

Тищенко Л. Н.

Харченко С. А.

*Харьковский
национальный
технический
университет
сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Tishchenko L. N.

Kharchenko S. A.

*Kharkiv Petro Vasylenko
National Technical
University of Agriculture*

УДК 631.362:53

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОРЕШЕТНОЙ ПРОСЕВАЕМОСТИ ЗЕРНОВЫХ СМЕСЕЙ

В статье обобщены новые перспективные направления моделирования динамических процессов зерновых смесей и их реализация в виде конструкций разработанных решет для повышения эффективности виброрешетной просеваемости, которые заложены академиком Тищенко Л.Н.

Ключевые слова: зерновая смесь, решето, эффективность, просеваемость.

Постановка проблемы.

Продовольственная безопасность Украины зависит от производства зерна, которое необходимо увеличить до 71 – 80 млн.т. [1]. Это в свою очередь требует улучшения и оптимизации технологического и технического обеспечения процессов производства продукции растениеводства.

Состояние материально-технической базы зерноперерабатывающей отрасли, которая отвечает за эффективную обработку продовольственного зерна, семенного материала, сдерживает динамику развития производства зерна. Потребность в зерноочистительных машинах составляет 50,8 тыс. ед. при фактическом наличии – 25 тыс. ед. техники, более 80 % которой отработала амортизационные сроки [1].

Выполнение запланированного объема производства зерна требует и подготовку высококачественного посевного материала – ежегодная потребность которого для зерновых культур составляет около 4 млн.т. [1].

Отсутствие необходимых мероприятий по своевременной послеуборочной обработки зерна приводят также к необоснованным потерям урожая в хозяйствах, которые достигают 22...35%.

Одними из важнейших и определяющих в послеуборочной обработке зерна являются

производительность и качество работы решетных зерноочистительных машин. Последние характеризуются эффективностью процессов сепарации (ПС), и как составляющая просеваемости (ПП) зерновых смесей (ЗС) через отверстия решет.

Отличие формы зерна некоторых сельскохозяйственных культур от идеализированных форм отверстий решет (круглой, треугольной, прямоугольной) приводит к низким технологическим показателям работы виброрешетных зерноочистительных машин. К таким культурам можно отнести горох, гречка, нут, кукуруза, ячмень и т. п. Усугубляет ситуацию наличие на поверхности зерен выступов, впадин, асимметрия вершин и сторон.

Выполнение норм по качеству продовольственного зерна и семенного материала требует повторной очистки и просеивания ЗС через решета вибросепараторов. Это приводит к увеличению травмирования зерен, и увеличивает эксплуатационные затраты на работу вибросепараторов.

Применением вибрации решет установлена значительная интенсификация этапов очистки ЗС: сегрегации, скорости движения ЗС, очистки отверстий, что



значительно повышает количество проходовой фракции – просеваемость.

Основой моделирования динамики ЗС по решетам в ранних работах было использование материальной точки. Однако значительные отклонения от реальной ситуации, например, из-за отсутствия учета свойств потока ЗС, столкновения зерен и т.п. требовали применения новых подходов.

Фундаментом позволившим реализовать и получить решения стали исследования академика Тищенко Л.М.:

- научные основы интенсификации процессов виброцентробежного и вибропневмоцентробежного сепарирования ЗС на основе предложенной новой концепции моделирования внутрислоевых процессов в смесях, которые сепарируются, с интенсификаторами разных типов, базирующейся на статистическом моделировании с использованием аналитических исследований физических моделей с учетом открытости, необратимости процессов, на базе создания математических моделей: динамики цилиндрических решетчатых полотен с очистителями; нелинейной динамики ЗС с интенсификаторами; фрактальной двухпоточковой кинетики функционирования интенсификаторов; двухжидкостной гидродинамики процессов с интенсификацией [2, 3];

- теоретическое обоснование ПС ЗС разработанными орбренными решетками как внутрислоевых процессов сплошных, гетерогенных и сыпучих сред с интенсификацией разрыхлителями [4];

- создание математического моделирования процессов виброцентробежного сепарирования семян кукурузы разработанными решетками с интенсификаторами-рифлями-направителями как гидродинамических процессов с ориентированием семян по сепарирующим параметрам [5];

- разработка математического моделирования процессов расслоения вибропневморазреженных ЗС по плотности семян на новых рифленых воздухопроницаемых поверхностях с анизотропным трением, с учетом режимных параметров работы сепараторов и физико-механических свойств смесей, которые сепарируются [6];

- создание математического моделирования процессов очистки воздушных потоков новыми пылесосаочными камерами

зерновых вибросепараторов как процессов нелинейной динамики двухфазных сред с регулируемым промежуточным отбором и отведением дисперсных фаз [7];

- создание математического моделирования процессов очистки ЗС от легких соломистых и пылеобразных примесей новыми вееро-кольцевыми конусно-каскадными пневмосепарирующими устройствами как процессов нелинейной динамики трехфазных сред с оценкой эффективности и прогнозированием качества ПС [8];

- разработка на основе гидродинамических аналогий математического моделирования кинетики ПС ЗС плоскими виброрешетками как традиционных, подобных и составных виброцентробежных [9].

