**Півень М.В.**

к.т.н., доцент

*Харківський національний  
технічний університет  
сільського господарства  
імені Петра Василенка***Piven M.***Petro Vasylenko Kharkiv  
National Technical  
University of Agriculture***УДК 621.928.13****DOI: 10.37128/2306-8744-2019-4-6**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЧАТКОВОЇ ШВИДКОСТІ СУМІШІ НА ПРОЦЕС ЗАВАНТАЖЕННЯ ВІБРОРЕШЕТА**

Робота присвячена дослідженню впливу величини початкової швидкості сипкої суміші на процес завантаження віброрешета. Встановлені закономірності товщини шару, поздовжньої та поперечної складових швидкості, щільності сипкої суміші та питомого завантаження на всій площі поверхні віброрешета.

При величині початкової швидкості меншій швидкості руху суміші по решету товщина шару стала по всій площі поверхні, поверхнева щільність суміші зменшується, а поздовжня складова швидкості зростає з довжиною. Поперечна складова швидкості сприяє швидкому перерозподілу суміші з перевантаженої центральної ділянки до недовантажених бокових.

При величині початкової швидкості рівній швидкості руху суміші по решету товщина шару і поверхнева щільність суміші стали по площі поверхні, поздовжня складова швидкості стала по довжині та має профіль початкової швидкості по ширині решета, який вирівнюється з довжиною. Поперечна складова швидкості зменшилась, а відхилення питомого завантаження збільшились.

При величині початкової швидкості більшій швидкості руху суміші по решету товщина шару зменшилась, поверхнева щільність суміші збільшується, а поздовжня складова швидкості зменшується з довжиною. Поперечна складова швидкості майже відсутня, питоме завантаження нерівномірне по всій площі решета.

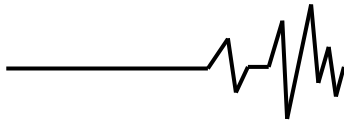
Таким чином, величина початкової швидкості впливає на всі характеристики сипкої суміші, причому характер змінювання деяких з них перетворюється на протилежний. При нерівномірній подачі суміші по ширині на вході решета, зростання початкової швидкості збільшує нерівномірний розподіл питомого завантаження по площі робочої поверхні.

Закономірності розподілу питомого завантаження решета є визначальними при проектуванні живильників і розподільників сипких сумішей та розрахунках режимів сепарування.

**Ключові слова:** вібраційне решето, початкова швидкість суміші, питоме завантаження поверхні.

**Вступ.** Характер відносного руху сипкої суміші по робочій поверхні віброрешета визначає ступінь завантаження ділянок його робочої поверхні. Перед потраплянням на решето суміш проходить шлях від накопичувального бункера, через дозуючий пристрій, пневмосепаруючий канал та розвантажувальний лоток. При цьому вона набуває певної швидкості, яка може

змінюватись в залежності від конструктивних та режимних параметрів вібросепаратора. Неоднорідність фізико-механічних властивостей сипкої суміші та параметрів технологічного процесу також приводить до відхилень значень початкової швидкості. Зміна початкової швидкості на вході решета чинить суттєвий вплив на рух потоку по робочій поверхні, а отже змінює



характер завантаження. Тому, дослідження впливу величини початкової швидкості на процес завантаження віброрешета є актуальною задачею.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В роботі [1] досліджений характер нестійкого руху суміші на початку решета. Визначено, що в зоні завантаження решета характер відносного руху частинок суміші може бути нестійким і вони можуть рухатись по складних криволінійних траєкторіях. Це безпосередньо впливає на рівномірність розподілу суміші по периметру сепаруючої поверхні, приводить до перевантаження на одних ділянках і недовантаження на інших, внаслідок чого якість сепарування знижується.

В роботі [2] з дослідження процесу сепарування за густиною насіння враховані початкові умови руху суміші. Розглянуто рух частинки по поверхні живильника та вільний політ перед потраплянням на робочий орган з врахуванням опору повітря. Отримано систему рівнянь, яка характеризує рух частинки по робочому органу з урахуванням початкових умов її руху.

Однак у вказаних роботах рух зернової суміші змодельовано рухом матеріальної точки, що дає значні похибки, коли товщина шару перевищує розмір частинки. Тому дані дослідження не визначають в повній мірі процес завантаження.

Варіантом подолання зазначених труднощів може бути застосування нового способу моделювання в якому рух шару суміші описується рівняннями руху в'язкої рідини [3, 4]. В основу цього напрямку покладена аналогія в поведінці в'язкої рідини і сипкого середовища в умовах вібрацій [5]. Саме такий підхід використаний в роботі [6] для дослідження змінювання швидкості потоку суміші по довжині решета при гармонічних пульсаціях початкової швидкості на вході решета, яка обумовлює нерівномірність подачі. Встановлено, що при нерівномірній подачі суміші на решето довжина області нерівномірного руху менше довжини робочої поверхні решета, але зі зменшенням частоти і збільшенням амплітуди коливань подачі суміші, довжина області нерівномірного руху зростає. Але, в роботі не досліджено закономірності швидкості по ширині решета та не враховано зміну щільності суміші.

В роботі [7] приведений аналіз роботи гравітаційних, вібраційних та валкових живильників зернових сумішей. Встановлено, що механізми подачі сконструйовані без достатньо повного врахування умов введення суміші на робочі органи, що підтверджується суттєвими коливаннями значень та напрямку початкової швидкості. Результати експериментальних досліджень ефективності сепарування вказують на вузький діапазон значень оптимальної початкової швидкості та необхідність рівномірної подачі по ширині робочого органу та за часом.

