

УДК 631.354:633.1

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ТЕОРЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ РУХУ ЗЕРНІВОК ВЗДОВЖ ЛОПАТОК ПОХИЛИХ СЕКТОРІВ ВІБРОВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА

Д. Дерев'янюк, канд. с-г. наук, доцент
Житомирський НАЕУ

У статті розглядається рух зернівок біля дискового розподільника та вздовж лопаток похилих секторів. Досліджуються та теоретично розраховуються залежності швидкостей руху зернівок від коефіцієнта тертя з певною довжиною лопаток секторів при відповідних значеннях кута їх нахилу та частоти обертання розподільника.

Ключові слова: зернівка, розподільник, сектор, лопатки, довжина, кут нахилу.

Суть проблеми. Відомо, що багато років тому збіжжя збирали в снопи, які обробляли в ручну і намагалися отримати насіння із середньої частини колоса, оскільки кмітливі та мудрі сільські жителі спостерігали, що саме з цієї частини зернівки відокремлювалися краще і швидше, а таке насіння було якісним і забезпечувало багатий намолот.

Враховуючи той факт, що озима пшениця та жито займають великі площі посіву та відіграють велику роль у продовольчій потребі, виникає гостра потреба у високоякісному насінні.

Але якщо реально оцінювати ситуацію, то виникають випадки, коли залежно від природно-кліматичних умов, особливостей сівби та перезимівлі, обробітку зернового вороху, що значно впливає на валові заготівлі цих культур, створюються обов'язкові потреби підготовки та заготівлі певних запасів високоякісного насіння цих та інших зернових культур.

Упродовж багатьох десятків років, а особливо у другій половині попереднього століття науковці-дослідники, селекціонери та виробники довели та обґрунтували, що лише високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування більше половини майбутнього врожаю.

Проте на сьогодні існує до певної міри відставання із удосконаленням і запровадженням високоефективних технічних засобів і новітніх технологій збирання, післязбиральної доробки зернового вороху, підготовки насіння та сівби.

Дослідження показують, що ефективними є застосування фракційної технології післязбирального обробітку зернового вороху, що дає можливість після обмолочування на ранніх стадіях відокремлювати велику масу дрібних

засмічувачів, а також подрібнене, біологічно неповноцінне, недозріле, щупле, забруднене сирим насінням бур'янів зерно основної культури, що є основним джерелом на фоні значної кількості травмованих зернівок, сприятливого середовища для інтенсивного та бурхливого розвитку великої кількості мікроорганізмів, що різко знижує якість насіння.

Фракціонування зернового вороху здійснюється на основі аеродинамічних властивостей, пневмосепарувальними каналами за розмірами отворів на решетах і з врахуванням товщини, ширини та швидкості руху зернівок.

Аналіз останніх досліджень. Пошкодження та травмування зернівок є наслідком дії механічних навантажень таких елементів робочого процесу, як жниварки, молотильний барабан, решітний стан, шнеки, транспортери, механізми для післязбирального оброблення зернового вороху, підготовлянні насіння, завантажувальні та транспортувальні засоби, а також механізми протруювання і сівби.

Щодо високоефективного та високопродуктивного підготовлення насіння високої якості, то дослідження показують, що таку перспективу дасть застосування фракційної технології післязбирального обробітку зернового вороху, яка забезпечує відокремлення із зернового вороху на початковій ранній стадії після збирання дрібних та сирих засмічувачів, а також біологічно неповноцінних і недозрілих зернівок.

Результати досліджень І.Г. Строни, О.П. Тарасенка та інших свідчать про те, що під час збирання зернових культур травмування зернівки сягає більше 20%, а після дороблення зернового вороху та під час виконання наступних технологічних операцій підготовки насіння аж до сівби їх кількість збільшується ще у два-три рази.

Дослідження В.М. Дрінча свідчать, що травмування зернівки комбайнами становить навіть більше 35%, під час оброблення зернового вороху після збирання та підготовляння насіння воно досягає 50%, а травмування посівними агрегатами знаходиться в межах 6%. Окрім того, при вологості 14-16% гранична величина удару, при якому проявляються зовнішні ознаки травмування, знаходиться в межах 0,11-0,16 Дж, що впливає на зниження польової схожості на 23%.

Дослідження науково-дослідного інституту зернового господарства країни 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%.