Гидродинамическая аналогия с сыпучей ЗС в этих исследованиях при математическом моделировании доказала свою состоятельность. Для этого псевдооживленная смесь охарактеризована с вязкостью, а среда с целью упрощения и возможности моделирования представлена как псевдооживленная многофазная.

Однако применение их для описания динамики просеивания ЗС через отверстия виброрешет требует соответствующих дополнений и уточнений.

Дальнейшее повышение эффективности ПП ЗС путем увеличения значений режимных параметров уже невозможно. Об этом свидетельствуют результаты исследований, которые обобщены Тищенко Л.Н. в [2]. Решение проблемы следует искать в интенсификации ПП ЗС на виброрешетках плоской и цилиндрической формы. Исследователями установлено, что именно ПП наиболее высокопроизводительны и перспективны.

Результатом проведенного анализа исследований ПП ЗС на виброрешетках стала классификация способов интенсификации (рис.1).

Перспективным направлением интенсификации ПП есть применение активаторов различных типов [10]. Под руководством академика Тищенко Л.Н. разработаны для повышения эффективности ПП кукурузы объемные, для ЗС гречки – трехлепестковые эпициклоидные, для ЗС гороха и нута – пятилепестковые эпициклоидные активаторы (рис.2).

В [11, 12] обоснованы способы решения задач, составлены динамические модели ПП.

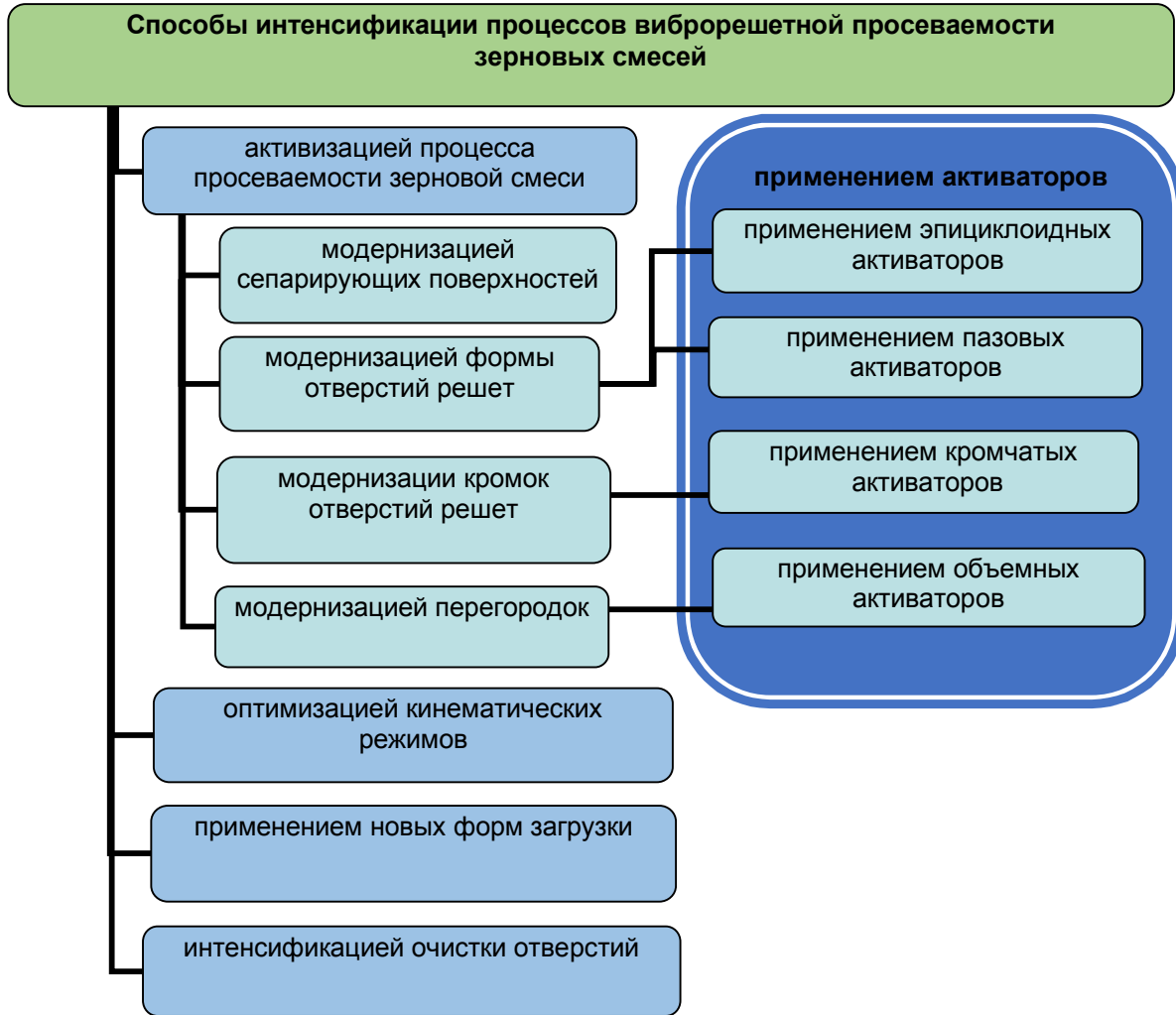
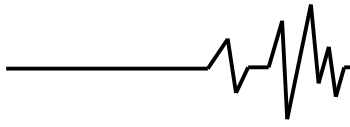


