 см, при тиску 0,35 МПа таке збільшення становить, відповідно, 80 і 96 см. Використання примусового осадження зі швидкістю 15 м/с зменшує відстані знесення при робочому тиску 0,2 МПа на 39 і 24 см відповідно, а при тиску 0,35 МПа знесення зменшується, відповідно, на 17,5 і 29 см (рис. 4, а).

Дія осаджуючого повітряного потоку при використанні інжекторного розпилювача ID 120-02 не так явно виражена. При тиску 0,2 МПа і швидкості вітру 5 м/с знесення розпиленних крапель в напрямку дії бокового повітряного потоку становить 38 см, а при швидкості вітру 7 м/с – 76 см, при тиску 0,35 МПа знесення становить, відповідно, 38 і 85 см. Використання примусового осадження зменшує відстані знесення при тиску 0,2 МПа на 19 і 16 см відповідно, а при тиску 0,35 МПа – на 10,5 і 3,2 см (рис. 4, б).

За результатами досліджень також встановлено, що вплив осаджуючого потоку особливо виражений при збільшенні швидкості вітру (більше 3,0 м/с для розпилювачів ST 110-02 і більше 5,0 м/с для розпилювачів ID 120-02). У даному випадку кількість рідини, що осіла на гофрованій поверхні лабораторної установки, при швидкості вітру 5,0 м/с і осаджуючому потоку зі швидкістю 15 м/с збільшується до 30 % для розпилювачів ST 110-02 і до 12 % для розпилювачів ID 120-02.

**Висновки.** 1. Встановлено вплив осаджуючого повітряного потоку на зменшення знесення розпиленних крапель рідини, на які діє боковий повітряний потік, та розподіл розпиленої рідини за масою по ширині захвату залежно від робочого тиску рідини в системі розпилювачами різних типів.

При використанні стандартних розпилювачів ST 110-02 при швидкості вітру 3 м/с та тиску 0,2 МПа максимальне знесення розпиленних крапель в напрямку дії бокового повітряного потоку збільшується порівняно з розпиленням у безвітряну погоду на 51 см, а при швидкості вітру 5 м/с – на 84 см, при тиску 0,35 МПа таке збільшення становить, відповідно, 80 і 96 см. Використання примусового осадження зі швидкістю 15 м/с зменшує відстані знесення при робочому тиску 0,2 МПа, відповідно, на 39 і 24 см, а при тиску 0,35 МПа, відповідно, на 17,5 і 29 см.



При використанні інжекторних розпилювачів ID 120-02 при тиску 0,2 МПа і швидкості вітру 5 м/с знесення розпилених крапель в напрямку дії бокового повітряного потоку становить 38 см, а при швидкості вітру 7 м/с – 76 см, при тиску 0,35 МПа знесення становить, відповідно, 38 і 85 см. Використання примусового осадження зменшує відстані знесення при тиску 0,2 МПа на 19 і 16 см відповідно, а при тиску 0,35 МПа – лише на 10,5 і 3,2 см.

2. При швидкості бокового вітру 5,0 м/с і осаджуючому потоці зі швидкістю 15 м/с кількість рідини, що осіла, збільшується до 30 % для розпилювачів ST 110-02 і до 12 % для розпилювачів ID 120-02.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Facts. HARDI TWIN Luftunrerstuzung: Prospekt / HARDI GmbH.* – О.О.и.Ј. – 8 S.
2. *Вулф Т.* Стабильное распыление // *Зерно.* – 2007. – №10. – С.73-79.
3. *Барановський О.С., П'ятченко В.І.* Дослідження процесу пневматичного осадження краплин при обприскуванні // *Механізація та електрифікація сільського господарства.* – 2006. – Вип. 90. – С.203-211.
4. *ISO 22856:2008* Equipment for crop protection - Methods for the laboratory measurement of spray drift - Wind tunnels.
5. *ISO 22369-3* Crop protection equipment - Drift classification of spraying equipment - Part 3: Potential spray drift measurement for field crop sprayers by the use of a test bench.
6. *ISO 22866:2005* Equipment for crop protection - Methods for field measurement of spray drift.
7. *ISO 22369-2:2010* Crop protection equipment - Drift classification of spraying equipment - Part 2: Classification of field crop sprayers by field measurements.
8. *Зайка П.М.* Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (Ч.4). Машина для захисту рослин від шкідників і хвороб. – Харків: Око, 2002. – 272 с.
9. *Пискунов Н.С.* Дифференциальное и интегральное исчисления. Для ВТУЗОВ. – Изд. 3-е, стереотип. – М.: Физматгиз, 1961. – 748 с.
10. *COU 74.3-37-266:2005* Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Програма і методи випробувань.

## ВЛИЯНИЕ ОСАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА УМЕНЬШЕНИЕ СНОСА РАСПЫЛЕННЫХ КАПЕЛЬ

*Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния осаждающего воздушного потока на уменьшение сноса распыленных капель жидкости, на которые действует боковой воздушный поток.*

**Ключевые слова:** *распыление, снос капель, боковой воздушный поток, осаждающий воздушный поток, движение капель.*

## INFLUENCE OF PRECIPITATING AIRFLOW ON DRIFT REDUCTION OF ATOMIZED DROPLETS

*The results of theoretical and experimental studies concerning drift reduction of atomized droplets of liquid, which are effected by the cross airflow, with a precipitating airflow are given.*

**Key words:** *spray, drift droplets, cross airflow, precipitating airflow, droplets motion.*

УДК 631.362.333

## ДО НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗКУ РІВНЯНЬ РУХУ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ В БАРАБАННОМУ СКАЛЬПЕРАТОРІ

**Л.М. Тіщенко**, докт. техн. наук, проф., академік НААН,  
**С.А. Богданович**, аспірант

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

---

*Запропоновано наближений розв'язок рівнянь руху зернового вороху в барабанному скальператорі з урахуванням впливу вібрації на технологічний процес.*

**Ключові слова:** *скальператор, циліндричне решето, зерновий ворох, вібрації, технологічний процес, моделювання.*

---

**Проблема.** У сучасних зерноочисних комплексах для попереднього очищення зернового вороху (ЗВ) широко застосовуються барабанні скальператори. Вони прості за конструкцією, технічно надійні, мало травмують зерно. Накладання вібрацій на обертальний

---

© Л.М. Тіщенко, С.А. Богданович.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.