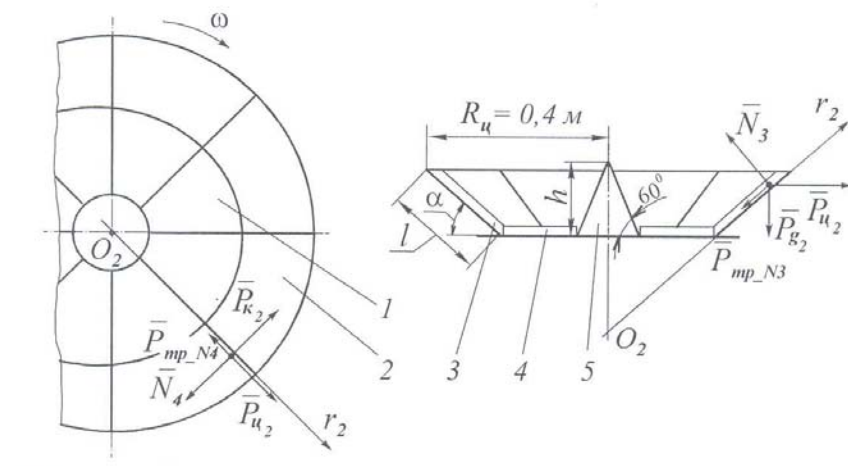
Протягом останніх років велику роботу проведено Л.В.Фадєєвим з розроблення та впровадження у виробництво принципово нових очисно-калібрувальних технологічних ліній.

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів та різних матеріалів, а також сучасного їх розвитку в тому числі зернових матеріалів, значний внесок зробили такі визначні вчені,

як П.М. Василенко, Л.В. Погорілий, В.П. Гарячкін, О.П. Тарасенко, В.М. Дрінча, В.В. Адамчук, Л.М. Тіщенко, П.М. Заїка, Б.І. Котов та інші.

Мета дослідження - виявити вплив травмування зернівок під час післязбиральної обробки зернового вороху і підготовки насіння та якісні його показники, дослідити ефективність післязбиральної підготовки високоякісного насіння озимої пшениці та жита на різних стадіях технологічних процесів, у різних ґрунтово-кліматичних умовах та шляхи зниження травмування насіння і пошкодження його мікроорганізмами як одного з головних резервів підвищення урожайності зернових культур.

Результати досліджень. Переміщення зернівок біля сектору розподільника та вздовж лопаток похилих секторів дискового розподільника зерновий ворох після проходження по горизонтальній ділянці продовжує пересуватись вздовж лопаток по похилих секторах перед тим, як потрапляє у вертикальний кільцевий аспіраційний канал (рис. 1).



R_u – зовнішній радіус розподільника; l – довжина сектору; α – кут нахилу сектору; h – висота конуса розподільника; 1 – диск; 2 – похилий сектор; 3 – лопать сектору; 4 – лопать диска; 5 – конус розподільника

Рисунок 1 – Схема впливу чинників на зернівку під час її руху вздовж похилого сектору

Рух будь-якої частини зернового матеріалу, зернівки або компонентів суміші вздовж лопатки похилого сектора розподільника визначається диференціальними рівняннями:

$$m\bar{W}_2 = \bar{P}_u + \bar{P}_{k_2} + \bar{P}_{q_2} + \bar{N}_3 + \bar{P}_{mp}(\bar{N}_3; \bar{N}_4),$$

де \overline{W}_2 – прискорення частинки на похилій ділянці;

$\overline{P}u$ – відцентрова сила; $\overline{P}k_2$ – сила Коріоліса;

$\overline{P}q_2$ – сила тяжіння; \overline{N}_3 – нормальна реакція похилого сектору

розподільника; \overline{N}_4 – нормальна реакція лопасті сектора;

$\overline{P}mp(\overline{N}_3; \overline{N}_4)$ – сили тертя, що виникають від нормальної реакції $\overline{N}_3; \overline{N}_4$.

Проектуючи сили на вісь \overline{O}_2r_2 , отримаємо:

$$m\overline{W}_2 = \overline{P}u_2 - \overline{P}q_2 - f \cdot (Pu_n + Pq_n + Pk),$$

де Pu і Pq_2 – значення проєкцій відцентрової сили $\overline{P}u_2$ і сили $\overline{P}q_2$ тяжіння на вісь \overline{O}_2r_2 ; Pu_r і Pq_n – значення проєкції відцентрової сили проєкції Pu_2 і сили тяжіння на нормаль до вісі \overline{O}_2r_2 .