Рис.1. Классификация способов интенсификации процессов виброрешетной просеваемости зерновых смесей

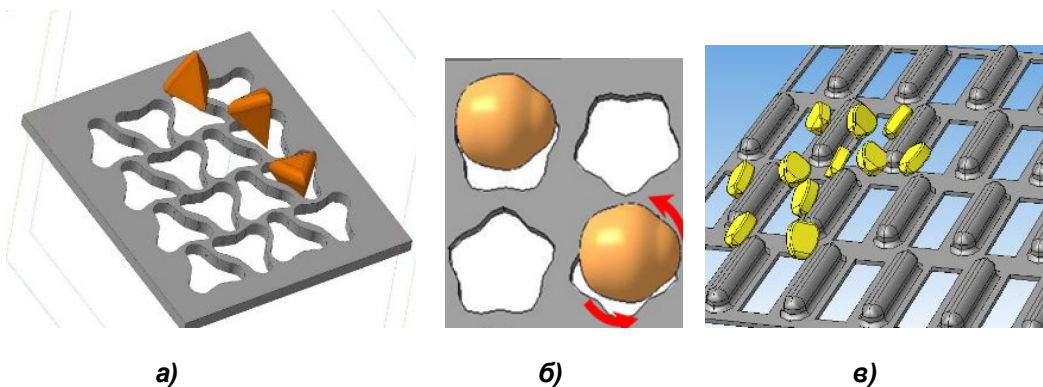
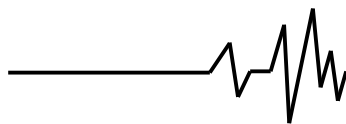


Рис. 2. Общий вид разработанных решет с активаторами просеивания зерновых смесей: а) – для сепарации гречки; б) – для сепарации зернобобовых культур (горох, нут и т.п.); в) – для сепарации кукурузы

Для моделирование движения ЗС использовали пузырьковую псевдооживленную среду (ППС) при моделировании динамики

частиц ЗС. При этом слой ЗС рассматривается как псевдожидкость с пузырьками. В [13, 14] приведено обоснование и решение краевой



задачи динамики пузырьковой псевдооживленной смеси на плоских виборешетах с активаторами, в [15, 16] на цилиндрических решетках. В [17, 18] реализованы методики идентификации свойств ЗС. Эти работы стали основой нового научного направления по исследованию интенсификации ПП ЗС на виборешетах зерновых сепараторов.

Цель работы: определение рациональных параметров активаторов просеивания различных типов, которые повышают эффективность процессов виборешетной просеиваемости зерновых смесей.

Основной материал. Для получения математических зависимостей влияния выбранных факторов на ПП ЗС был реализован факторный эксперимент по плану Бокса-Бенкина [19].

Для определения оптимального сочетания установленных факторов, обеспечивающего максимальную величину полноты разделения, был проведен эксперимент, включающий 15 опытов.