В роботі [8,9] досліджено процес розподілу зернового вороху по ширині робочих органів повітря-решетних зерноочисних машин. Встановлено, що тиск зернового вороху всередині бункера визначає процес його висипання через щілину дозатора. Визначений оптимальний рівень суміші в бункері, що забезпечує рівномірне завантаження по ширині робочих органів, та розроблений автоматичний розподільний пристрій, підтримуючий постійний рівень у бункері. Однак даний пристрій, в процесі регулювання, змінює початкову швидкість за величиною, і вплив такої зміни на процес завантаження не досліджений.

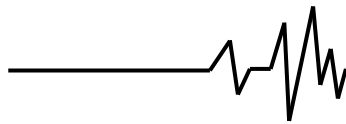
Отже, початкова швидкість суміші на вході віброрешета змінюється за величиною, і питання впливу величини початкової швидкості на процес завантаження залишилось не вирішеним.

**Мета досліджень** – дослідження впливу величини початкової швидкості сипкої суміші на вході віброрешета на процес завантаження його робочої поверхні.

**Результати досліджень.** Для встановлення закономірностей параметрів руху сипкої суміші на всій площі віброрешета, які визначатимуть питоме завантаження його робочої поверхні, розглянутий просторовий рух суміші [10,11]. Вплив просіювання на рух суміші не враховувався, так як вміст прохідової фракції у вихідній суміші для підсівних і сортувальних решіт незначний, а в деяких випадках складає 2–3 %. Дія вібрацій на середовище виявляється в зменшенні внутрішнього тертя при збільшенні інтенсивності вібрацій. Система рівнянь руху зведена до рівнянь планового потоку.

Рівняння динаміки сипкої суміші на віброрешеті мають вид:

$$\frac{\partial}{\partial t} \gamma + u \frac{\partial}{\partial x} \gamma + v \frac{\partial}{\partial y} \gamma + \gamma \frac{\partial}{\partial x} u + \gamma \frac{\partial}{\partial y} v = 0, \quad (1)$$



$$\frac{\partial}{\partial t} u + u \frac{\partial}{\partial x} u + v \frac{\partial}{\partial y} u + \frac{g \cos \theta}{2} \frac{\partial}{\partial x} h + \frac{hg \cos \theta}{2\gamma} \frac{\partial}{\partial x} \gamma - \frac{2\mu h}{\gamma} \frac{\partial^2}{\partial x^2} u - \frac{\mu h}{\gamma} \frac{\partial^2}{\partial y^2} u -$$

$$- \frac{2\mu}{\gamma} \frac{\partial}{\partial x} h \frac{\partial}{\partial x} u - \frac{\mu}{\gamma} \frac{\partial}{\partial y} h \frac{\partial}{\partial y} u - \frac{\mu}{\gamma} \frac{\partial}{\partial y} \left( h \frac{\partial}{\partial x} v \right) + \frac{C_s}{\gamma} u - g \sin \theta = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t} v + u \frac{\partial}{\partial x} v + v \frac{\partial}{\partial y} v + \frac{g \cos \theta}{2} \frac{\partial}{\partial y} h + \frac{hg \cos \theta}{2\gamma} \frac{\partial}{\partial y} \gamma - \frac{\mu h}{\gamma} \frac{\partial^2}{\partial x^2} v - \frac{2\mu h}{\gamma} \frac{\partial^2}{\partial y^2} v -$$

$$- \frac{\mu}{\gamma} \frac{\partial}{\partial x} h \frac{\partial}{\partial x} v - \frac{2\mu}{\gamma} \frac{\partial}{\partial y} h \frac{\partial}{\partial y} v - \frac{\mu}{\gamma} \frac{\partial}{\partial x} \left( h \frac{\partial}{\partial y} u \right) + \frac{C_s}{\gamma} v = 0,$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0. \quad (4)$$

де  $x, y$  - координати частинки;  $u, v$  - проекції швидкості частинки на координатні вісі;  $\gamma$  - поверхнева щільність суміші;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $\theta$  - кут нахилу решета;  $h$  - товщина шару суміші;  $t$  - час;  $\mu$  - динамічний коефіцієнт зсувної в'язкості;  $C_s$  - феноменологічний коефіцієнт, подібний до коефіцієнту Шезі.

Областю визначення невідомих функцій є поверхня

$\Sigma_0 = \{0 < x < l, -l_1/2 < y < l_1/2\}$ . Тут  $l$  - довжина,  $l_1$  - ширина решета. Межами області поверхні є лінії  $L_1 = \{0 < x < l, y = -l_1/2\}$ ,

$$L_2 = \{0 < x < l, y = l_1/2\},$$

$$L_3 = \{x = 0, -l_1/2 < y < l_1/2\},$$

$$L_4 = \{x = l, -l_1/2 < y < l_1/2\}.$$

На лінії  $L_3$  задаються розподіли:

$$h(t, 0, y) = H^0(t, y), \quad \gamma(t, 0, y) = G^0(t, y), \quad (5)$$

$$u(t, 0, y) = U^0(t, y), \quad v(t, 0, y) = V^0(t, y).$$

На  $L_1, L_2$  виконуються умови:

$$v(t, x, -l_1/2) = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=-l_1/2} - \frac{C_s}{\mu} u \Big|_{y=-l_1/2} = 0, \quad (6)$$

$$v(t, x, l_1/2) = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=l_1/2} + \frac{C_s}{\mu} u \Big|_{y=l_1/2} = 0. \quad (7)$$

Чисельне розв'язання рівнянь виконано скінченно-різницевою методом [12].

