



Scientific quarterly journal e-ISSN 2449-5999

Agricultural Engineering

2015: 3(155):89-99

Homepage: <http://ir.ptir.org>



DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2015.155.139>

INCREASE OF SEED CLEANING EFFICIENCY BY BETTER USE OF AIR STREAM PROPERTIES

Viktor Efimovič Saitov¹, Piotr Savinych², Wiesław Golka³, Jan Kamionka^{*3}

¹ Vjatka University of Life Sciences in Kirov, Russia

² Scientific and Research Institute of Agriculture of North-East in Kirov, Russia

³ Institute of Technology and Life Sciences, Masovian Research Centre in Kłudzienko

*Contact details: Kłudzienko, 05-825 Grodzisk Mazowiecki, e-mail: j.kamionka@itep.edu.pl

ARTICLE INFO

Article history:

Received: April 2015

Received in the revised form:

May 2015

Accepted: July 2015

Keywords:

threshing
separating plant
separator

ABSTRACT

A threshing mass from harvesting machines directed to separating and cleaning points, except for seeds, contains a great amount of mixtures including: weed seeds, straw remains and other contaminations. In order to improve efficiency of separating mixtures from seeds, an improved separating cleaner with a closed air circulation was developed. The machine has a wide spectrum of regulation of exploitation parameters, meets the requirements of universality, may be used for various species of grains with a varied degree of seeds contamination with admixtures and meets the ecological requirements which mainly limit dusting.

Введение

Поступающий на послеуборочную обработку зерновой ворох кроме биологически полноценного зерна содержит также щуплое, дробленое и битое зерно, семена сорных растений, органические и минеральные примеси (Kamiński и др. 2014a; 2014b; Sysuev, 2014). Засоренность зернового вороха сорными и зерновыми примесями является благоприятной средой для развития и размножения микроорганизмов, которые ухудшают семенные, продовольственные, кормовые и технические достоинства зерна. Поэтому зерновой ворох, доставленный от комбайнов, необходимо сразу же очистить от примесей (Казакевич и др., 2004; Максимов, 2004). Оперативная его очистка от примесей значительно повышает стойкость зерна к факторам порчи. При этом уже на стадии предварительной обработки эффективна очистка зернового вороха с интенсификацией пневмосепарации и фракционированием воздушных отходов по аэродинамическим признакам на фракции зерновых и сорных примесей (Шаршунов и др., 2010; Шаршунов и др., 2012; Šaršunov и др., 2014). Причем зерновые примеси представляют ценный кормовой продукт для сельскохозяйственных животных. В результате своевременное и качественное выполнение данной технологической операции будет способствовать повышению семенных и продовольственных качеств

зерна, снижению его потерь и увеличению пропускной способности поточных линий (Кругленья и др., 2011; Zagajewski и Dreszer, 2008).

С учетом вышеотмеченных аспектов на основании анализа исследований рабочего процесса зерноочистительных машин разработана и изготовлена машина предварительной очистки зерна МПО-50Ф, обуславливающая повышение эффекта очистки зерна за счет интенсификации пневмосепарации зернового вороха и последующего фракционного разделения воздушных отходов на фракции зерновых и сорных примесей, а также очистку циркулирующего в замкнутой пневмосистеме воздуха от трудноосаждаемых в осадочной камере пылевидных примесей.

Конструкция и технологический процесс

Общий вид и схема зерноочистительной машины МПО-50Ф представлены на рисунке 1 (А. с. 1794498 СССР, МКИ⁵ В 07 В 4/00. 2000; А. с. 1623796 СССР, МКИ⁵ В 07 В 4/02. 2002; А. с. 1456255 СССР, МКИ⁴ В 07 В 4/02, 4/08. 2008; Патент 2266433 РФ, МПК⁷ F 04 D 17/04. 2004).

Приемная часть машины имеет клапан-питатель 2, сетчатый транспортер (решето) 3, патрубок 4 вывода крупных и солоmistых примесей. Пневмосепарационная система состоит из диаметрального вентилятора 1, установленного в осадочной камере 17, воздухоподводящего канала 9 с регулятором 11 подачи воздуха, пневмосепарирующего канала 6 с пневмопитающим устройством 5, отводящих устройств 7, 13 и 14.