Как отмечалось ранее, основным параметром эпициклоиды есть модуль, который определяет количество лепестков и равен $k=R_0/r_0$. Зафиксировав количество лепестков эпициклоиды для сепарации гречки $k=3$, для зернобобовых $k=5$, принимаем радиус неподвижной окружности эпициклоиды R_0 исходя из технологического задания по отношению к диаметру семян ЗС. Учет угла поворота точки, описывающей эпициклоиду, относительно центра неподвижной окружности; угла наклона отрезка между центрами к оси и т.п., проводится варьированием обобщающей величины – площади отверстия $S_{от}$. Количество отверстий на решетке, параметры продольных и поперечных перегородок определены через другой обобщающий параметр – коэффициент «живого сечения» решета k_p . Таким образом, варьируя значения радиуса подвижной окружности эпициклоиды, площади отверстия и коэффициента живого сечения решета, проведено определения оптимального соотношения параметров разработанных решет.

Вышеуказанное аргументированное обоснование наиболее значимых факторов также исключило необходимость в проведении отсеивающих экспериментов. Движение в область оптимума включает факторный эксперимент, его статистический анализ и крутое восхождение на поверхности отклика в направлении градиента. Значения и кодирование уровней факторов

интенсификации ПП с различными активаторами представлены в табл.1 – 3.

При проведении опытов была подготовлена ЗС гороха с 20 % составом проходовой фракции. При пропуске заданной смеси согласно матрицы планирования эксперимента устанавливалось разработанное решето с заданным сочетанием факторов и определяли полноту разделения.

Таблица 1
Значения и кодирование уровней факторов процесса просеиваемости смесей на решетках с трехлепестковыми эпициклоидными активаторами

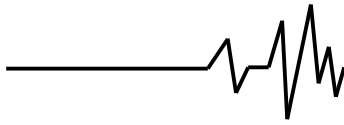
Уровень фактора	Факторы		
	r_0 , мм (x_1)	k_p , % (x_2)	$S_{от}$, мм ² (x_3)
Нижний (-1)	0,7	38	9,5
Нулевой (0)	0,8	42	10,5
Верхний (+1)	0,9	46	11,5
Интервал варьирования (ε_i)	0,1	4	1

Таблица 2
Значения и кодирование уровней факторов процесса просеиваемости смесей на решетках с пятилепестковыми эпициклоидными активаторами

Уровень фактора	Факторы		
	r_0 , мм (x_1)	k_p , % (x_2)	$S_{от}$, мм ² (x_3)
Нижний (-1)	0,7	38	9,5
Нулевой (0)	0,8	42	10,5
Верхний (+1)	0,9	46	11,5
Интервал варьирования (ε_i)	0,1	4	1

Таблица 3
Значения и кодирование уровней факторов процесса просеиваемости смесей на решетках с объемными активаторами

Уровень фактора	Факторы		
	h_p , мм (x_1)	k_p , % (x_2)	b_p , мм (x_3)
Нижний (-1)	1,5	26	5
Нулевой (0)	2	28	6
Верхний (+1)	2,5	30	7
Интервал варьирования (ε_i)	0,5	2	1



При этом удельная производительность решета фиксировалась, и, например, для ЗС гороха, составляла 5–11 кг час/дм².

Порядок проведения опытов был следующим. Устанавливались паспортные значения кинематических параметров работы вибросепараторов: амплитуда и частота колебаний решет, угловая скорость вращения (для цилиндрических решет). Согласно матрице планирования, устанавливалось одно из сочетаний факторов. Производился пуск сепаратора и подавалась заданная ЗС естественного гранулометрического состава с содержанием мелкой фракции 20%. Исходная масса смеси – 50 кг, что при любом сочетании факторов гарантировало работу сепаратора в установленном режиме.

После прохождения всей смеси и фиксации затраченного на это времени определяли полноту разделения по формуле:

$$\varepsilon_p = \Phi / \eta_p, \quad (1)$$

где: Φ – отношение массы прохода к массе материала, поступившего на решето; η_p – относительное содержание мелких зерен в исходном материале.

Статистический анализ модели второго порядка для трехуровневого плана Бокса-Бенкина проводился по методикам [19].

Уравнение регрессии в окончательном виде будет иметь вид:

$$y = 54,5444 + 3,8292x_1 + 3,475x_2 + 0,4458x_3 - 1,3667x_{12} - 0,7917x_{13} + 0,5x_{23} - 2,5368x_1^2 - 2,8431x_2^2 - 2,841x_3^2. \quad (2)$$

Так как $F_{расч} = 1,7976 < F_{табл} = 2,12$, то гипотезу об адекватности описания уравнением (2) результатов эксперимента можно считать верной с 95%-ной вероятностью.