Початкові умови:

$$h(0, x, y) = H^{(0)}(y) \exp(-\kappa x/l),$$

$$\gamma(0, x, y) = G^{(0)}(y) \exp(-\kappa x/l),$$

$$u(0, x, y) = U^{(0)}(y) \exp(-\kappa x/l),$$

$$v(0, x, y) = V^{(0)}(y) \exp(-\kappa x/l),$$

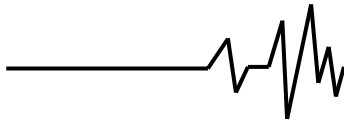
містять параметр  $\kappa$ , який обумовлює швидкість спадання даної величини при зміні  $x$  (якщо  $\kappa = 0$  початкові умови не залежать від  $x$ ). Надалі вважаємо

величини  $H^{(0)}, G^{(0)}, U^{(0)}$  сталими,

причому  $U^{(0)}$ , пов'яжемо з об'ємною витратою  $Q$  за секунду співвідношенням

$$Q = U^{(0)} l_1.$$

Питоме завантаження віброрешета  $q = q(x, y)$



$$q(x, y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0, \Delta y \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_x^{x+\Delta x} \int_y^{y+\Delta y} \int_0^{h(x, y)} \rho(x', y', z) u(x', y', z) dz dx' dy' =$$

$$= \lim_{\Delta x \rightarrow 0, \Delta y \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_x^{x+\Delta x} \int_y^{y+\Delta y} \gamma(x', y') u(x', y', z) dx' dy' = \gamma(x, y) u(x, y).$$

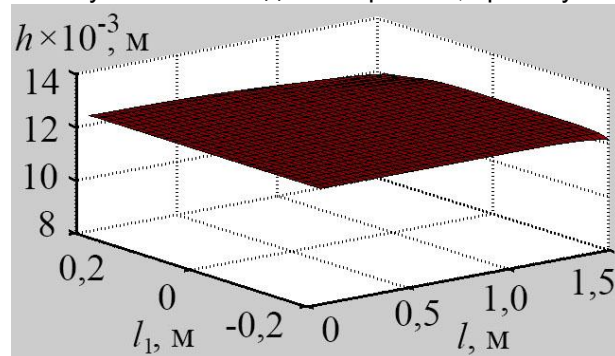
Таким чином,  $q(x, y) = \gamma(x, y) u(x, y)$ .

Чисельний розв'язок виконаний при наступних параметрах процесу: початкове завантаження  $q=8800$  кг/год; щільність сипкої суміші  $800$  кг/м<sup>3</sup>; поперечна складова швидкості суміші  $V_0^0 = 0$  м/с; тиск, на вільній поверхні шару  $P_0 = 20$  кг/м·с<sup>2</sup>; довжина решета  $l = 1,5$  м; ширина решета  $l_1 = 0,4$  м; кут нахилу решета до горизонту  $\theta = 4$  град; емпіричний коефіцієнт  $K = 0$ ; коефіцієнт зсувної в'язкості  $\mu = 0,2$  кг/м·с, феноменологічний коефіцієнт, аналогічний коефіцієнту Шезі  $C_s = 5$  кг/м<sup>2</sup>·с.

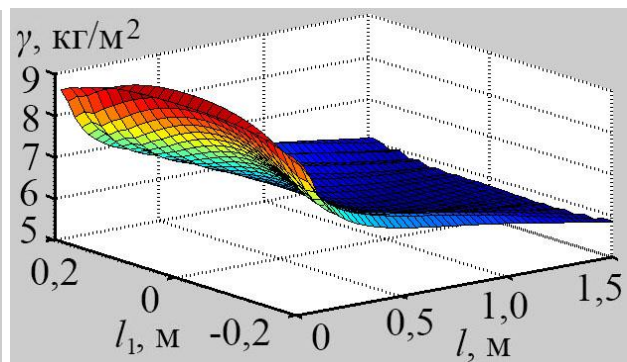
Встановлені закономірності розподілу товщини шару, поверхневої щільності, поздовжньої та поперечної складових швидкості суміші, питомого завантаження на всій площі робочої поверхні віброрешета. На вході віброрешета початкова швидкість має опуклий профіль по ширині, який є найбільш розповсюдженим при висипанні суміші із бункера та обумовлений тертям суміші по його боковим стінкам. Рівняння профілів початкової швидкості по ширині визначались апроксимацією експериментальних значень швидкості на вході віброрешета.

На рис. 1 представлені характеристики потоку при початковій швидкості  $u_0 = 0,75$  м/с, випадку коли вона менша швидкості руху суміші по решету. Товщина шару суміші залишається сталою на всій площі робочої поверхні решета (рис. 1, а). Поверхнева щільність суміші зменшується на всій довжині решета, причому на