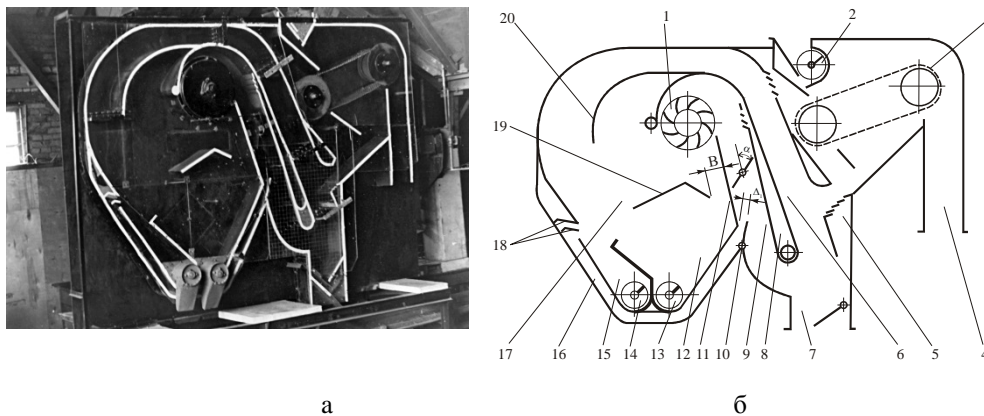


Рисунок 1. Машина предварительной очистки зерна МПО-50Ф. а – общий вид машины, б – схема машины

Пневмосепарирующий 6 и воздухоподводящий 9 каналы разделены камерой 8, которая в верхней части через жалюзийный входной участок сообщается с воздухоподводящим каналом 9. Пневмосепарирующий канал 6 в верхней части имеет жалюзийное окно, через которое он сообщается с приемной частью. Осадочная камера 17 снабжена перепускным каналом 16, один конец которого сообщен

с воздухоподводящим каналом 9, а другой с осадочной камерой 17. В месте сообщения перепускного 16 и воздухоподводящего 9 каналов установлена поворотная заслонка 10, а в месте сообщения перепускного канала 16 с осадочной камерой 17 расположены направляющие пластины 18. Камера 17 имеет камеры осаждения сорных легких 12 и зерновых 15 примесей с отводными устройствами 13 и 14. В камере осаждения 12 сорных легких примесей под вентилятором 1 установлен осадитель 19, выполненный в виде изогнутой двугранной плоскости. В осадочной камере 17 также установлена криволинейная плоскость 20, которая совместно с наружной верхней стенкой камеры 17 образует расширяющийся в направлении движения потока воздуха пневмотранспортирующий канал.

Установка изготовлена в продольно-вертикальной плоскости в натуральную величину (соответствовала размерам машины МПО-50), а полезная ширина проточной части составляла 0,2 м. Колесо диаметального вентилятора имеет наружный диаметр 0,4 м и 12 лопаток круговой цилиндрической формы. Общая глубина пневмосепарирующих каналов, расположенных в осадочной камере, составляет 0,3 м.

Одна из боковых стенок установки выполнена из органического стекла. Это позволяло визуально наблюдать за процессами, происходящими внутри установки при обработке зернового вороха. В боковой стенке проточной части пневмосепарирующего канала 6 в сечениях, расположенных на 0,3 м выше и на 0,1 м ниже нижней кромки его питающего устройства 5, а также в боковой стенке пневмотранспортирующего канала на выходе в осадочную камеру 17, перепускного канала 16 в сечении, расположенном на расстоянии 0,4 м от входного окна с поворотной заслонкой 10 и в выходном патрубке пылеотделителя 8 выполнены отверстия для ввода измерительной трубки Пито.

Конструкция элементов проточной части установки позволяла изменять: геометрические параметры пневмопитающего устройства 5; геометрические параметры входного участка пылеотделителя 8; геометрические параметры расположения конца разделительной стенки камер осаждения зерновых 15 и сорных легких 12 примесей; скорость воздуха в проточной части пневмосистемы; количество подаваемого зернового материала.