Після перетворення вираз буде мати наступний вигляд:

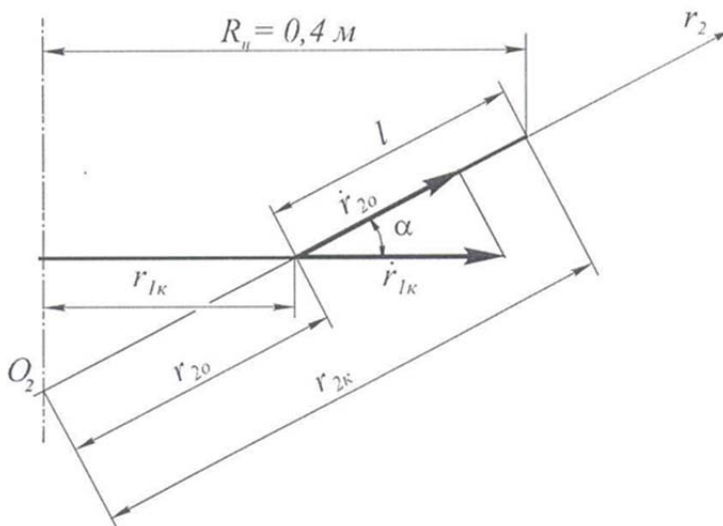
$$\ddot{r}_2 = w^2 \cdot r_2 \cdot \cos\alpha - q \cdot \sin\alpha - w^2 \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin\alpha - f \cdot q \cdot \cos\alpha - 2w \cdot f \cdot \dot{r}_2.$$

Рівняння числового рішення немає, а тому визначає координати r_2 і швидкості руху частинки протягом часу методом Рунгенкутта із використанням програми дослідника А. В. Альошкіна і доопрацьованої А. В. Андрєєвим.

Схема для розрахунку координат і швидкості зернівок під час їх руху по похилій ділянці представлена на рисунку 2.

Початок руху частинки характеризується початковими координатами r_{2_0} і швидкістю \dot{r}_{2_0} , які визначають при допомозі виразів:

$$r_{2_0} = \frac{r/k}{\cos\alpha}; \dot{r}_{2_0} = \dot{r}/k \cdot \cos\alpha.$$



r_{1k} – кінцева координата під час руху частинки; \dot{r}_{1k} – кінцева швидкість під час руху частинки; r_{2k} – початкова координата руху по похилій ділянці; r_{2o} – кінцева координата руху по похилій ділянці

Рисунок 2 – Схема до розрахунку координат і швидкості частинок під час їх руху по похилій ділянці вздовж лопаті сектору

$$r_{2o} = \frac{R_n}{\cos \alpha}; \quad r_{2k} = r_{2o} + l.$$

Залежності швидкості \dot{r}_{2k} проходження частинки від коефіцієнту тертя f з довжиною секторів $l=0,075$ м при значеннях кута нахилу секторів $\alpha= 15, 30, 45$ і 60° і частоти обертання розподільника $n_p= 100, 150, 200$ і 250 хв⁻¹ наведено на рисунку 3.

Як і при пересуванні зернівки по поверхні диска, збільшення частоти n_p обертання розподільника призводить до зростання швидкості \dot{r}_{2k} проходження частинки через сектор внаслідок зростання впливу величини відцентрової сили $\bar{P}u_2$.

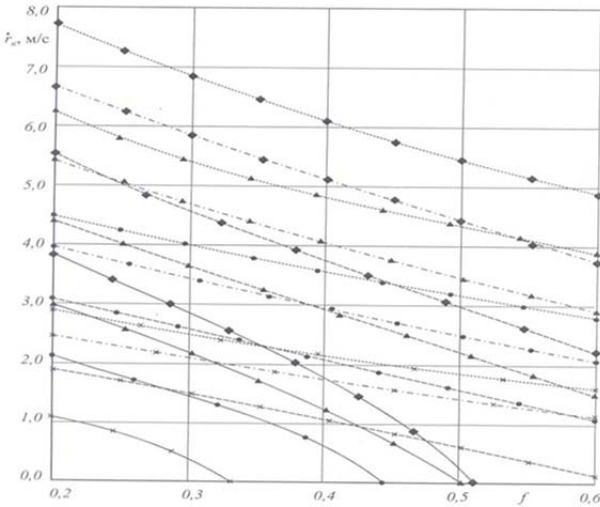


Рисунок 3 – Залежність швидкості \dot{r}_{2k} проходження частинок із похилих секторів