Для использования уравнения регрессии (2) в качестве расчетной формулы и интерпретации результатов опытов производили его раскодирование.

В результате получено уравнение регрессии ПП ЗС на разработанных решетах с активаторами в раскодированном виде:

$$\varepsilon = -3845 + 967,238 r_0 + 67,642 k_p + 71,475 S_{от} - 6,833 r_0 k_p - 3,959 r_0 S_{от} + 0,125 k_p S_{от} - 253,68 r_0^2 - 0,711 k_p^2 - 0,711 S_{от}^2. \quad (3)$$

Выражение (3) в раскодированном виде позволяет определить расчетным путем величину полноты разделения на решетах с активаторами при выборе значений

рассмотренных факторов, лежащих в области эксперимента. Уравнение регрессии (3) также может быть использовано при конструировании решет для плоскорешетных и центробежных вибрационных зерновых сепараторов с целью выбора их конструктивно-кинематических параметров.

Для изучения поверхности отклика в области эксперимента, соответствующей уравнению регрессии, проведено каноническое преобразование его к стандартному виду.

Для обеспечения интерпретации полученных результатов исследования при изучении поверхности отклика был использован метод двумерных сечений. Построение двумерных сечений функции отклика выполнялись следующим образом. В полученное уравнение регрессии (2) подставлялись закодированные значения всех факторов, кроме любого одного, причем в первую очередь исследовались те сечения, которые имеют наиболее практическое значение. Далее в полученном выражении определялся центр поверхности отклика, и производилось каноническое преобразование модели второго порядка. После канонического преобразования определялся тип поверхности отклика, и проводился графо-аналитический анализ полученного выражения.

Воспользовавшись прикладной программой MATLAB, выполнили построение графика поверхности отклика и ее двумерное сечение в виде соответствующих контурных кривых – эллипсов, в совокупности представляющих целое семейство сопряженных эллипсов (линий равного значения степени однородности смеси).

Результаты расчетов представлены на рис. 3 - 5.

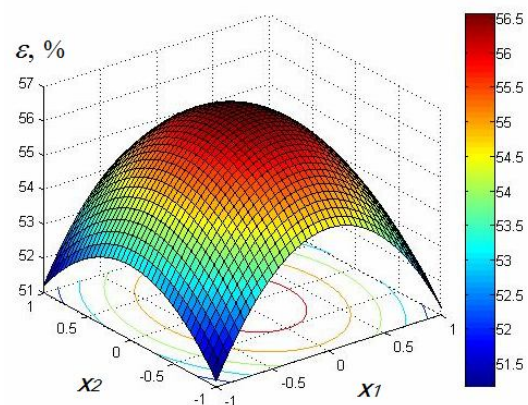


Рис. 3. График поверхности отклика и ее двумерное сечение, характеризующие полноту разделения зерновой смеси при $x_3=0$

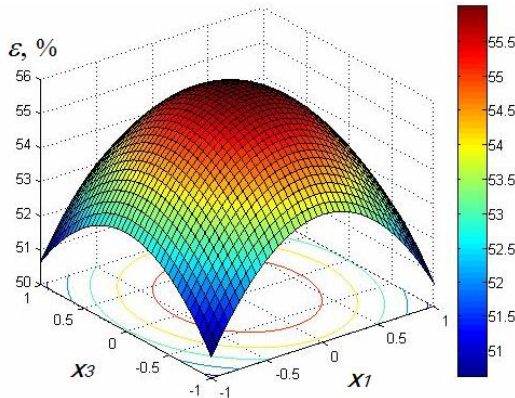
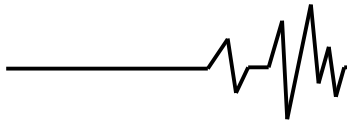


Рис. 4. График поверхности отклика и ее двухмерное сечение, характеризующие полноту разделения при $x_2=0$

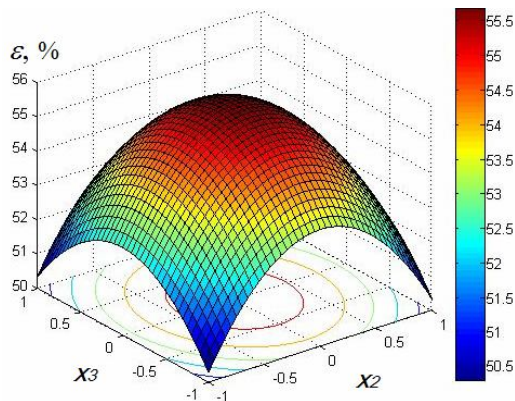


Рис. 5. График поверхности отклика и ее двухмерное сечение, характеризующие полноту разделения смеси при $x_1=0$

Анализом зависимостей (рис.3 – 5) установлены оптимальные соотношения между конструктивными параметрами разработанных решет с активаторами просеивания: радиус вращающейся окружности эпициклоиды $r_0=0,745...0,855$ мм; коэффициент живого сечения решета $k_p=46...48$ %; площадь отверстия $S_0=49,7...52,3$ мм². При этом наибольшая полнота разделения смеси гороха на плоских виброрешетах составила $\epsilon=55,7 - 56,6$ %.

