

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІБРОПРИСТОСУВАННЯ НА РУХ НАСІННЯ ПО ПОВЕРХНІ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕШЕТА ТА ЙОГО ТРАВМУВАННЯ

*Дерев'янка Дмитро Аксентійович* к.с.г.н., доцент  
Житомирський національний агроекологічний університет

*Мельник Віктор Іванович* д.т.н., професор  
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

*Derevyanko D.*

*Zhytomyr National Agroecological University*

*Melnik V.*

*Kharkov national technical university of agriculture the name of P.Vasilenko*

**Анотація:** відцентрова сила і нормальна реакція поверхні циліндричного решета впливають на зернівку направленої протилежно вздовж нормалі до циліндричної поверхні решета і для його кутової швидкості мають постійну величину.

Прискорення решета у вертикальному зворотно-поступальному русі змінюється за синусоїдальним законом із урахуванням дії сили інерції вниз або вгору в зв'язку з наданням вібрації решету від ексцентрикового вібратора, а вага зернівки та напрям вниз зустрічає опір сили тертя, що спрямована проти руху, тобто проти вектору швидкості переміщення насіння.

При проходженні технологічного процесу підготовки насіння внаслідок його переміщення, взаємодії зернівок з поверхнями решета і під дією відцентрованих сил, тертя, тяжіння, інерції, вібрації, зернівки отримуватимуть певні мікротравмування.

**Ключові слова:** насіння, травмування, вібропристосування, ударяння, вібрація.

### **Постановка проблеми**

Відомо, що озима пшениця, жито та інші дуже важливі цінні зернові культури, що займають великі площі посіву і відіграють велику роль насамперед у продовольчій безпеці, тому виникає нагальна потреба у високоякісному насінні.

Упродовж багатьох десятиріч, а особливо у другій половині попереднього століття науковці-дослідники, селекціонери та виробники довели і обґрунтували, що тільки високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування значної частини майбутнього врожаю.

Поряд з цим важливим є той факт, що існує до певної міри відставання із удосконаленням, виробництвом і запровадженням новітніх технічних засобів та технологій збирання, післязбирального дороблення зернового вороху, підготовки, транспортування, завантаження, протруювання насіння та сівби.

Дослідження показують, що вдосконалення впливу робочих елементів технічних засобів при технологічних процесах на зниження травмування зернівок, сприяє суттєвому покращенню якісних показників насіння та зростанню урожайності зернових культур.

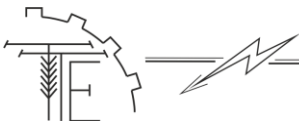
### **Аналіз останніх досліджень**

Травмування, пошкодження і повне руйнування зернівок є наслідком впливу механічних навантажень багатьох елементів технологічного процесу, зокрема жнивarki, молотильного барабану, решітного стану, скребкових, шнекових, стрічкових, ковшових транспортерів, механізмів післязбирального оброблення зернового вороху, підготовки насіння, транспортувальних і завантажувальних засобів, а також технічних засобів протруювання та сівби.

Дослідження І.Г. Строни, Д.А. Дерев'янка, О.П. Тарасенка, В.І. Оробінського, П.М. Пугачова, С.А. Чазова [3, 6, 8] та ін. свідчать, що травмування зернівок під час обмолочування сягає 20% і більше, а при доробленні зернового вороху і підготовленні насіння та сівби і їх кількість значно зростає.

Академік П.А. Ребендер [6] встановив, що рідина зернівки і наявні в ній біологічно-активні речовини просочуються в найтонші тріщини, внаслідок чого стінки тканини неможуть змикатися після зняття навантажень у зв'язку із наявністю прошарку з тоненької плівки, адсорбційного шару, який буде цьому перешкоджати.

Травмування зернівок, а потім їх руйнування відбувається коли максимальне напруження  $\sigma$  менше від напруження, яке виникло внаслідок дії механічних або інших впливів  $\sigma_1$ , тобто для травмування, необхідна умова  $\sigma \leq \sigma_1$ .