При работе установки очищаемый ворох подается через клапан-питатель 2 на сетчатый транспортер 3, с которого сходом идут крупные и соломистые примеси и через патрубок 4 выводятся из машины, а проходная фракция поступает в пневмосепаратор. Он может работать в режиме фракционирования отходов и в режиме безфракционного их сбора и вывода.

При работе в режиме фракционирования отходов компоненты зернового вороха, псевдооживаясь на решетке питающего устройства 5, поступают в наклонный пневмосепарирующий канал 6, где подвергаются воздействию восходящего воздушного потока, создаваемого диаметральным вентилятором 1. Воздушный поток в канале из зерновой смеси выделяет легкие сорные и зерновые примеси и выносит их в осадочную камеру 17. Примеси, вынесенные воздушным потоком из пневмосепарирующего канала 6, в осадочной камере 17 за счет действия центробежных сил движутся возле криволинейной стенки. Причем частицы зерновых примесей, отличающиеся большей плотностью от частиц легких сорных примесей, движутся более сосредоточенно возле данной стенки. Воздушный поток,

поступающий через перепускной канал 16 из воздухоподводящего канала 9 в зону криволинейной стенки осадочной камеры 17, выделяет и выносит из слоя зерновых примесей легкие сорные примеси в камеру осаждения 12. Очищенные зерновые примеси от легких сорных примесей за счет инерционных сил и сил тяжести поступают в камеру осаждения 15. Наиболее трудноосаждаемые легкие примеси, выносимые воздушным потоком к вентилятору 1, захватываются его лопатками, проходят через ротор, отбрасываются центробежными силами к периферии и далее, двигаясь по криволинейной стенке выхлопного диффузора вентилятора 1, через жалюзийный входной участок попадают в камеру 8, а затем через ее патрубок отводятся наружу. Продукты фракционного разделения в осадочной камере 17 из камер осаждения 12 и 15 выводятся отводящими устройствами 13 и 14. Подачу потребного количества воздуха в осадочную камеру 17 (в зону фракционного разделения отходов) устанавливают поворотной заслонкой 10.

При закрытии окна в стенке воздухоподводящего канала 9 заслонкой 10 пневмосепарационная система машины переводится в режим безфракционного сбора и вывода воздушных отходов, технологический процесс которой аналогичен технологическому процессу пневмосистемы машины МПО-50.

Методика проведения экспериментальных исследований

При проведении экспериментальных исследований принят порядок постановки опытов и внесения конструктивных изменений в схему установки, соответствующий последовательности пунктов принятой программы исследований. Замер и оценка параметров воздушного потока в проточной части машины проводилась согласно “ОСТ 70.10.2-74. Зерноочистительные машины, агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний. Москва. Издательство стандартов. 1974” (ОСТ 70.10.2-74, 1974).

Для проведения лабораторных исследований экспериментальной установки использовали искусственно приготовленную в количестве 0,5 т зерновую смесь. Зерновой ворох, приближенный по качественному составу к бункерному зерну, поступающему от комбайнов на пункты послеуборочной обработки, содержал 85% полноценных зерен основной культуры, 5% зерновых примесей (щуплых, дробленых и битых зерен основной культуры) и 10% сорных примесей (семян сорняков, минеральных и органических примесей). Содержание компонентов в зерновом ворохе и их качественная характеристика приведены в таблице, а кривые распределения компонентов данного вороха по скорости витания – на рисунке 2. Скорость витания частиц компонентов приготовленного зернового вороха колеблется в более широких пределах, чем для семян основной культуры. Средние значения скоростей витания компонентов значительно отличаются друг от друга. Законы распределения полноценных зерен основной культуры и щуплых, битых, дробленых зерен близки к нормальному.

Причем с повышением качества зерен коэффициент вариации уменьшается с 45,6% для щуплых, битых и дробленых зерен до 24,0% – для полноценного зерна основной культуры, что свидетельствует об однородности семенного материала. На рисунке 2 видно, что вариационные кривые засорителей и полноценных зерен

основной культуры перекрываются. Это указывает на то, что воздушным потоком нельзя полностью отделить засорители без потерь полноценного зерна. Однако при скорости V_{cp} воздушного потока более $8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ можно выделить значительную часть сорных примесей, щуплых, дробленых и битых зерен, а также незначительное количество полноценного зерна, малоценного в биологическом отношении, как имеющего небольшую массу и являющегося в посевном отношении наименее жизнеспособным.

