



УДК. 631.362.3:631.1

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ШВИДКОСТІ СКЛАДОВИХ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ

Михайлов Є.В., к.т.н.,

Білокопитов О.О., аспірант<sup>1</sup>

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-21-32

**Анотація** – в роботі представлено методику визначення критичної швидкості складових зернового вороху з використанням модернізованого парусного класифікатора РПК-30.

**Ключові слова** – критична швидкість, швидкість витання, коефіцієнт парусності, повітряний потік, повітрявідокремлюємі домішки, полова, збоїна соломи, насіння бур'янів, зерно, подрібнене зерно, щупле зерно, пил.

*Постановка проблеми.* Зерно, що надходить від зернозбирального комбайну, має різні домішки: насіння інших культур; насіння бур'янів; збоїну соломи; часточки ґрунту; травмоване і подрібнене зерно; «живе» і «мертве» сміття. Використання такого зерна неможливо, а ні як продовольчого, фуражного і тим більше як насінневого матеріалу. Державним стандартом встановлено кондиції – показники якості насіння всіх сільськогосподарських культур [1]. До цих кондицій відносять чистоту насіння, його вологість та схожість.

Процес відділення насіння від домішок називається очисткою. Але надбання високої якості недостатньо лише за рахунок його очистки. Необхідно зерно відсортувати, розподілити на фракції або сорти, вирівнявши по будь-якому важливому признаку. Такими признаками для очищення зерна і домішок можуть бути: розміри зерна; щільність; шорсткість поверхні зерна; форма; колір; пружність; аеродинамічні властивості і так далі. Найбільш часте використання очистки - це розділення насіння за розмірами, а на первинному етапі підготовки насінневого матеріалу – за аеродинамічними властивостями [2,3].

*Аналіз останніх досліджень.* Явище пневматичного сепарування ґрунту на основі різниці опорів, що здійснюється окремими частками повітряного потоку, і обумовлено їх різними аеродинамічними властивостями [4]. У вертикальному висхідному потоці сила тяжіння  $G$  і сила опору  $R$ , діюча на частку, завжди протилежні. Таким чином, співвід-

<sup>1</sup> Науковий керівник – к.т.н., доцент Михайлов Є.В.

© Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов

ношення  $G/R$  визначає напрямок руху частки: при  $G/R < 1$  частка рухається вниз, при  $G/R > 1$  - вверху и при  $G/R = 1$  частка знаходиться у рівновазі, тобто витає.

Розгляданню цього явища присвячена робота [5], що пов'язана із класифікацією потоків сипкого матеріалу, які слід розрізняти: по геометрії каналів, в яких рухається потік матеріалів; по кінематиці потоку; за активністю динамічної взаємодії компоненти; по крупності і складу частинок; по розподілу об'ємної концентрації частинок в поперечному перерізі потоку (вороху); по температурі і вологості матеріалу.

Але аналіз розподілу складових зернового вороху може спостерігатися в досить широкому діапазоні об'ємних концентрацій від щільно упакованого вороху (ворох очисаного зерна зернових, рису, дуже зволоженого) до розрідженого шару, в якому відсутній взаємний вплив частинок на їх обтікання.

Врахування складу і розподілу складових зернового вороху в свою чергу стало основою створення ряду машин і пристроїв [6], вертикального аспіратора АФ-5, вібраційного аспіратора АВФ-10, пристрій для очищення зерна в процесі розсіву і оцінки ефективності аспірації.

*Мета дослідження.* Незважаючи на велику кількість досліджень у галузі очищення зерна, визначення аеродинамічних властивостей насіння сільськогосподарських культур та їх сторонніх домішок і сьогодні є актуальними.

Метою дослідження є удосконалення методика визначення критичної швидкості складових зернового вороху з використанням модернізованого парусного класифікатора РПК-30.