початку більш суттєво (рис. 1, б). На входному перетині поверхнева щільність має опуклий профіль по ширині, а на вихідному дещо увігнутий. По мірі просування суміші вздовж решета профіль щільності по ширині поступово вирівнюється. Поздовжня складова швидкості суміші зростає з довжиною решета асимптотично наближаючись до сталої величини (рис. 1, в). Профіль швидкості на вході решета опуклий по ширині у відповідності з профілем початкової швидкості. З довжиною решета профіль поздовжньої складової швидкості вирівнюється по ширині. Вздовж бокових стінок швидкість зменшена внаслідок тертя суміші по їхніх поверхнях. Поперечна складова швидкості суміші мала за величиною в порівнянні з поздовжньою (рис. 1, г), і змінюється по довжині та ширині решета. На початку робочої поверхні поперечна швидкість більш виражена за величиною та направлена від осі до бокових стінок, а в кінці менша за величиною та направлена від бокових стінок до осі решета. Характер зміни поперечної складової швидкості обумовлений нерівномірністю завантаження робочої поверхні (рис. 1, д). Так, на початку решета робоча поверхня перевантажена в центральній частині та недовантажена біля бортів, що обумовлено відповідною зміною щільності та поздовжньої швидкості суміші на цих ділянках. Наявність перевантаженої центральної та недовантажених бокових ділянок приводить до перерозподілу суміші від осі решета до бокових стінок. Починаючи з середини решета по довжині, питоме завантаження рівномірно розподіляється по площі робочої поверхні.



а



б

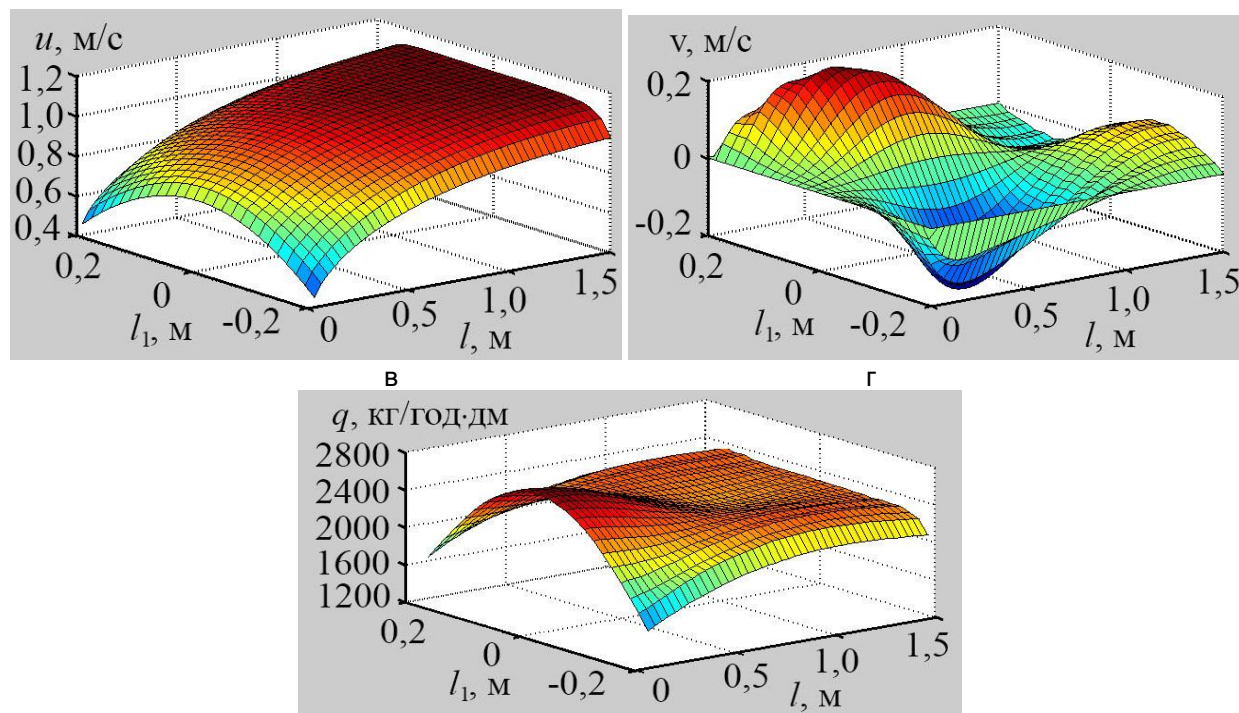
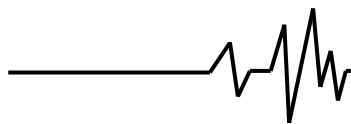
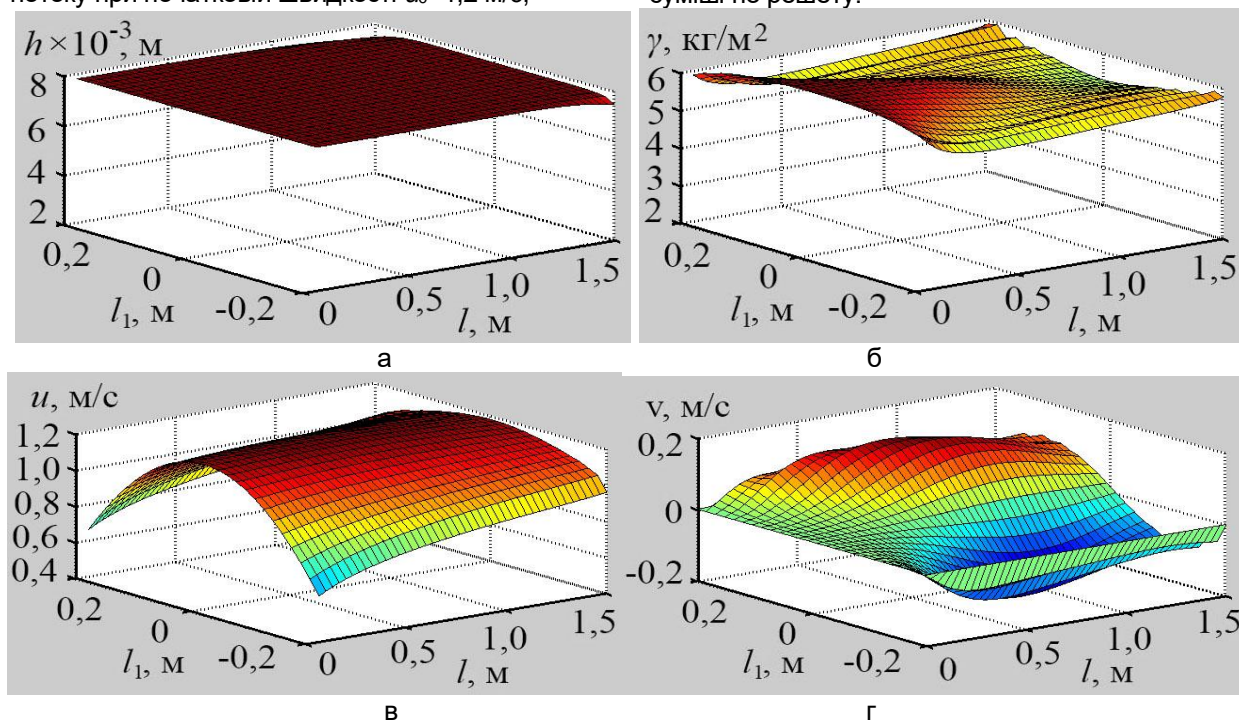
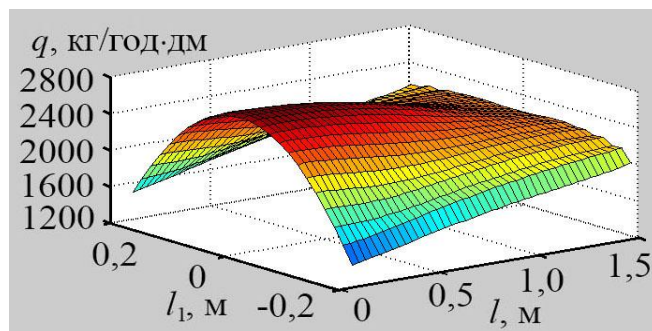
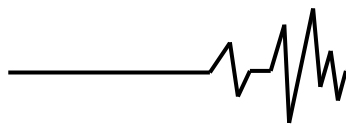