За даними В.М. Дрінча [4] травмування зернівок під час обмолочування інколи сягає 30–35%, а за підготовки насіння навіть більше 50%, залежно від вологості та структури зернового вороху. При вологості 14–16% гранична величина удару, при якому проявляються зовнішні ознаки травмування, знаходиться в межах 0.11–0.16 Дж, що знижує польову схожість більше 20%.

Дослідження інституту зернового господарства НААН України [4,9] показують, що навіть після одноразового проходження зернової маси через трієри та насіннепроводи схожість насіння знижується на 2–3%, а сила початкового росту на 6–12%.

Протягом останніх років значну роботу проведено Л.В. Фадєєвим [9] з розроблення та впровадження у виробництво принципово нових очисно–калібрувальних технічних засобів і технічних ліній.

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів та різних матеріалів, в тому числі зернової маси, значний внесок зробили такі визначні вчені, як П.М. Василенко, Л.В. Погорілий, В.П. Горячкін, В.М. Дрінча, В.В. Адамчук, Л.М. Тіщенко, О.П. Тарасенко, П.М. Заїка, І.Г. Строна, О.М. Пугачов та ін. [1, 2, 3, 5, 6, 7].

Таким чином, аналіз впливу технічних засобів на травмування і якість зернівок та застосування новітніх технологій оброблення зернового вороху і підготовки високоякісного насіння показує, що головними факторами розвитку систем є глибоке і всебічне вивчення фізико–механічних та біологічних особливостей насіння і розроблення нових технологій та модернізацію робочих органів, що забезпечуватимуть мінімальну кількість травмування зернівок, отримання високоякісного насіння відповідно агротехнічних вимог і державних стандартів.

#### **Мета досліджень**

Дослідити дію віброприсосування на рух насіння по поверхні циліндричного решета вібросепаратора та можливість травмування зернівок при післязбиральному обробленні зернового вороху і підготовленні насіння.

Виявити вплив взаємозв'язку віброприсосування, руху насіння, взаємодії зернівок з поверхнею циліндричного решета і між собою на їх травмування і якість насіння, як одного з головних резервів підвищення урожайності зернових культур.

#### **Методи досліджень**

Використано метод математичного моделювання роботи машин, робочих елементів і технологічних процесів.

Застосовано розрахункові диференціальні рівняння, перетворення та графічні визначення на основі використання законів механіки.

Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження проводилися у виробничих умовах різних ґрунтово–кліматичних зон та державних лабораторіях насінневих станцій, хлібокомбінату і вищих учбових закладів з використанням натурних зразків, технічних засобів, приладів та знарядь згідно з наявними державними стандартними методиками.

#### **Результати досліджень**

При проходженні технологічного процесу підготовки насіння під час його руху при сприянні віброприсосування, взаємодії зернівок між собою та поверхнями циліндричного решета вібросепаратора і під впливом відцентрових сил, тертя, тяжіння, інерції, вібрації та маси зернівки отримують мікротравмування.

Дослідження показали роль кінематичних режимів роботи вібровідцентрового сепаратора що забезпечують оптимальний технологічний процес від дії віброприсосування. Очевидно, що при вивченні технологічного процесу сепарації зернового вороху циліндричними решетами нас у першу чергу цікавить відносний рух по поверхні решета, а тому необхідно розглянути динаміку відносного руху, матеріальної частинки по реальній поверхні.

Для цього розглянемо еквівалентну схему сил, що діють на зернівку в процесі вібровідцентрової сепарації.

Розглянута рухома система декартових координат ХОУ жорстко зв'язаних з циліндричним решетом, (рис.1), і в цій системі координат дослідимо рух зернівки.