розподільника від коефіцієнта тертя f (довжина секторів $l=0,075$ м):

$n_p = 100 \text{ хв}^{-1}$; $\cdots x \cdots \alpha = 15^\circ$; $-x- \alpha = 30^\circ$; $--x-- \alpha = 45^\circ$; $-x- \alpha = 60^\circ$;

$n_p = 150 \text{ хв}^{-1}$; $\cdots \bullet \cdots \alpha = 15^\circ$; $-\bullet-\bullet- \alpha = 30^\circ$; $--\bullet-- \alpha = 45^\circ$; $-\bullet-\bullet- \alpha = 60^\circ$;

$n_p = 200 \text{ хв}^{-1}$; $\cdots \blacktriangle \cdots \alpha = 15^\circ$; $-\blacktriangle-\blacktriangle- \alpha = 30^\circ$; $--\blacktriangle-- \alpha = 45^\circ$; $-\blacktriangle-\blacktriangle- \alpha = 60^\circ$;

$n_p = 250 \text{ хв}^{-1}$; $\cdots \blacklozenge \cdots \alpha = 15^\circ$; $-\blacklozenge-\blacklozenge- \alpha = 30^\circ$; $--\blacklozenge-- \alpha = 45^\circ$; $-\blacklozenge-\blacklozenge- \alpha = 60^\circ$.

На будь-яких режимах швидкість проходження частинок через сектор розподільника зменшується при зростанні коефіцієнта тертя f через збільшення величини сили тертя $\bar{P}mp(\bar{N}_3; \bar{N}_4)$.

При збільшенні кута α нахилу зменшується швидкість \dot{r}_{2k} проходження частинок через сектор внаслідок збільшення допоміжної сили тертя $Pmp(N_3)$, що викликано значним збільшенням проекції на нормаль до поверхні сектору відцентрової сили Pu_N при деякому зменшенні допоміжної сили тяжіння Pq_N .

При куті нахилу секторів $\alpha=60^\circ$ не всі частинки можуть пересуватися вздовж лопаті сектора, а величина відцентрової сили не в змозі в повній мірі сприяти такому пересуванню, тому що коефіцієнти тертя більші $f=0,51$ за частоти обертання розподільника $n_p=250 \text{ хв}^{-1}$, більше $f=0,50$ – за $n_p=200 \text{ хв}^{-1}$, більше $f=0,44$ – за $n_p=150 \text{ хв}^{-1}$, більше $f=0,33$ – за $n_p=100 \text{ хв}^{-1}$.

При куті нахилу секторів менше $\alpha=45^\circ$ всі частинки в досліджуваному інтервалі значень коефіцієнтів тертя $f=0,2\dots 0,6$ і часток обертання $n_p=100\dots 250 \text{ хв}^{-1}$ пересуваються вздовж лопаті сектора.

За можливих умов рух зернівок по розподільниках із секторами довжиною $l=0,075$ м і рівномірним розподіленням зернової маси по довжині кільцевого каналу (час проходження частинки через диск дорівнює або

більше часу одного обертання диску) при коефіцієнтах тертя $f=0,2\dots 0,4$ не задовольняє жоден із варіантів, що досліджувався при частоті обертання в межах $n_p=100\dots 250 \text{ хв}^{-1}$ і кутах секторів $\alpha=0\dots 60^\circ$.

При цих частотах обертання можливе дотримання умов при деякому збільшенні кутів α на нахилу секторів розподільника:

-при $f=0,2$: $n_p=100 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=68^\circ$; $n_p=150 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=74^\circ$; $n_p=200 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=76^\circ$; $n_p=250 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=77^\circ$;

-при $f=0,3$: $n_p=100 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=62^\circ$; $n_p=150 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=68^\circ$; $n_p=200 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=70^\circ$; $n_p=250 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=71^\circ$;

-при $f=0,4$: $n_p=100 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=61^\circ$; $n_p=150 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=62^\circ$; $n_p=200 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=64^\circ$; $n_p=250 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=64^\circ$;

-при $f=0,5$: $n_p=100 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=50^\circ$; $n_p=150 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=55^\circ$; $n_p=200\dots 250 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=60^\circ$;

-при $f=0,6$: $n_p=100 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=46^\circ$; $n_p=150 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=51^\circ$; $n_p=200\dots 250 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=60^\circ$.