По аналогичной методике проведена оптимизация параметров ПП при сепарации ЗС гречки на решетках с трехлепесковыми эпициклоидными активаторами, ЗС кукурузы на решетках с объемными активаторами.

Выводы

1. Заложенные академиком Тищенко Л.Н. основы в моделировании динамики сыпучих многофазных сред

позволяют эффективно их использовать для решения различных задач, например, связанных с просеиваемостью зерновых смесей виброрешетах с различной геометрией отверстий.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований по оптимизации ПП ЗС производству рекомендуются следующие значения активаторов: ПЭА – $r_0=0,745...0,855$ мм; $k_p=46...48$ %; $S_0=49,7...52,3$ мм²; ТЭА – $r_0=0,73...0,87$ мм; $k_p=39,2...44,8$ %; $S_0=9,8...11,2$ мм²; ПОА – $h_p=1,7...2,3$ мм; $k_p=26,4...29,6$ %; $b_p=5,35...5,65$ мм. При этих значениях параметров достигается полнота разделения ЗС гороха – $\epsilon_p=55,7...56,6$ %; гречки – $\epsilon_p=24,2...25$ %; кукурузы – $\epsilon_p=78,5...80,2$ %, что совпадает с технологическим расчетом интенсификации ПП и подтверждает адекватность разработанных математических моделей

Список использованных источников

1. Програма “Зерно України – 2015”. – К.: ДІА, 2011. – 48 с.
2. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Тищенко Л.Н. – Харьков: Основа, 2004. – 222 с.
3. Моделирование процессов зерновых сепараторов. Монография /Тищенко Л.Н., Мазоренко Д.И., Пивень М.В., Харченко С.А., Бредихин В.В., Мандрыко А.В. – Харьков: “Місьдрук”, 2010. – 360 с.
4. Пивень М.В. Обоснование параметров процесса решетного сепарирования зерновых смесей: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Пивень Михаил Викторович. – Харьков: ХНТУСХ им. П. Василенко, 2006. – 260 с.
5. Моделирование динамики зерновой смеси при сепарировании на рифленном решете вибросепаратора / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, Ф.М. Харченко, С.А. Харченко // Інженерія природокористування. – Харків, 2014. – № 2 (2). – С. 54 – 61.
6. Математическая модель процесса разделения семенной смеси по плотности семян [Текст] / Л.Н. Тищенко, В.В. Бредихин, С.А. Харченко, М.В. Пивень // Вісн. Харківського нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка : зб. наук. пр. – Х., 2010. – Вип. 93: Механізація с.-г. вир-ва, Т. 1. – С. 30 - 40.
7. Тищенко, Л. Н. Использование гидродинамической аналогии с применением уравнений Навье-Стокса для решения задач очистки воздушного потока в пылеосадочных камерах зерноочистительных сепараторов



[Текст] / Л.Н. Тищенко, С.А. Харченко, Ф.М. Харченко // Інженерія природокористування. – 2014. – № 1. – С. 56–64.

8. Динамика виброцентробежной зерноочистки [Текст] / Л. М. Тищенко, Ольшанский В. П., Ольшанский С.В., Харченко Ф.М., Слипченко М.В. Монография. – Харьков: КП «Міська друкарня», 2013. – 438 с.

9. Тищенко Л.Н. Кинетика сепарируемого неоднородного слоя зерновой смеси в цилиндрических виборешетах // Науковий вісник ТДАТУ, 2012. – Вип.2, Т.1. – С. 15 – 25.

10. Нові можливості сепарації та калібрування зерна / Л. Тищенко, С. Харченко, Ф. Харченко, О. Василенко, В. Пуха // Пропозиція. – 2015. – №11. – С. 110 – 118.

11. Харченко С.А. К построению уравнений динамики стационарных потоков в псевдооживленном зерновом слое на структурных виборешетах / С.А. Харченко // Механізація с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип.148. – С.181 – 186.