Введемо наступні позначення :

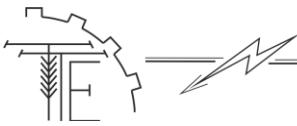
$R$  – радіус циліндричного решета, м ;  $r$  – радіус кривошипа вібратора, м ;

$\omega$  – кутова швидкість обертального руху циліндричного решета,  $c^{-1}$ ;

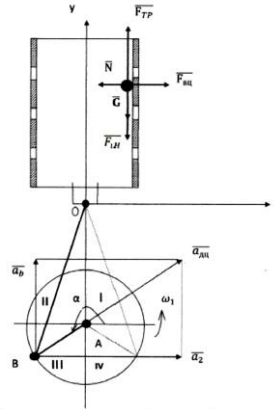
$\omega_1$  – кутова швидкість обертального руху кривошипа вібратора,  $c^{-1}$ ;

$\overline{a_{0\alpha}}$  – доцентрове прискорення точки В, м ;  $\alpha$  – кут повороту кривошипа, рад;

точка А – центр обертання кривошипа вібратора;



точка М – точка решета, в якій в даний момент часу знаходиться зернівка;  
 $m$  – маса зернівки, кг ;  $G$  – вага зернівки, Н ;  
 $\overline{F}_{вц}$  – відцентрова сили інерції, яка діє на зернівку від руху решета, Н ;  
 $\overline{N}$  – нормальна реакція поверхні циліндричного решета, що діє на зернівку, Н;  
 $\overline{F}_{ін}$  - сила інерції, яка діє на зернівку в результаті зворотно – поступального, тобто вібраційного руху решета, Н;  $\overline{F}_{ТР}$  - сила тертя зернівки по поверхні, Н.



**Рис. 1. Еквівалентна схема сил, що діють на зернівку при відносному переміщенні вниз по поверхні решета**

Визначимо сили, які надані на еквівалентній схемі (рис.1.).

$$G = mg; \quad F_{вц} = mR\omega^2; \quad N = F_{вц} = mR\omega^2$$

$$F_{тр} = f \cdot N = f \cdot m \cdot R \cdot \omega^2; \quad F_{ін} = m \cdot z \cdot \omega_1^2 \sin \omega_1 t$$

Аналіз схеми сил (рис.1) свідчить, що для здійснення технологічного процесу сепарації циліндричним решетом вібросепаратора, при здійсненні зернівкою одночасно обертального руху навколо вертикальної осі та зворотно-поступального паралельно до неї, для утримання насіння поверхнею решета при відсутності вертикальних вібрацій та руху зернівок вниз необхідна умова:

$$F_{ТР} \geq G$$

Відомо, що  $F_{ТР} = f \cdot N$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя зернівки по поверхні решета. Згідно схеми сил (рис.1)

$$N = F_{вц}; \quad F_{вц} = mR\omega^2; \quad N = mR\omega^2.$$

Таким чином, сила тертя  $F_{ТР}$  буде дорівнювати

$$F_{ТР} = fmR\omega^2. \tag{2}$$

В зв'язку з тим, що  $G = mg$ , то вираз набуде наступного вигляду :

$$fmR\omega^2 \geq mg, \quad \text{або} \quad fR\omega^2 \geq g, \tag{3}$$

де  $g$  – прискорення земного тяжіння.

З виразу (3) знаходимо кутову та критичну (мінімальну) кутову швидкість обертального руху решета:

$$\omega \geq \sqrt{\frac{g}{Rf}} c^{-1}; \quad \omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{Rf}} c^{-1} \tag{4}$$

Силу інерції  $F_{ін}$ , яка діє на зернівку в результаті зворотно-поступального, тобто вібраційного руху решета визначимо наступним чином.

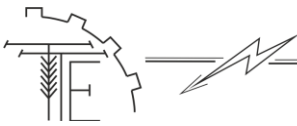
Через те, що вібрації надаються решету від ексцентрикового вібратора, кривошип якого здійснює обертання навколо точки А (рис.1) з постійною кутовою швидкістю  $\omega_1$ , то прискорення решета у вертикальному зворотно-поступальному русі змінюється за синусоїдальним законом, тобто доцентрове прискорення точки В (рис.1) буде дорівнювати :

$$a_{дц} = r\omega_1^2,$$

а його вертикальна складова, надає прискорення решету у зворотно – поступальному русі ; буде змінюватися:

$$a_{в} = -a_{дц} \sin \alpha; \quad a_{вц} = -r\omega_1^2 \sin \omega_1 t,$$

де  $\alpha = \omega_1 t$  – кут повороту кривошипа вібратора в поточний момент часу  $t$ . Якщо точка В при обертанні кривошипа знаходиться у III і IV квадрантах, тобто  $\pi + 2\pi n < \alpha < 2\pi + 2\pi n$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ , то прискорення  $\overline{a}_в$  точки В, а отже і решета, в тому числі і точки М, зернівки, буде напрямлена вертикально