Рис. 1. Характеристики потоку сипкої суміші при початковій швидкості  $u_0=0,75 \text{ м/с}$ : а – товщина шару; б – поверхнева щільність суміші; в, г – поздовжня та поперечна складові швидкості; д – питоме завантаження,  $u_0(l_1) = 0,75 - 9y^2$

На рис. 2 представлені характеристики потоку при початковій швидкості  $u_0=1,2 \text{ м/с}$ ,

випадку коли вона дорівнює швидкості руху суміші по решету.





Д

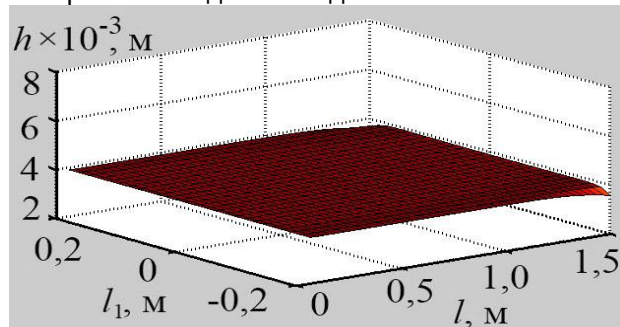
Рис. 2. Характеристики потоку сипкої суміші при початковій швидкості  $u_0=1,2$  м/с: а – товщина шару; б – поверхнева щільність суміші; в, г – поздовжня та поперечна складові швидкості; д – питоме

$$\text{завантаження, } u_0(l_1) = 1,2 - 14y^2$$

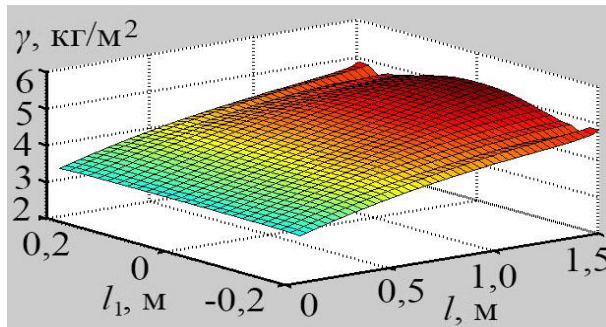
Товщина шару не змінюється по площі решета (рис. 2, а), але зменшилась за величиною у відповідності зі збільшенням поздовжньої швидкості суміші. Поверхнева щільність суміші залишається майже сталою на всій площі решета. Наявні відхилення змінюються в досить малих межах (рис. 2, б). Так на вхідному перерізі решета поверхнева щільність має опуклий профіль по ширині, а на вихідному – увігнутий. Такий характер зміни щільності обумовлений комплексною дією багатьох факторів. Поздовжня складова швидкості суміші не змінюється по довжині в центральній частині та поступово зростає вздовж бокових стінок (рис. 2, в). Зміна поздовжньої швидкості по ширині обумовлена опуклим профілем початкової швидкості, який поступово вирівнюється з довжиною решета. Поперечна складова швидкості зменшилась за

величиною (рис. 2, г), має синусоїдальний профіль по ширині решета, направлена від центральної осі до бокових стінок. Питоме завантаження решета має опуклий профіль (рис. 2, д), що зумовлено відповідною зміною поздовжньої швидкості суміші. Центральна поздовжня ділянка решета перевантажена, а ділянки біля бортів недовантажені. Відхилення питомого завантаження стали більшими, але з довжиною решета поступово зменшуються. В кінці решета профіль питомого завантаження вирівнюється по ширині.