Залежність швидкості \dot{r}_{2k} проходження зернівок із секторів довжиною $l=0,150 \text{ м}$ від коефіцієнта f тертя при значеннях кута нахилу секторів $\alpha=15, 30, 45$ і 60° та частоті обертання розподільника $n_p=100, 150, 200, 250 \text{ хв}^{-1}$ показано на рисунку 4.

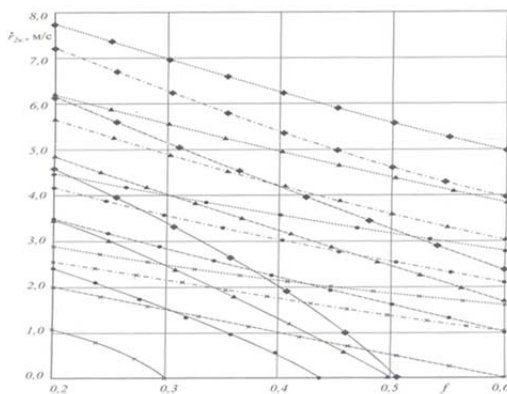


Рисунок 4 – Залежність швидкості \dot{r}_{2k} проходження частинок із похилих секторів

розподільника від коефіцієнта тертя f (довжина секторів $l=0,150 \text{ м}$):

$n_p = 100 \text{ хв}^{-1}$; $\cdot\cdot\cdot\cdot$ $\alpha = 15^\circ$; $-x-$ $\alpha = 30^\circ$; $--x--$ $\alpha = 45^\circ$; $-x-$ $\alpha = 60^\circ$;

$n_p = 150 \text{ хв}^{-1}$; $\cdot\cdot\cdot\cdot$ $\alpha = 15^\circ$; $-o-o-$ $\alpha = 30^\circ$; $--o--$ $\alpha = 45^\circ$; $-o-$ $\alpha = 60^\circ$;

$n_p = 200 \text{ хв}^{-1}$; $\cdot\blacktriangle\cdot\cdot$ $\alpha = 15^\circ$; $-o-\blacktriangle-o-$ $\alpha = 30^\circ$; $--\blacktriangle--$ $\alpha = 45^\circ$; $-o-\blacktriangle-$ $\alpha = 60^\circ$;

$n_p = 250 \text{ хв}^{-1}$; $\cdot\blacklozenge\cdot\cdot$ $\alpha = 15^\circ$; $-o-\blacklozenge-o-$ $\alpha = 30^\circ$; $--\blacklozenge--$ $\alpha = 45^\circ$; $-o-\blacklozenge-$ $\alpha = 60^\circ$.

Продовжуючи аналіз рисунків 94 і 95, ми робимо висновок, що довжина секторів в інтервалі значень $l=0,075\dots 0,150 \text{ м}$ менше впливає на швидкість проходження \dot{r}_{2k} частинок через диск розподільника, ніж частота n_p його

обертання, кут α нахилу секторів та коефіцієнтів тертя по диску, лопатях і похилих секторах розподільника в розглянутому інтервалі їх значень.

Швидкості \dot{r}_{2k} проходження частинок при $l=0,150$ м в порівнянні із $l=0,075$ м, залежно від співпадання інших конструктивних параметрів розподільника і коефіцієнтів їх тертя $f=0,2$, в більшості випадків отримують більші величини, а при $f=0,6$ відповідно – менші.

Для утворення умов руху частинок по розподільнику із секторами довжиною $l=0,150$ м і рівномірному розподіленні зернового вороху по довжині кільцевого каналу при коефіцієнті f тертя повинні задовольняти такі частоти n_p обертання і кути α нахилення секторів :

-при $f=0,2$: $n_p=100$ хв⁻¹- $\alpha=66^\circ$; $n_p=150$ хв⁻¹- $\alpha=72^\circ$; $n_p=200$ хв⁻¹- $\alpha=75^\circ$;
 $n_p=250$ хв⁻¹- $\alpha=76^\circ$;