вгору, отже тут необхідний знак “ – ”, тому що синус у цих квадрантах відсутній. Таке ж прискорення матиме і зернівка, що знаходиться на поверхні решета у будь-якій його точці, в тому числі і у точці М.

Так як: 
$$\overline{F_{in}} = -m \cdot \overline{a_B}$$

то в цьому випадку сила інерції  $\overline{F_{in}}$  буде напрямлена вертикально вниз, рис.1.

Отже, сила інерції, що діє на зернівку, за величиною буде дорівнювати :

$$F_{in} = mr\omega_1^2 \sin\omega_1 t \quad (5)$$

Для детального аналітичного дослідження відносного руху зернівки по поверхні решета потрібно застосувати теорію відносного руху матеріальної точки в неінерціальній системі координат. Якраз такою системою координат і є рухома декартова система координат ХОУ, яка жорстко зв'язана з циліндричним решетом. В цьому випадку в основному законі динаміки повинні враховуватися сили інерції переносного руху, що діють на матеріальну точку, як поправки на неінерціальність системи відліку, в якій розглядається відносний рух матеріальної точки. Переносним рухом зернівки є її рух разом з циліндричним решетом, а абсолютним рухом є її рух відносно, наприклад, нерухомої осі обертання циліндричного решета. Тому еквівалентні схеми сил, які діють на зернівку, що надані на рис.1, якраз і є підставою для складання диференціальних рівнянь руху зернівки відносно рухомої поверхні решета. Виникає необхідність скласти окремо диференціальні рівняння руху зернівок для двох основних випадків : коли вона рухається по поверхні решета вниз і коли вона по цій поверхні рухається вгору. Це зумовлюється зміною напрямку дії сили тертя зернівки  $\overline{F_{TP}}$  по поверхні решета на протилежний у цих обох випадках та складнощам інтегрування загального диференціального рівняння.

Отже, складаємо диференціальне рівняння відносного руху зернівки вниз по поверхні циліндричного решета. Згідно силової схеми (рис.1) рівняння руху зернівки у векторній формі матиме вигляд :

$$m \overline{a} = \overline{F_{in}} + \overline{G} + \overline{F_{TP}} + \overline{F_{вц}} + \overline{N}, \quad (6)$$

де  $\overline{a}$  – відносне прискорення зернівки.

В III і IV квадрантах, (вираз 1), прискорення вібраційного руху решета має від'ємний знак, а тому, підставляючи необхідні вирази для сил, отримаємо :

$$m\ddot{y} = mr\omega_1^2 \sin\omega_1 t - mg + fmR\omega^2 \quad (7)$$

де  $\ddot{y}$  – прискорення відносного руху зернівки як друга похідна за часом від координати, тобто, переміщення зернівки вздовж осі ОУ.

Складаємо диференціальне рівняння відносного руху зернівки вгору по поверхні решета. Згідно силової схеми (рис.2) рівняння руху у векторній формі матиме вигляд :

$$m \overline{a} = \overline{F_{in}} + \overline{G} + \overline{F_{TP}} + \overline{F_{вц}} + \overline{N}, \quad (8)$$

Підставляючи необхідні вирази для сил, що входять у рівняння, матимемо :

$$m\ddot{y} = mr\omega_1^2 \sin\omega_1 t - mg - fmR\omega^2. \quad (9)$$

Для порівняння прискорення, позначимо прискорення руху зернівки вниз через  $\ddot{y}_1$ , а вгору – через  $\ddot{y}_2$ .

При русі кривошипа (рис.1) вібратора в III і IV квадрантах, можливе відносне переміщення зернівки тільки вниз (сили  $\overline{F_{in}}$  і  $\overline{G}$  напрямлені вниз).