*Основна частина.* У сільськогосподарському виробництві в області очищення зерна від сторонніх домішок в останні роки використовуються процеси, в якому зерновий матеріал (ворох) знаходиться у "барботажному", або псевдозрідженому стані. При такому стані збільшується висота шару зернового матеріалу і збільшується пористість. Цей стан виникає тоді, коли шар зернового матеріалу пронизує повітряний потік з певною швидкістю і де частки вороху (полова, збоїна соломи, насіння бур'янів, зерно, подрібнене зерно, шупле зерно, пил) отримують здатність і починають рухатися, як рідина. Тобто пористість шару зернового вороху визначається як частка об'єму не зайнятої твердою фазою. Швидкість повітряного потоку, при якому шар зернового вороху переходить у псевдозрідженому стан називається критичною, а його опір дорівнює вазі матеріалу на одиницю площі. При цьому здійснюється перерозподіл складових зернового вороху по шарах. Складові, що мають більший коефіцієнт парусності, переміщуються в нижні шари, а з меншим коефіцієнтом парусності – у верхні.

Швидкість часток складових зернового вороху, зважених у повітряному потоку, називають швидкістю витання [3,4,8]. Це обумовлено

тим, що Міделева «площа перетину тіла» при різних його положеннях відносно повітряного потоку змінюється, а відповідно змінюється і його критична швидкість. «Тіло» не залишається нерухомим, а переміщується донизу...догори – тобто витає. При подальшому збільшенні швидкості повітряного потоку починається винесення «тіла» з зони його дії у циклони, відстійні камери, тощо. Така швидкість називається швидкістю пневмотранспортування [7].

Аеродинамічні властивості зерна (або домішок) проявляються, коли вони знаходяться під дією повітряного потоку, і характеризується коефіцієнтом парусності  $K_{\text{п}}$ , що визначається за формулою [8]:

$$K_{\text{п}} = \frac{K \cdot \rho \cdot F}{m}, \quad (1.1)$$

де –  $K$  – коефіцієнт опору зерна (або домішок) повітряному потоку;

$\rho$  – щільність повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;

$F$  – площа Міделевого перетину тіла (площа проекція тіла на площу, перпендикулярно швидкості повітряного потоку),  $\text{м}^2$ ;

$m$  – маса зерна, г;

Якщо «тіло» (зерно) вільно падає у безповітряному просторі, то під дією сили земного тяжіння воно має постійне прискорення  $g$ . Якщо ж «тіло» (зерно, домішка) падає у повітряному просторі, то воно зустрічає опір повітря. Із збільшенням швидкості падіння «тіла» опір повітря зростає, від цього прискорення падіння зменшується і може дорівнювати нулю, коли опір повітря стає рівним силі тяжіння. Після цього «тіло» якби зупиняється. Швидкість для цього випадку прийнято називати критичною [4,8].

Коефіцієнт парусності в такому разі доцільно визначати в залежності від критичної швидкості  $V_{\text{к}}$  [8]:

$$K_{\text{п}} = \frac{g}{V_{\text{к}}^2}. \quad (1.2)$$

Швидкість витання тіла визначають на ротаметричному порціонно-парусному класифікаторі РПК-30 [9]. На наш погляд, більш точніші виміри швидкості витання «тіла» можливо отримати за рахунок обладнання РПК-30 подовжувачем ротаметра з дифузоров та мікроманометром ММН-240 з трубкою Піто-Прандтля, та іншими типами реєструючих пристроїв. При цьому існуючі змінні поплавки ротаметра на використовуються.

На столі 1 (рис.1) на стояку 6 змонтовано подовжену трубку ротаметра 4, яка в свою чергу, з'єднана з ротаметричною трубкою 7 ротаметра, а через рухомий фланець 8 стояка 6, касету 9 і нерухомий фланець 10 - з пневматичним сепаруючим каналом 11. В подовжену трубку ротаметра 4 на відстані шести еквівалентних діаметрів від низу

дифузора 5 введено трубку Піто-Прандтля 3, що з'єднана з мікроманометром ММН-240. По стояку 6 ковзає фланець 8 подовженої трубки ротаметра 4. До нижньої частини подовженої трубки ротаметра 4 приєднано вхідний дифузор 5. Подовжена трубка ротаметра з дифузором, за допомогою важеля 17 вмонтованого в стіл 1, може переміщуватися вертикально вгору і притискати установлену у спеціальне гніздо верхнього фланця 10 касету 9 до нижнього торця фланця 10 пневмосепаруючого каналу 11. На опорі 16 змонтовано циклон 14 в верхній частині якого встановлено електродвигун 13 з вентилятором, а сам циклон через коліно 12 з'єднаний з пневмосепаруючим каналом 11. На вихідній трубці циклона (нижній його частині корпусу) встановлено приймальний стакан 15. Для встановлення подовженої трубки ротаметра і пневмосепаруючого каналу у вертикальне положення на ніжках стола 1 є регулювальні опори. Поплавок ротаметра для проведення експерименту не встановлюється, а регулювання швидкості повітряного потоку забезпечується шляхом зміни частоти обертання вала вентилятора за допомогою ЛАТРа 18.