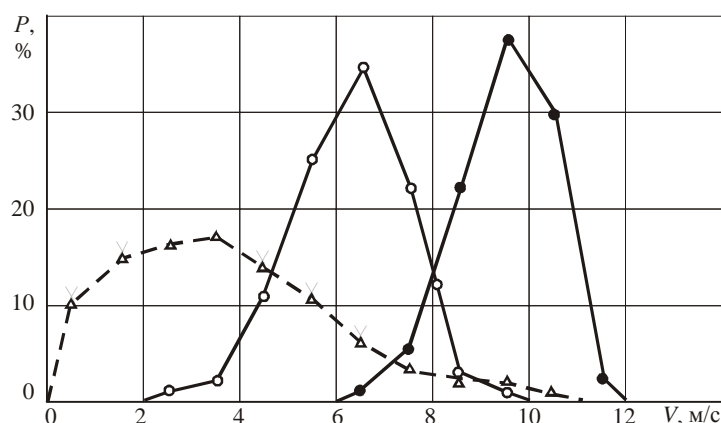


Рисунок 2 Кривые распределения компонентов зернового вороха пшеницы «Ленинградка» по скорости витания: —●— — полноценные зерна пшеницы; —○— — щуплые, дробленые и битые зерна пшеницы; - -Δ- - - семена сорняков, органические и минеральные примеси

Таблица 1

Содержание компонентов в зерновом ворохе пшеницы «Ленинградка» и их качественная характеристика

Наименование компонентов зернового вороха	Содержание компонентов в исследуемом материале, %	Скорость витания		
		$V_{cp}, (\text{м}\cdot\text{с}^{-1})$	$\delta (\text{м}\cdot\text{с}^{-1})$	$\gamma, (\%)$
Полноценные зерна основной культуры	85	9	2,16	24,0
Щуплое, дробленое и битое зерно основной культуры	5	6	2,73	45,6
Семена сорняков, органические и минеральные примеси	10	5,5	3,35	61,1

Технологическую эффективность зерноочистительной машины оценивали: производительностью G – количеством обрабатываемого зернового вороха в единицу времени, ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$); эффективностью E отделения зерна от примесей, (%); содержанием a зерновых

примесей в фуражной фракции, %; коэффициентом ε улавливания примесей пылеотделителем, (%).

Графические зависимости полученных экспериментальных данных аппроксимировали по методу наименьших квадратов (Бронштейн и Семендяев, 1980), при этом статистическая оценка достоверности полученных линейных моделей осуществлялась коэффициентом корреляции, криволинейных моделей – корреляционным отношением (Фестер и Ренц, 1983).

Результаты экспериментальных исследований процесса фракционного разделения отходов и режимов технологического процесса

В результате однофакторных лабораторных исследований установлено, что на качественные показатели фракционного разделения отходов в зоне криволинейной стенки осадочной камеры влияют скорость бокового сепарирующего воздушного потока и расположение конца разделительной стенки камер осаждения фракций, определяемое координатами x и y . Воздушный поток, генерируемый диаметральной вентилятором, используется в машине для пневмосепарации зернового вороха и фракционного разделения отходов. Зависимости расхода воздуха Q диаметральной вентилятором, средних скоростей воздуха в пневмосепарирующем V_{cp} и перепускном V'_{cp} каналах от зазора Δ_1 в окне перепускного канала при разном угле α установки регулятора расхода воздуха в воздухоподводящем канале приведены на рисунке 3. При этом зерновая нагрузка в пневмосепарирующем канале составляла $38,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Полученные зависимости характеризуются тем, что с увеличением величины Δ_1 до значения, равного $0,06 \text{ м}$, подача воздуха Q диаметральной вентилятором возрастает в $1,3$ раза. Это происходит вследствие того, что часть воздуха перетекает по перепускному каналу (по короткому циклу воздушного тракта) в осадочную камеру, и общее сопротивление воздушной системы уменьшается. Скорости V'_{cp} при этом возрастают, а скорости V_{cp} снижаются практически незначительно (на $0,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$). Дальнейшее раскрытие величины Δ_1 входного окна перепускного канала поворотом его заслонки приводит к заметному перекрытию проходного сечения воздухоподводящего канала, вследствие чего общее сопротивление воздушной системы возрастает и расход воздуха Q вентилятором уменьшается. Это вызывает уменьшение поступления количества воздуха в пневмосепарирующий канал, а соответственно снижению скорости V_{cp} в нем, при этом значения V'_{cp} практически не возрастают. При отмеченном характере изменения функций $V_{cp} = f(\Delta_1)$, $V'_{cp} = f(\Delta_1)$ с увеличением Δ_1 до величины, равной $0,06 \text{ м}$, достигается независимое регулирование скоростей в пневмосепарирующем и перепускном каналах, а также получение достаточно высоких скоростей воздуха в зоне сепарирования отходов.