Із диференціального рівняння при  $\ddot{y} = 0$  можна визначити кут повороту кривошипа  $\alpha_1$ , при якому починається рух зернівки по решету вниз і час початку руху зернівки вниз.

В результаті отримуємо :

$$-r\omega_1^2 \sin\omega_1 t = fR\omega^2 - g,$$

звідки знаходимо :

$$\sin\omega_1 t = \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \quad (10)$$

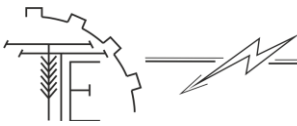
З виразу визначаємо кут повороту  $\alpha_1$  кривошипа вібратора, при якому починається рух зернівки вниз :

$$\alpha_1 = \omega_1 t = \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \text{ рад}, \quad (11)$$

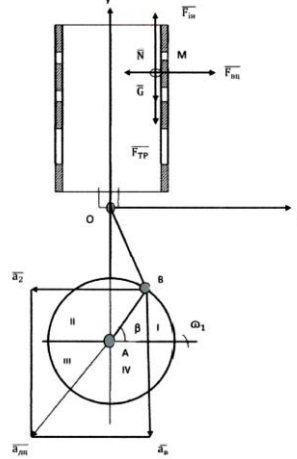
а з виразу (8) – час початку руху вниз :

$$t_{10} = \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2}, \text{ с}. \quad (12)$$

Необхідно відмітити, що рівняння (11) і (12) мають два розв'язки. Крім кута  $\alpha_1$ , який знаходиться у III квадранті, існує кут  $\alpha_2$ , який знаходиться у четвертому квадранті, з тим же значенням синуса. Якщо кут  $\alpha_1$  є початком зони руху зернівки вниз, то кут  $\alpha_2$  є кінцем зони її руху вниз. Тоді центральний кут  $\alpha_2 - \alpha_1$  повороту кривошипа вібратора є зоною руху зернівки вниз під дією схеми сил показаної на рис.1. Причому, ця зона віссю ОУ ділиться навпіл. Очевидно, що кут  $\alpha_2$  буде дорівнювати :



$$\alpha_2 = 2\pi - (\alpha_1 - \pi); \quad \alpha_2 = 3\pi - \alpha_1,$$



**Рис. 2. Еквівалентна схема сил, що діють на зернівку при відносному переміщенні вгору по поверхні решета**

де  $\alpha_1$ , як уже зазначалось, обов'язково знаходиться у III квадранті, де синус завжди від'ємний.

Визначаємо початок і кінець руху зернівки вгору по поверхні решета згідно схеми сил, показаної на рис.76. При русі кривошипа вібратора у I і II квадрантах, можливе переміщення зернівки по поверхні решета тільки вгору. Із рівняння переміщення зернівки тільки вгору по поверхні решета при  $\ddot{y} = 0$  можемо написати :

$$r\omega_1^2 \sin\omega_1 t = fR\omega^2 + g \quad \text{звідси} \quad \sin\omega_1 t = \frac{fR\omega^2 + g}{r\omega_1^2}, \quad (13)$$

З виразу (13) визначаємо кут повороту  $\beta_1$  кривошипа вібратора, при якому почнеться рух зернівки вгору :

$$\beta_1 = \omega_1 t = \arcsin \frac{fR\omega^2 + g}{r\omega_1^2}, \text{ рад}, \quad (14)$$

а з виразу (12) – час початку руху зернівки вгору :

$$t_{20} = \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{fR\omega^2 + g}{r\omega_1^2}, \text{ с}. \quad (15)$$

Однак, як і в попередньому випадку, рівняння має два розв'язки. Крім кута  $\beta_1$ , який знаходиться у I квадранті існує кут  $\beta_2$ , який знаходиться у II квадранті, з тим же значенням синуса. Якщо кут  $\beta_1$  є початком зони руху зернівки вгору, то кут  $\beta_2$  є кінцем зони її руху вгору. Тоді центральний кут  $\beta_2 - \beta_1$  повороту кривошипа вібратора є зоною руху зернівки вгору, під дією сил (рис.2). Очевидно, що кут  $\beta_2$  буде дорівнювати:

$$\beta_2 = \pi - \beta_1, \quad (16)$$

де  $\beta_1$  обов'язково знаходиться у I квадранті, центральний кут  $\beta_2 - \beta_1$  також ділиться віссю ОУ навпіл.