Робота класифікатора полягає в наступному. “Тіло,, (зерно, домішок), розміщується на рідкій сітці касети 9 у аеродинамічній трубці і під дією вентилятора 13 створюється повітряний потік по замкненому контуру повітроводу. Змінюючи швидкість повітря, підбирають його так, щоб тіло “зависало” в повітрі, не падаючи до низу і не улітаючи вгору.

Швидкість повітряного потоку визначаємо за допомогою мікроманометра ММН-240 і трубки Піто-Прандтля

Методика лабораторних досліджень включає наступні етапи:

- 1) встановити РПК-30 по рівню;
- 2) звільнити і висунути касету поворотом важеля затискаючого пристрою, в яку висипати навіску насіння (домішок) масою 20...30 гр.;
- 3) встановити касету з насінням у гніздо ротаметра і затиснути її між ним і пневматичним каналом;
- 4) підключити прилад до електродвигуна, включити електродвигун;
- 5) відрегулювати швидкість повітряного потоку, що відповідає підйому перших зерен (домішок) до виносу останніх зерен (домішок), змінюючи ЛАТРОм частоту обертання вентилятора,
- 6) зафіксувати показання шкали мікроманометра у діапазоні дослідження;
- 7) визначити значення:
  - максимального і мінімального динамічного тиску;
  - мінімальну і максимальну швидкість витання;
  - мінімальну і максимальну величину коефіцієнта парусності;
  - швидкості транспортування зерна і складових зернового вороху.

Результати досліджень розміщуємо у відомості (табл. 1).