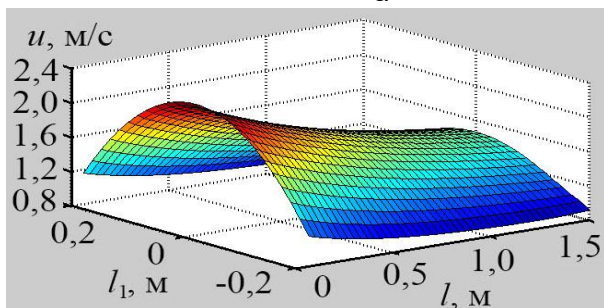
На рис. 3 представлені характеристики потоку при початковій швидкості  $u_0=2,3$  м/с, випадку коли вона більше швидкості руху суміші по решету.



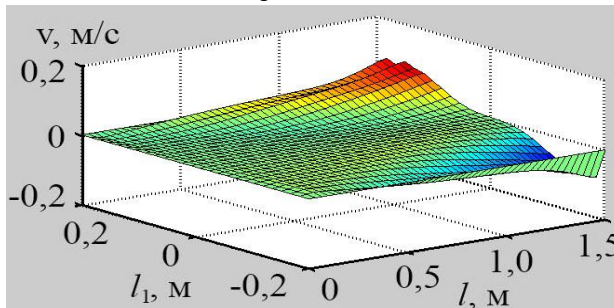
а



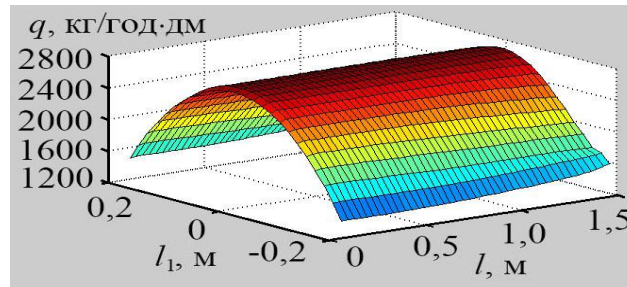
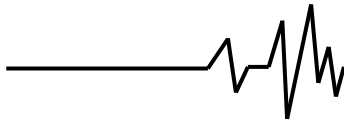
б



в



г



Д

Рис. 3. Характеристики потоку сипкої суміші при початковій швидкості  $u_0=2,3$  м/с: а – товщина шару; б – поверхнева щільність суміші; в, г – поздовжня та поперечна складові швидкості; д – питоме завантаження,  $u_0(l_1) = 2,3 - 30y^2$

Товщина шару стала по площі решета (рис. 3, а), та зменшилась за величиною. Поверхнева щільність суміші зростає з довжиною решета, причому на вхідному перетині має рівномірний профіль, а на вихідному опуклий. (рис. 3, б). Поздовжня складова швидкості суміші має опуклий по ширині профіль у відповідності з профілем початкової швидкості та зменшується з довжиною решета (рис. 3, в). Поперечна складова швидкості дорівнює нулю майже на всій площі поверхні, та проявляється лише в кінці решета (рис. 2, г). Це обумовлено значною переносною швидкістю суміші вздовж решета. Питоме завантаження робочої поверхні залишається незмінним по довжині решета, і має опуклий профіль по ширині (рис. 3, д). Центральна ділянка перевантажена, а бокові недовантажені на всій довжині решета. Найбільші відхилення питомого завантаження мають місце також на всій довжині решета.

Таким чином, величина початкової швидкості впливає на всі характеристики сипкої суміші, причому характер змінювання деяких з них змінюється на протилежний. При нерівномірній подачі суміші по ширині на вході решета, зростання початкової швидкості збільшує нерівномірний розподіл питомого завантаження по площі робочої поверхні.

#### Висновки.

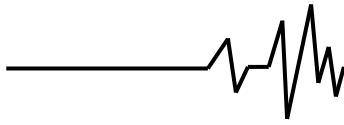
1. При величині початкової швидкості меншій швидкості руху суміші по решету товщина шару стала по всій площі поверхні, поверхнева щільність суміші зменшується, а поздовжня складова швидкості зростає з довжиною. Поперечна складова швидкості сприяє швидкому перерозподілу суміші з перевантаженої центральної ділянки до недовантажених бокових.

2. При величині початкової швидкості рівній швидкості руху суміші по решету товщина шару і поверхнева щільність суміші стали по площі поверхні, поздовжня складова швидкості стала по довжині та має профіль початкової швидкості по ширині решета, який вирівнюється з довжиною. Поперечна складова швидкості зменшилась, а відхилення питомого завантаження збільшились.

3. При величині початкової швидкості більшій швидкості руху суміші по решету товщина шару зменшилась, поверхнева щільність суміші збільшується, а поздовжня складова швидкості зменшується з довжиною. Поперечна складова швидкості майже відсутня, питоме завантаження нерівномірне по всій площі решета.