Для анализа фракционного разделения отходов в осадочной камере методами планирования эксперимента был принят трехуровневый почти рототабельный план Бокса-Бенкина второго порядка. Параметрами оптимизации работы осадочной камеры по фракционированию отходов явились содержание зерновых примесей a в фуражной фракции и потери полноценного P_z , мелкого, щуплого, дробленого $P_{шз}$ зерна в отходы. При этом зерновая нагрузка на пневмосепарирующий канал составляла $38,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, а расход воздуха – $0,48 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

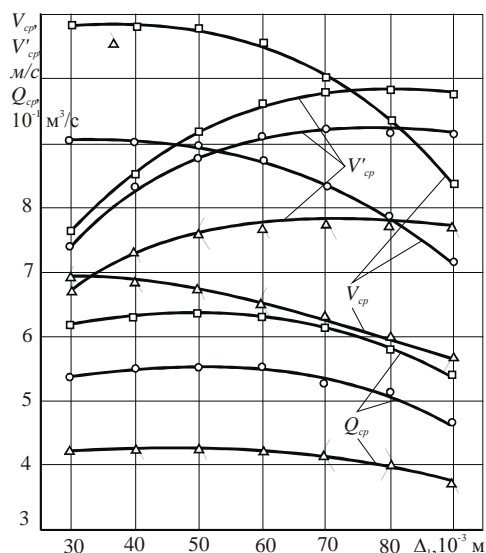


Рисунок 3. Зависимости подачи воздуха Q диаметральный вентилятор, средних скоростей воздуха в пневмосепарирующем V_{cp} и перепускном V'_{cp} каналах от зазора Δ_1 в окне перепускного канала при разном угле α установки регулятора расхода воздуха в воздухоподводящем канале: —□— — $\alpha = 0^\circ$; —○— — $\alpha = 25^\circ$; —△— — $\alpha = 50^\circ$

После обработки экспериментальных данных получены адекватные математические модели рабочего процесса фракционного разделения отходов:

$$y_a = 79 - 3,25x_1 + 3,125x_2 + 5,625x_3 + 3x_1x_2 - 3,5x_1x_3 + 3,25x_2x_3 - 2,625x_1^2 - 4,375x_2^2 - 2,875x_3^2, \quad (1)$$

$$y_{П_3} = 0,0196 - 0,00825x_1 + 0,0221x_2 + 0,0321x_3 - 0,0085x_1x_2 - 0,015x_1x_3 + 0,0182x_2x_3 + 0,00747x_2^2 + 0,034427x_3^2, \quad (2)$$

$$y_{П_{шз}} = 0,294 - 0,1237x_1 + 0,3318x_2 + 0,4818x_3 - 0,1275x_1x_2 - 0,225x_1x_3 + 0,2737x_2x_3 + 0,11205x_2^2 + 0,516405x_3^2. \quad (3)$$

где:

x_1 и x_2 – координаты конца разделительной стенки камер осаждения сорных легких примесей и фуражной фракции по оси абсцисс и ординат соответственно, (м)

x_3 – скорость воздушного потока в зоне фракционного разделения отходов, ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$)

Анализируя полученные уравнения, можно сделать вывод, что на качественные показатели фракционного разделения отходов в осадочной камере большее влияние оказывает скорость бокового воздушного потока. В дальнейшем полученные модели регрессии (1), (2), (3) анализировались методом построения двумерных сечений поверхности отклика (Рисунок. 4). При фиксировании на нулевом уровне фактора x_1 следует, что с уменьшением скорости бокового воздушного потока при $y = const$