12. Харченко С.А. Построение решений уравнений динамики зерновых смесей на плоских виборешетах / С.А. Харченко // Конструювання, виробництво та експлуатація с.г. машин: Вісник КНТУ. – 2013. – Вип.43, ч.ІІ. – С. 287 – 292.

13. Харченко С.А. Уточнение уравнений динамики пузырьковой псевдооживленной зерновой смеси по структурному виборешету / С.А. Харченко, Л.Н. Тищенко // Вібрації в техніці та технологіях. – Він-ниця: ВНАУ, 2014. – №1 (73). – С. 50 – 53.

14. Харченко С.А. К решению уравнений динамики пузырьковой псевдооживленной зерновой смеси по структурному трехмерному виборешету / С.А. Харченко // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – 2014. – Вип.152. – С. 109 – 114.

15. Харченко С.А. Моделирование движения пузырьковой псевдооживленной зерновой смеси по структурному трехмерному виборешету / С.А. Харченко // Mechanization in agriculture. –София, 2015. – Т.5. – С. 9 – 14.

16. Kharchenko S. Modeling the dynamics of the grain mixtures with the screening on cylindrical vibrating sieve separators / S. Kharchenko // ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol.15, № 3. – P. 87 – 93.

17. Идентификация скорости прохождения частиц зерновой смеси через отверстия решет вибрационных зерновых

сепараторов / Л.Н. Тищенко, С.А. Харченко, Ф.М. Харченко, В.В. Бредихин, О.В. Цуркан // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Харків, 2016. – № 2/7 (80). – С. 63 – 70.

18. Експериментальне визначення швидкості проходження зернової суміші кукурудзи крізь отвори виборешет зернових сепараторів / Л.М. Тищенко, С.О. Харченко, Ф.М. Харченко, О.А. Шептур, В.В. Коротецький // Вісник ХНТУСГ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – 2016. – Вип.173. – С. 83 – 92.

19. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Изд. Второе / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л., 1980. – 168 с.

Список источников в транслитерации

1. Prohrama "Zerno Ukrayiny – 2015". – К.: DIA, 2011. – 48 с.

2. Tishchenko L.N. Intensifikatsiya separirovaniye zerna / Tishchenko L.N. – Kharkov: Osnova, 2004. – 222 s.

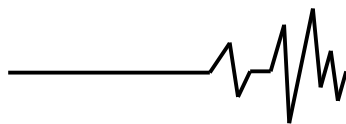
3. Modelirovaniye protsessov zernovykh separatorov. Monografiya / Tishchenko L.N., Mazorenko D.I., Piven' M.V., Kharchenko S.A., Bredikhin V.V., Mandryka A.V. – Kharkov: "Misdruk", 2010. – 360 s.

4. Piven M.V. Obosnovaniye parametrov protsessa reshetnogo separirovaniye zernovykh smesey: Dis. ... Kand. tekhn. nauk: 05.05.11 / Piven' Mikhail Viktorovich. – Kharkov: KHNTUSKH im. P. Vasilenko, 2006. – 260 s.

5. Modelirovaniye dinamiki zernovoy smesi pri separirovaniye na riflenoy reshete vibroseparatora / L.N. Tishchenko, V.P. Ol'shanskiy, F.M. Kharchenko, S. Kharchenko // Inzheneriya prirodopolzovaniya. – Kharkov, 2014. – № 2 (2). – S. 54 – 61.

6. Matematicheskaya model protsessa razdeleniya semennoy smesi po plotnosti semyan [Tekst] / L.N. Tishchenko, V. V. Bredikhin, S.A. Kharchenko, M.V. Piven // Vestn. Khar'kovskogo nats. tekhn. un-ta sel. khoz-va im. P. Vasilenko: sb. nauk. pr. – KH., 2010. – Vyp. 93: Mekhanizatsiya selskokhozyaystvennykh pr-va, T. 1. – С. 30 – 40.

7. Tishchenko, L. N. Ispolzovaniye gidrodinamicheskoye analogii s primeneniye uravneniy Navye-Stoksa dlya resheniya zadach ochistki vozdušnogo potoka v pyleosadochnykh kamerakh zernoochistitel'nykh separatorov [Tekst] / L.N. Tishchenko, S. Kharchenko, F.M. Kharchenko // Inzheneriya prirodopolzovaniya. – 2014. – № 1. – S. 56–64.



8. Dinamika vibrotsentrobezhnoy zernoochistki [Tekst] / L. N. Tishchenko, Ol'shanskiy V. P., Olshanskiy S.V., Kharchenko F.M., Slipchenko M.V. Monografiya. - Kharkov: KP «Gorodskaya tipografiya», 2013. – 438 s.