#### Список використаних джерел

1. Гончаров Е. С. Теория неустойчивого движения зерна по поверхности вертикальных цилиндрических центробежно-вибрационных решет *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 1973. Вып.25. С. 39-44.
2. Бредихін В.В. Механіко-математична модель руху зернових сумішей у вібропнеумоцентрифугах. *Механізація та електрифікація сільського господарства*, 2001. Вип. 85. С. 116-119.
3. Тищенко Л. Н., Ольшанський В. П. Решения упрощённых уравнений гидродинамики при моделировании движения зерновой смеси по наклонному плоскому решету. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв*, 2008. Вип. 74. С. 306–312.
4. Vasylovskiy O., Vasylovska K., Moroz S., Sviren M., Storozhyk, L. The influence of basic parameters of separating conveyor operation on grain cleaning quality. *INMATEH. Agricultural Engineering. Romania, Bucharest*, 2019. Vol. 57, No.1. P. 63-70.
5. Тищенко Л. Н. Гидродинамические характеристики псевдоожиженных сыпучих сред при виброцентробежном сепарировании на зерноперерабатывающих предприятиях. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв*, 2001. Вип.5. С.13-33.
6. Тищенко Л. Н., Ольшанський С. В., Ольшанський В. П. Определение



закономерностей скорости потока зерновой смеси на виброрешете при неравномерной подаче. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв*, 2009. Вип. 88. С. 5-11.

7. Ковриков И. Т., Тавтилов И. Ш. Направления исследований и конструирования питателей для сепарирования зерна в вертикальном воздушном потоке. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 2003. Вып.7. С. 196-201.

8. Ахматов А.А., Оробинский В.И., Шацкий В.П., Солнцев В.Н. К обоснованию истечения зерновых смесей в питающем устройстве. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 2016. Вып. 4 (51). С. 114-120.

9. Ахматов А.А., Оробинский В.И., Солнцев В.Н. Распределение зерна по ширине решета машины МЗС-25. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2015. № 9. С. 8-9.

10. Piven M. Grain flow dynamics on vibrating flat sieve of finite width. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin, 2015. Vol.15, № 3. P. 113-119.

11. Piven M. Equation of the planned flow of granular grain mixture. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin, 2016. Vol.16, №4. P. 63-72.

12. Ковеня В. М. Алгоритмы расщепления при решении многомерных задач аэрогидродинамики: Монография. Новосибирск: СО РАН, 2014. 278 с.

### Список джерел у транслітерації

1. Goncharov, E. S. (1973). Teoriya neustoychivogo dvizheniya zerna po poverhnosti vertikalnykh tsilindricheskikh tsentrobezhnovibratsionnykh reshet [The theory of unstable grain motion on the surface of vertical cylindrical centrifugal vibrating sieves]. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva – Agricultural mechanization and electrification*, 25, 39-44 [In Russian].

2. Bredihin, V.V. (2001). Mehaniko-matematichna model ruhu zernovykh sumishey u vlbropnevnotsentrifugah [Mechanical-mathematical model of grain mixtures motion in vibropneumocentrifuges]. *Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya silskoho gospodarstva – Agricultural mechanization and electrification*, 85, 116-119 [In Ukrainian].

3. Tischenko, L. N., & Olshanskiy, V.P. (2008). Resheniya uproschyonnykh uravneniy gidrodinamiki pri modelirovani dvizheniya zernovoy smesi po naklonnomu ploskomu reshetu [Solutions of

simplified equations of hydrodynamics when modeling the motion of a grain mixture along an inclined planar sieve]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Suchasni napryamki tehnologiyi ta mehanizatsiyi protsesiv pererobnih i harchovih virobnitstv – Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named Peter Vasylenko. Modern directions of technology and mechanization of processing and food production processes*, 74, 306-312 [In Russian].

4. Vasylykovskiy, O., Vasylykovska, K., Moroz, S., Sviren, M., & Storozhyk, L. (2019). The influence of basic parameters of separating conveyor operation on grain cleaning quality. *INMATEH. Agricultural Engineering. Romania, Bucharest*, 57, 63-70 [In English].

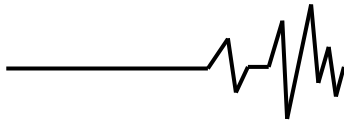
5. Tischenko, L. N. (2001). Gidrodinamicheskie karakteristiki psevdoozhizhennykh syipuchih sred pri vibrotsentrobezhnom separirovani na zernopererabatyvayushchikh predpriyatiyah [Hydrodynamic characteristics of fluidized bulk solids during vibrocentrifugal separation at grain processing enterprises]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Suchasni napryamki tehnologiyi ta mehanizatsiyi protsesiv pererobnih i harchovih virobnitstv – Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named Peter Vasylenko. Modern directions of technology and mechanization of processing and food production processes*, 5, 13-33 [In Russian].

6. Tischenko, L.N., Olshanskiy, V.P., & Olshanskiy, S.V. (2009). Opredelenie zakonornostey skorosti potoka zernovoy smesi na vibroreshete pri neravnomernoy podache [Definition of laws of speed of the stream of the grain mix on at non-uniform giving]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named Peter Vasylenko*, 88, 5-11 [In Russian].

7. Kovrikov, I. T., & Tavtilov, I. S. (2003). Napravleniya issledovaniy i konstruirovaniya pitateley dlya separirovaniya zerna v vertikalnom vozduzhnom potoke [Directions of research and design of feeders for separation of grain in the vertical air flow]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of Orenburg State University*, 7, 196-201 [In Russian].