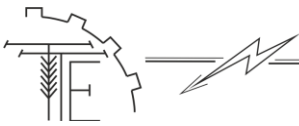
Отже, ми виділили зону повороту кривошипа вібратора  $\alpha_2 - \alpha_1$ , при якій відбувається рух зернівки по поверхні решета тільки вниз, і зону  $\beta_2 - \beta_1$  повороту кривошипа вібратора, при якій відбувається рух зернівки по поверхні решета тільки вгору.

Так як травмування насіння більш імовірно при більшій відносній швидкості зернівок, то з цієї точки зору необхідно знати максимальну величину відносної швидкості зернівки під час її переміщення по решету. Для визначення моментів часу, при яких відносна швидкість має максимальну величину застосовуємо метод дослідження функції на екстримум. Для цього продиференціюємо вирази для відносної швидкості за часом  $t$  і прирівняємо отримані похідні до нуля.

Так як кути  $\alpha_1$  і  $\beta_1$  є початком руху зернівки відповідно вниз і вгору, то  $V_1$  швидкість руху зернівки вниз і  $V_2$  вгору в цих точках дорівнюють нулю, тобто  $V_{1min} = V_1(\alpha_1) = 0$  і  $V_{2min} = V_2(\beta_1) = 0$ .

Таким чином, кути  $\alpha_1$  і  $\beta_1$  є точками мінімуму відносної швидкості. А так як, кути  $\alpha_2$  і  $\beta_2$  є кінцевими точками руху частинки вниз і вгору та є також точками екстремуму для значення відносної швидкості, то очевидно, що в цих точках функції  $V_1$  і  $V_2$  досягають максимальних значень.

Нульових значень в точках  $\alpha_2$  і  $\beta_2$  вони приймати не можуть, оскільки в середині інтервалів  $(\alpha_1, \alpha_2)$  і  $(\beta_1, \beta_2)$  похідна ніде не дорівнює нулю і відносна швидкість також не дорівнює нулю. Те, що в точках  $\alpha_2$  і  $\beta_2$  відносна швидкість досягає максимуму, стає зрозумілим також із аналізу силових схем, наданих на рис.1 і 2. Розрахувавши  $\alpha_2$  і  $\beta_2$  за виразами відповідно можна визначити час, при якому відносні швидкості  $V_1$  і  $V_2$  досягають максимальних значень :



$$t_{1max} = \frac{\alpha_2}{\omega_1}, \quad t_{2max} = \frac{\beta_2}{\omega_1} \quad (17)$$

Підставивши значення  $t_{1max}$  та  $t_{2max}$  у вирази, отримаємо максимальні значення відносної швидкості, які досягатиме зернівка при русі вниз і вгору по поверхні решета відповідно :

$$V_{1max} = r\omega_1 \left( \cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \alpha_2 \right) + (fR\omega^2 - g) \cdot \left( \frac{\alpha_2}{\omega_1} - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) \quad (18)$$

$$V_{2max} = r\omega_1 \left( \cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \beta_2 \right) - (fR\omega^2 + g) \cdot \left( \frac{\beta_2}{\omega_1} - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) \quad (19)$$

Це найбільші відносні швидкості, які може досягти зернівка при русі по поверхні решета за повний оберт кривошипа вібратора ( $0 \leq \omega_1 t \leq 2\pi$ ), або за період часу  $0 \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega_1}$ .

В результаті інтегрування відповідних рівнянь, отримаємо вирази, що ґрунтуються на законі переміщення насіння вниз та вгору по поверхні решета. Підставивши замість поточного часу  $t$  час закінчення руху зернівки вниз  $t_{1k} = \frac{\alpha_2}{\omega_1}$ , а час закінчення руху зернівки вгору  $t_{2k} = \frac{\beta_2}{\omega_1}$  у відповідні вирази, отримаємо шлях, який пройде зернівка по поверхні решета вниз і вгору за певний період часу.