9. Tishchenko L.N. Kinetika separiruyemogo neodnorodno sloya zernovoy smesi v tsilindricheskikh vibroreshetakh // Vestnik TDATU, 2012. – Vyp.2, T.1. – S.15 – 25.

10. Novyye vozmozhnosti separatsii i kalibrovki zerna / I Tishchenko, S. Kharchenko, F. Kharchenko, A. Vasilenko, V. Pukha // Predlozheniye. – 2015. – №11. – S. 110 – 118.

11. Kharchenko S.A. K postroyeniyu uravneniy dinamiki statsionarnykh potokov v psevdoozhizhenom zernovoy sloye na strukturnykh vibrore-shetakh / S.A. Kharchenko // Mekhanizatsiya s.g. proizvodstva: Vestnik KHNTUSG. – Kharkov: KHNTUSG, 2014. – Vip.148. – S.181 – 186.

12. Kharchenko S.A. Postroyeniye resheniy uravneniy dinamiki zernovykh smesey na ploskikh vibroreshetakh / S.A. Kharchenko // Konstruirovaniye, proizvodstvo i ekspluatatsiya s.g. mashin: Vestnik KNTU. – 2013. – Vip.43, ch.II. – S. 287 – 292.

13. Kharchenko S.A. Utochneniye uravneniy dinamiki puzyr'kovoy psevdoozhizhenoy zernovoy smesi po strukturnomu vibroreshetu / S.A. Kharchenko, L.N. Tishchenko // Vibratsii v tekhnike i tekhnologiyakh. – On-nitsa: VNAU, 2014. – №1 (73). – S. 50 – 53.

14. Kharchenko S.A. K resheniyu uravneniy dinamiki puzyr'kovoy psevdoozhizhenoy zernovoy smesi po strukturnomu trekhmernogo vyb-roreshetu / S.A. Kharchenko // Sovremennyye napravleniya tekhnologii i mekhanizatsii protsessov pererabatyvayushchikh i pishchevykh proizvodstv: Vestnik KHNTUSG. – 2014. – Vip.152. – S. 109 – 114.

15. Kharchenko S.A. Modelirovaniye dvizheniya puzyr'kovoy psevdoozhizhenoy zernovoy smesi po strukturnomu trekhmernogo vibroreshetu / S.A. Kharchenko // Mechanization in agriculture. – Sofiya, 2015 – T.5. – S.9 – 14.

16. Kharchenko S. Modeling the dynamics of the grain mixtures with the screening on cylindrical vibrating sieve separators / S. Kharchenko // TEKA. Commission of motorization

and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol.15, № 3. – P. 87 – 93.

17. Identifikatsiya skorosti prokhozhdeniya chastits zernovoy smesi cherez otverstiya reshet vibratsionnykh zernovykh separatorov / L.N. Tishchenko, S. Kharchenko, F.M. Kharchenko, V.V. Bredikhin, O.V. Tsurkan // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov, 2016. – № 2/7 (80). – S. 63 – 70.

18. Eksperimentalnoye opredeleniye skorosti prokhozhdeniya zernovoy smesi kukuruzy skvoz' otverstiya vibroreshet zernovykh separatorov / L.N. Tishchenko, S.A. Kharchenko, F.M. Kharchenko, A.A. Sheptura, V.V. Korotetskiy // Vestnik KHNTUSG: Mekhanizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. – 2016. – Vip.173. – S.83 – 92.

19. Melnikov S.V. Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyakh sel'skokhozyaystvennykh protsessov. Izd. Vtoroye / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P. Roshchin. – L., 1980. – 168 s.

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРОРЕШЕТНОЇ ПРОСЕВАЄМОСТІ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

Анотація. В статті відображені нові перспективні напрямлення моделювання динамічних процесів зернових сумішей і їх реалізація у вигляді конструкцій розроблених решіт для підвищення ефективності віброрешітної просіюваності, які закладені академіком Тищенко Л.М.

Ключові слова: зернова суміш, решето, ефективність, просіюваність.

INNOVATIVE SOLUTIONS IMPROVE EFFICIENCY VIBRORESHETNOY PROSEVAEMOSTI GRAIN MIXTURES

Annotation. In the article new perspective directions of design of dynamic processes of grain mixtures and their realization are generalized as constructions of the worked out sieves for the increase of efficiency of the vibrosieve sifting, that is stopped up by an academician L. Tishchenko.

Key words: grain mixture, sieve, efficiency, sifting.