8. Ahmatov, A.A., Orobinskiy, V.I., Shatskiy, V.P., & Solntsev, V.N. (2016). K obosnovaniyu istecheniya zernovykh smesey v pitayuschem ustroystve [To the rationale for the expiration of grain mixtures in the feed device]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, 4(51), 114-120 [In Russian].

9. Ahmatov, A.A., Orobinskiy, V.I., & Solntsev, V.N. (2015). Raspredelenie zerna po shirine



resheta mashinyi MZS-25 [Grain distribution along the width of the sieve machine MZS-25]. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva – Agricultural mechanization and electrification*, 9, 8-9 [In Russian].

10. Piven, M. (2015). Grain flow dynamics on vibrating flat sieve of finite width. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin*, 15 (3), 113-119 [In English].

11. Piven, M. (2016). Equation of the planned flow of granular grain mixture. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin*, 16 (4), 63-72 [In English].

12. Kovenya, V.M. (2014). *Algoritmyi rasschepleniya pri reshenii mnogomernykh zadach aerogidrodinamiki: monografiya [Splitting algorithms for solving multi-dimensional problems of aerohydrodynamics]*. Novosibirsk: SO RAN [In Russian].

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ СМЕСИ НА ПРОЦЕСС ЗАГРУЗКИ ВИБРОРЕШЕТА

Работа посвящена исследованию влияния величины начальной скорости сыпучей смеси на процесс загрузки виброрешета. Установленные закономерности толщины слоя, продольной и поперечной составляющих скорости, плотности сыпучей смеси и удельной загрузки на всей площади поверхности виброрешета.

При величине начальной скорости меньшей скорости движения смеси по решету толщина слоя постоянная по всей площади, поверхностная плотность смеси уменьшается, а продольная составляющая скорости возрастает с длиной. Поперечная составляющая скорости способствует быстрому перераспределению смеси с перегруженного центрального участка к недогруженным боковым.

При величине начальной скорости равной скорости движения смеси по решету толщина слоя и поверхностная плотность смеси постоянные по площади поверхности, продольная составляющая скорости постоянная по длине и имеет профиль начальной скорости по ширине решета, который выравнивается с длиной. Поперечная составляющая скорости уменьшилась, а отклонения удельной загрузки увеличились.

При величине начальной скорости большей скорости движения смеси по решету толщина слоя уменьшилась, поверхностная плотность смеси увеличивается, а продольная составляющая скорости уменьшается с длиной. Поперечная составляющая скорости почти отсутствует, удельная загрузка неравномерна по всей площади решета.

Таким образом, величина начальной скорости влияет на все характеристики сыпучей смеси, причем характер преобразования

некоторых из них изменяется на противоположный. При неравномерной подаче смеси по ширине на входе решета, возрастание начальной скорости увеличивает неравномерное распределение удельной загрузки по площади рабочей поверхности.

Закономерности распределения удельной загрузки решета являются определяющими при проектировании питателей и распределителей сыпучих смесей и расчетах режимов сепарации.

**Ключевые слова:** вибрационное решето, начальная скорость смеси, удельная загрузка поверхности.

### RESEARCH ON THE EFFECT OF THE INITIAL SPEED OF THE MIXTURE ON THE PROCESS OF LOADING

The work is devoted to the study of the influence of the initial velocity of the loose mixture on the loading process of the vibrating sieve. The regularities of layer thickness, longitudinal and transverse components of velocity, density of loose mixture and specific load on the entire area of a vibrating sieve are established.

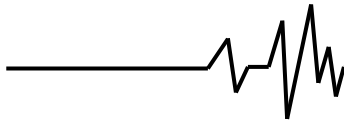
When the initial velocity is less than velocity of the mixture movement on the sieve is the thickness of the layer has become over the entire surface area, the surface density of the mixture decreases, and the longitudinal velocity component increases with length. The transverse velocity component contributes to the rapid redistribution of the mixture from the congested central area to the unloaded lateral ones.

When the initial velocity is equal to the velocity of the mixture movement on the sieve, the thickness of the layer and the surface density of the mixture are constant on the surface area, the longitudinal velocity component is constant along the length and has an initial velocity profile along the width of the sieve, which is aligned with the length. The transverse velocity component decreased and the specific loading deviations increased.

When the initial velocity is greater than the velocity of the mixture movement on the sieve, the thickness of the layer decreases, the surface density of the mixture increases, and the longitudinal velocity component decreases with length. The transverse velocity component is almost absent, the specific loading is uneven throughout the sieve area.

Thus, the value of the initial velocity affects all the characteristics of the loose mixture, and the nature of changing some of them turns to the opposite. When the mixture is unevenly fed across the width at the inlet of the sieve, the increase of the initial velocity increases the uneven distribution of the specific load over the area of the work surface.

The regularities of distribution of the specific load of the sieve are decisive in the design of feeders



and distributors of loose mixtures, as well as in calculation of separation modes.

**Keywords:** vibrating sieve, initial velocity of the loose mixture, specific surface load.

#### ***Відомості про авторів***

**Півень Михайло Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики і теоретичної механіки, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61022 e-mail: [m.v.piven@gmail.com](mailto:m.v.piven@gmail.com)).

**Пивень Михаил Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры физики и теоретической механики, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко (ул. Алчевских, 44, г. Харьков, Украина, 61022 e-mail: [m.v.piven@gmail.com](mailto:m.v.piven@gmail.com)).

**Piven Mykhailo**– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Theoretical Mechanics, Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture (44, Alchevskikh Str., Kharkiv, Ukraine 61022 e-mail: [m.v.piven@gmail.com](mailto:m.v.piven@gmail.com)).