В результаті дослідження та силової схеми сил (рис. 1) умовою переміщення зернівки вниз буде така нерівність:

$$F_{ін} + G > F_{тр}, \quad (20)$$

а умовою переміщення зернівки вгору буде:

$$F_{ін} > G + F_{тр}, \quad (21)$$

Із співвідношення цих нерівностей виникає наступна нерівність:

$$F_{ін} + G > F_{ін} - G > F_{тр}. \quad (22)$$

Таким чином, в кінцевому результаті зернівка буде переміщуватися по решетах вниз, що забезпечить технологічний процес сепарації, а від швидкості його проходження, сили вібрації, обертання решіт, сил інерції, тертя і співударяння зернівок між собою, з поверхнею решета та кромками отворів, маси, фізико-механічних і біологічних особливостей залежить величина і глибина мікротравмування насіння та його якість.

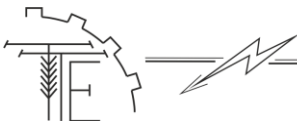
### Висновки

Дія віброприспосовування сприяє руху насінневого шару по поверхні циліндричного решета при технологічному процесі, а взаємодія зернівок при цьому між собою та від зіткнень з поверхнею циліндричного решета, особливо гострими кромками отворів значно впливає на мікротравмування, а інколи і на руйнування при заклиненні в отворах.

Експериментальні дослідження засвідчили, що травмування насіння озимої пшениці та жита при підготовленні на вібровідцентровому сепараторі в залежності від знаходження с-г підприємств та біологічних і фізико-механічних особливостей оброблюваного зернового вороху становили 4 – 6%, а інколи значно більше.

### Список літератури

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХ. 1960.-284 с.
2. Гончаров Е.С. Исследования процесса сепарации зерновых материалов центробежно-вибрационными решетками: автореф. дис. на соискание учон. степени канд. техн. наук / Е.С. Гончаров. – К., 1963. – 40 с.
3. Дринча В.М. Исследования сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж, 2006. – 382 с.
4. Котов Б.І. Теоретичне Обґрунтування руху частинки зерна на вібропневморешеті при дії розпушуючих робочих органів / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, Р.А. Калініченко // Наук.вісн. НАУ. – К., 2007. – Вип. 115. – С.112-117.
5. Адамчук В.В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений / В.В. Адамчук – К.: Аграр.наука, 2010. – 177 с.
6. Тарасенко А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А.П. Тарасенко. – Воронеж, 2003. – 301 с.
7. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В.Ольшанский. – Х.: Міськдрук, 2011. –280 с.
8. Чазов С.А. О мерах снижения травмирования семян / С.А. Чазов // Селекция и семеноводство. – 1964. –№ 4. С. 30–32.



9. Фадеев Л.В. Линия очищающее – калибрующая машин / Л.В. Фадеев. Насінництво, К., №3, 2011. – 22 – 27 с.
10. Uhe J.B. Pneumatik separation of grait and staw mixtures / J.B. Uhe, B.J. Lamp // Transaction of the ASAE. –1966. –V.9. –P. 244–246.
11. Zoltzman A. Separating flower bulbs and stones in fluidized bed / A. Zoltzman, Z. Schmilovitch, A. Mizrach. Agricultural Engineerin. –1985. –V. 237, №2. –P. 63-67.