-при $f=0,3$: $n_p=100$ хв⁻¹- $\alpha=60^\circ$; $n_p=150$ хв⁻¹- $\alpha=66^\circ$; $n_p=200$ хв⁻¹- $\alpha=69^\circ$;
 $n_p=250$ хв⁻¹- $\alpha=70^\circ$;

-при $f=0,4$: $n_p=100$ хв⁻¹- $\alpha=58^\circ$; $n_p=150$ хв⁻¹- $\alpha=60^\circ$; $n_p=200$ хв⁻¹- $\alpha=63^\circ$;
 $n_p=250$ хв⁻¹- $\alpha=65^\circ$;

-при $f=0,5$: $n_p=100$ хв⁻¹- $\alpha=47^\circ$; $n_p=150$ хв⁻¹- $\alpha=56^\circ$; $n_p=200$ хв⁻¹- $\alpha=59^\circ$;
 250 хв⁻¹- $\alpha=61^\circ$;

-при $f=0,6$: $n_p=100$ хв⁻¹- $\alpha=45^\circ$; $n_p=150$ хв⁻¹- $\alpha=51^\circ$; $n_p=200$ хв⁻¹- $\alpha=54^\circ$;
 250 хв⁻¹- $\alpha=55^\circ$.

Тобто при зростанні частоти f від $0,3 \dots 0,6$ обертів розподільника кут α нахилу секторів зменшується при максимальних обертаннях із 76° до 55° , а мінімальних – відповідно $66^\circ \dots 45^\circ$, а це значить, що в будь-якому випадку різниця становить 20° .

Висновки

Рівняння, щодо якого можливо простежити рух зернівок та інших будь-яких частинок зернової суміші по дисковому розподільнику і в вертикальному кільцевому аспіраційному каналі, дає можливість під час проектування обґрунтовувати оптимальні конструкційні технологічні параметри дискового розподільника зернової маси і вибирати та встановлювати швидкості руху повітря в каналі залежно від фізико-механічних та аеродинамічних властивостей зернівок і всіх інших частинок зернового вороху.

Внаслідок врахування умов щодо можливості пересування цих частинок по дисковому розподільнику і рівномірному їх надходженні на шляху довжини вертикального кільцевого аспіраційного каналу, частота пр обертання розподільника повинна бути мінімально можливою для забезпечення мінімальної швидкості проходження і виходу зернівок з лопаток диску, якщо відсутні сектори, або з секторів, що розміщуються під певним кутом нахилу.

Література

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельськохозяйственных машин. / П.М.Василенко К.:УАСХ. 1960-284с.
2. Дринча В.М. Исследования сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. / В.М. Дринча.- Воронеж, 2006 – 382с.
3. Котов В.І. Тенденції розвитку конструкції машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів. / Б.І.Котов, С.П. Степаненко, М.Г.Пастушенко / КВЕСГ машин – Кіровоград: КДТУ. 2003- Вип.33.-с53-59.
4. Котов Б.І. та ін. Теоретичне обґрунтування руху частинки зерна навібропневморешеті при дії розпушуючих робочих органів / Б.І.Котов, С.П.Степаненко, Р.А.Калініченко, Науковий вісник НАУ.-К.,2007.-Вип.115,- с.112-117.
5. Присяжнюк М.В. Адамчук В.В., і ін.. Теорія вібраційних машин сільськогосподарського виробництва / М.В. Присяжнюк, В.В.Адамчук, В.М.Булгаков, О.М.Черниш, В.В.Яременко.-К.: Аграрна наука, 2013.-439с.
6. Тарасенко А.П. Снижения травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. / А.П.Тарасенко. – Воронеж, 2003 – 331с.
7. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация смесей. / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанский, С.В.Ольшанский, - Харьков: «Міськдрук», 2011-280с.

Аннотация

В статье рассматривается движения зерновок возле дискового распределителя и вдоль лопаток наклонных секторов.

Исследуются и теоретически рассчитываются зависимости скорости движения зерновок коэффициента трения с определённой длиной секторов при соответствующих значениях угла их наклона и частоты оборотов распределителя.

Summary

The weevils shifting at the disc spreader and on the blades surface of the sectors with the inclination has been considered in the paper.

The dependence of the speed of the weevils shifting on the friction coefficient, with a particular blades length of the sectors under the proper indexes of their angle inclination as well as on the rotation frequency of the spreader are investigated and theoretically calculated.