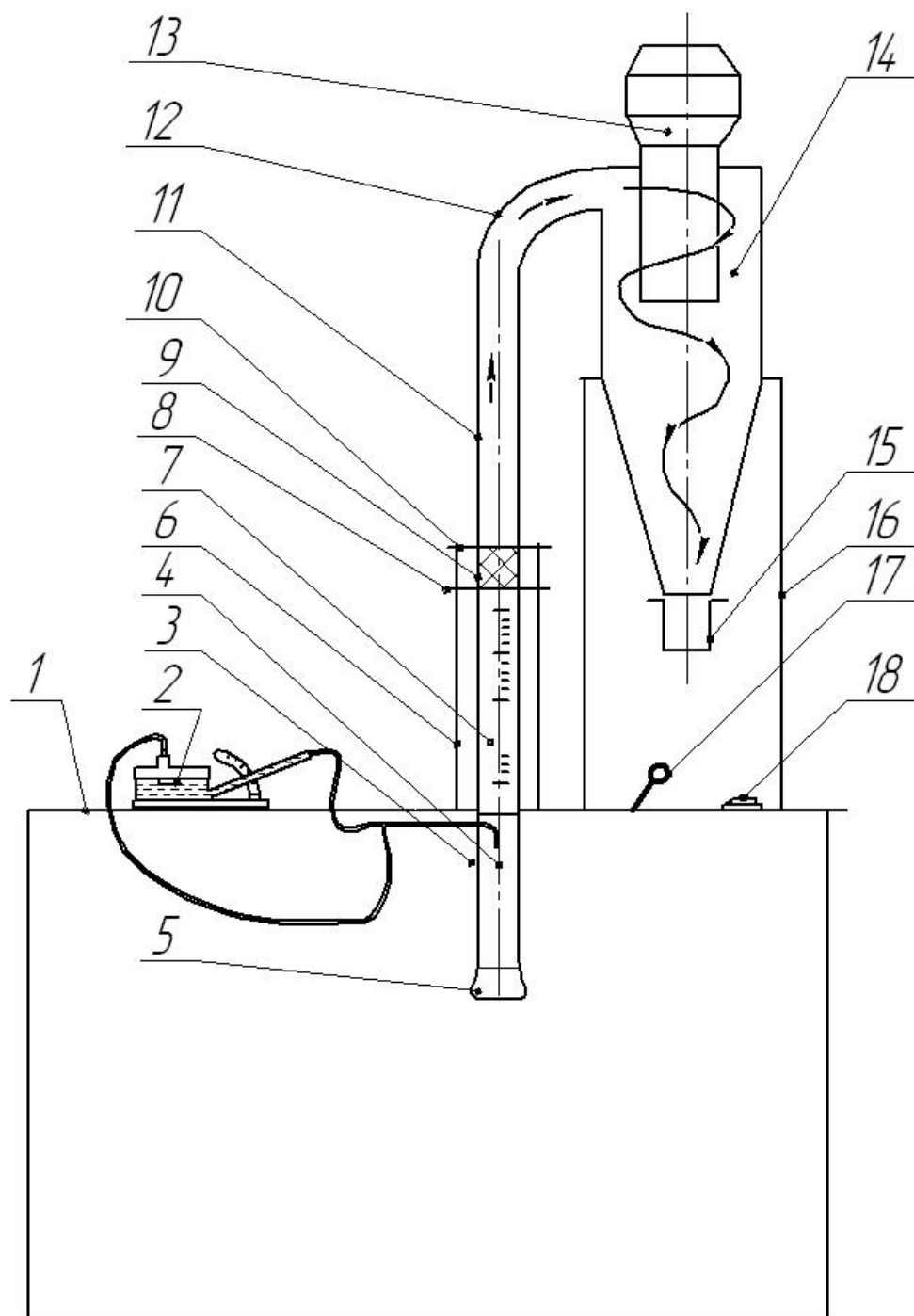


Рис. 1. Схема технологічного процесу модернізованого ротаметричного порціонно-парусного класифікатора РПК-30: 1 – стіл; 2 – мікроманометр ММН-240; 3 – трубка Піто-Прандтля; 4 – подовжена трубка ротаметра; 5 – дифузор; 6 – стояк; 7 – трубка ротаметра; 8 – фланець стояка рухомий; 9 – касета; 10 – фланець нерухомий; 11 – канал пневмосепаруючий; 12 – коліно; 13 – електродвигун вентилятора; 14 – циклон; 15 – стакан; 16 – опора; 17 – важіль; 18 – ЛАТР.

Таблиця 1.

**Відомість результатів експериментальних досліджень визначення критичної швидкості (швидкості витання) та коефіцієнта парусності елементів зернового вороху (зерна, зерна подрібненого, насіння бур'янів, збоїни соломи, колосу та ін.).**