### References

1. Vasilenko P.M. Teoriya dvizheniya chastitsy po sherokhovatym poverkhnostyam sel'skokhozyaystvennykh mashin / P.M. Vasilenko. - K: UASKH. 1960.-284 s.
2. Goncharov Ye.S. Issledovaniya protsessa separatsii zernovykh materialov tsentrobezhno-vibratsionnymi reshetami: avtoref. dis. na soiskaniye uchon. stepeni kand. tekhn. nauk / Ye.S. Goncharov. - K., 1963. - 40 s.
3. Drincha V.M. Issledovaniya separatsii semyan i razrabotka mashinnikh tekhnologiy ikh podgotovki / V.M. Drincha. - Voronezh, 2006. - 382 s.
4. Kotov B.Í. Teoretichne Obgruntuvannya rukhu chastinki zerna na vibropnevmoresheti pri dii' rozpushuyuchikh robochikh organiv / B.Í. Kotov, S.P. Stepanenko, R.A. Kalinichenko // Nauk.visn. NAU. - K., 2007. - Vip. 115. - S.112-117.
5. Adamchuk V.V. Teoriya tsentrobezhnykh robochikh organov mashin dlya vneseniya mineral'nykh udobreniy / V.V. Adamchuk - K: Agrar.nauka, 2010. - 177 s.
6. Tarasenko A.P. Snizheniye travmirovaniya semyan pri uborke i posleuborochnoy obrabotke / A.P. Tarasenko. - Voronizh, 2003. - 301 s.
7. Tishchenko L.N. Vibroreshetnaya separatsiya zernovykh smesey / L.N. Tishchenko, V.P. Ol'shanskiy, S.V. Ol'shanskiy. - KH: Mis'kdruk, 2011. - 280 s.
8. Chazov S.A. O merakh snizheniya travmirovaniya semyan / S.A. Chazov // Seleksiya i semenovodstvo. - 1964. –№ 4. S. 30–32.
9. Fadeyev L.V. Liniya ochishchayushcheye - kalibruyushchikh mashin / L.V. Fadeyev. Nasinnitstvo, K., №3, 2011. – 22 – 27 s.
10. Uhe J.B. Pneumatik separation of grait and staw mixtures / J.B. Uhe, B.J. Lamp // Transaction of the ASAE. –1966. –V.9. –P. 244–246.
11. Zoltzman A. Separating flower bulbs and stones in fluidized bed / A. Zoltzman, Z. Schmilovitch, A. Mizrach. Agricultural Engineerin. –1985. –V. 237, №2. –P. 63-67.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРОПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ СЕМЯН ПО ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕШЕТА И ЕГО ТРАВМ

**Аннотация:** исследования влияния режимов работы виброцентробежного сепаратора на травмирование семян от действий виброприспособления.

Центробежная сила и нормальная реакция поверхности цилиндрического решета действуя на зерновки направлены в различные стороны к длине нормали цилиндрической поверхности решета и для угловой скорости решета имеют постоянную величину.

Постоянный вес зерновки и направление вниз сопровождается трением, что направлено против движения, то есть препятствует движению семян.

Ускорение решета у вертикальном, обратно–поступальном движении меняется по синусоидальному закону с учетом действия сил инерции вниз или вверх в связи с получением вибрации решету от эксцентрикового вибратора.

При протекании технологического процесса подготовки семян от их движения по цилиндрическому решету от взаимодействия с которым и между собой под влиянием центробежных сил, трения, тяжести, инерции, вибрации и массы происходит микротравмирование зерновок.

**Ключевые слова:** семена, травмирование, виброприспособление, уравнения, вибрация.

## VIBROMACHINE STUDY OF MOVEMENT FOR SEEDS IN SURFACE AND ITS CYLINDRICAL SIEVE INJURY

**Summari:** the research of the effects of the vibro-centrifugal separator working regimes on the seeds damagings caused by the vibromachine. While effecting the weevils the centrifugal force as well as the normal reaction are directed in opposite sides along the normal to the cylindrical sieve surface, and they have a constant for the sieve angular velocity.

The weevils constant weight and the direction downward are faced with the resistance of the friction force directed opposite to the motion, that is opposable to the velocity vector of the seeds shifting.

The sieve acceleration in the vertical reverse motion changes according to the sinusoidal law with due regards for the inertial force acting down or up because of the sieve vibration caused by the eccentric vibration.

During the technological process of seed preparation, because of seed shifting, weevils interaction with sieve surface, as well as under the effects of the centrifugal forces, friction, gravity, inertia and vibration, the weevils get some micro damaging.

**Keywords:** seeds, damaging vibromachine, vibration, striking.