| № точки вимірювання                                                                |  | № точки вимірювання                                                                |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|----|-----------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Порядковий номер точки вимірювання по ширині каналу                                |  | Порядковий номер точки вимірювання по ширині каналу                                |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
| Масштаб шкали мікроманометра, $\mu_{\text{ш}}$                                     |  | Масштаб шкали мікроманометра, $\mu_{\text{ш}}$                                     |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
| Масштаб шкали мікроманометра, $\mu = \mu_{\text{ш}} \rho \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$ |  | Масштаб шкали мікроманометра, $\mu = \mu_{\text{ш}} \rho \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$ |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
| Повний тиск                                                                        |  | MIN                                                                                |                              | MAX            |                              | Повний тиск     |                                            | MIN             |                                            | MAX                                       |    | Динамічний тиск                         |   | MI  | MA  | MI  | MA  | Критична швидкість (шв.вігання) | Коефіцієнт парусності | Швидкість транспортування |
|                                                                                    |  | мм                                                                                 | Па                           | мм             | Па                           |                 |                                            | мм              | Па                                         | мм                                        | Па |                                         |   | м/с | м/с | м/с | м/с |                                 |                       |                           |
| Динамічний тиск                                                                    |  | $H_{\text{м}}$                                                                     | $H = H_{\text{м}} \cdot \mu$ | $H_{\text{м}}$ | $H = H_{\text{м}} \cdot \mu$ | $h_{\text{ом}}$ | $H_{\text{оин}} = h_{\text{ом}} \cdot \mu$ | $h_{\text{ом}}$ | $H_{\text{оин}} = h_{\text{ом}} \cdot \mu$ | $V_{\kappa} = 1,26 \sqrt{h_{\text{оин}}}$ |    | $K_{\text{п}} = \frac{g}{V_{\kappa}^2}$ |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  |                                                                                    |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  |                                                                                    |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  |                                                                                    |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
| 1.                                                                                 |  | 1                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  | 2                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  | 3                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  | ·                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  | ·                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  | ·                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
|                                                                                    |  | n                                                                                  |                              |                |                              |                 |                                            |                 |                                            |                                           |    |                                         |   |     |     |     |     |                                 |                       |                           |
| $\Sigma$                                                                           |  | -                                                                                  | -                            | -              | -                            | -               | -                                          | -               | -                                          | -                                         | -  | -                                       | - | -   | -   | -   | -   | -                               | -                     | -                         |
| $x_{\text{ср}}$                                                                    |  | -                                                                                  | -                            | -              | -                            | -               | -                                          | -               | -                                          | -                                         | -  | -                                       | - | -   | -   | -   | -   | -                               | -                     | -                         |
| $\sigma$                                                                           |  | -                                                                                  | -                            | -              | -                            | -               | -                                          | -               | -                                          | -                                         | -  | -                                       | - | -   | -   | -   | -   | -                               | -                     | -                         |
| $v$                                                                                |  | -                                                                                  | -                            | -              | -                            | -               | -                                          | -               | -                                          | -                                         | -  | -                                       | - | -   | -   | -   | -   | -                               | -                     | -                         |

Для проведення експериментальних досліджень використовуються наступні прилади і обладнання:

- ротаметричний порціонно-парусний класифікатор РПК-30;
- мікроманометр ММН-240; дифманометр МР 200; дифманометр цифровий DT 8920;
- трубка Піто-Прандтля;
- подовжена трубка ротаметра з дифуззором;
- відомість результатів експериментальних досліджень (табл. 1).

**Висновок.** Аналіз методик та засобів визначення критичної швидкості складових зернового вороху дає підставу про доцільність використання модернізованого ротаметричного порціонно-парусного класифікатора РПК-30, обладнаного подовженою трубкою з дифуззором та удосконалення методики визначення критичної швидкості «тіла».

*Література.*

1. ДСТУ 2240-93 Насіння сільськогосподарських культур, сортові та посівні якості. Технічні умови.
2. Испытание сельскохозяйственной техники. Зерноочистительные машины и агрегаты. Семяочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний ОСТ 70.10.2-82. Отраслевой стандарт СССР, - М.:1989.-126 с.
3. *Веселов С.А* Практикум по вентиляционным установкам./С.А. Веселов. – М.: Колос, 1982.-255 с.
4. *Березин М.А.* Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств / М.А. Березин, С.В. Истихин, В.В. Кузнецов. Саранск: ООО «Мордовия-Экспо», 2009. 64 с.
5. *Логачев И.Н.* Аэродинамические основы аспирации: Монография / И.Н. Логачев, К.И. Логачев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. - 659с.
6. *Фадеев Л.В.* Очистка зерна после уборки. Снижение затрат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agro.imperija.com/index.php?id=1311788471>
7. *Шалугін В.С.* Процеси та апарати промислових технологій / В.С. Шалугін, В.М. Шмандій : Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2008. –392 с.
8. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: [Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения] / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах: Под.ред. Е.С.Босого. 2-изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977 568 с.
9. Ротаметрический порционно-парусный классификатор РПК-30. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.- М.: ЦОПКБ ВИМ, 1971.- 25 с.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА**

*Михайлов Е.В., Белокопытов А.А.*

**Аннотация** – в работе представлена методика определения критической скорости составляющих зернового вороха с использованием модернизированного парусного классификатора РПК-30

## **METHOD FOR DETERMINING THE CRITICAL COMPONENTS SPEED COMPONENTS OF GRAIN PILE**

*Ye. Mikhaylov, O. Belokopytov*

### **Summary**

This paper presents a methodology for determining the critical components velocity of the grain pile with upgraded sailing qualifier RPK-30.