содержание зерновых примесей a в фуражной фракции снижается, так как ухудшается аэродинамическое разделение отходов. Так, при фиксированном значении параметра $y = 0,16$ м с уменьшением скорости воздуха от $9,5$ до $7,5$ м·с⁻¹ a снижается с 83 до 63% . Потери же полноценного P_3 , а также дробленого, щуплого $P_{щз}$ зерна в отходы согласно вышеприведенных рассуждений так же снижаются: при $V_{cp} = 9,5$ м·с⁻¹ $P_3 = 0,11\%$, $P_{щз} = 1,4\%$, а при $V_{cp} = 7,5$ м·с⁻¹ $P_3 = 0,05\%$, $P_{щз} = 0,82\%$. Следует отметить, что потери полноценного зерна P_3 в отходы отвечают агротехническим требованиям при варьировании параметра y в пределах значений $0,12 \dots 0,16$ м с изменением скорости воздуха V_{cp} от $7,5$ до $9,5$ м·с⁻¹.

При фиксировании на нулевом уровне фактора x_2 зависимость a от факторов x_1 и x_3 изменяется аналогично соответствующей зависимости, полученной при варьировании факторов x_2 и x_3 , то есть значения a при $y = const$ также с уменьшением скорости воздуха снижаются ввиду ухудшения аэродинамического разделения отходов. Потери полноценного зерна P_3 в отходы в области эксперимента при варьировании параметра x в пределах $0,20$ - $0,26$ м с изменением скорости воздуха V_{cp} от $7,5$ до $9,5$ м·с⁻¹ отвечают агротехническим требованиям.

На рисунке 4,б представлены двумерные сечения поверхностей отклика, характеризующие y_{P_3} , y_a , $y_{P_{щз}}$ в зависимости от координат x и y конца разделительной стенки камер осаждения сорных легких примесей и фуражной фракции при фиксировании фактора x_3 на нулевом уровне.

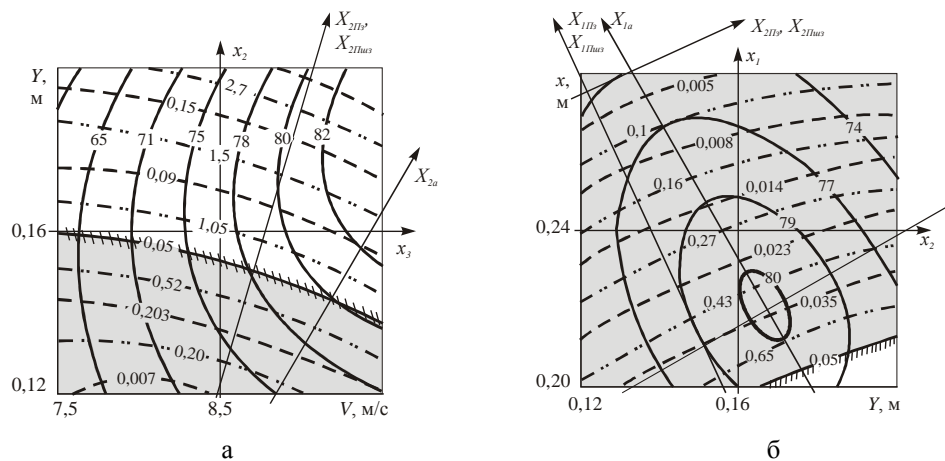


Рисунок 4. Двумерные сечения поверхностей отклика, характеризующие показатели фракционного разделения отходов при $x_1=0$ (а) и $x_3=0$ (б): — — — — содержание зерновых примесей в фуражной фракции, а; - - - - потери полноценного зерна в отходы, P_3 ; — - - — — потери дробленого, щуплого зерна в отходы, $P_{щз}$

Анализ полученных двумерных сечений поверхностей отклика показывает, что совместное взаимодействие факторов x_1 и x_2 в области эксперимента имеет экстремум по показателю A в точке $A = 80,119\%$ при значении факторов соответственно $x = 0,22$ м и $y = 0,168$ м. На основании рассмотрения данных двумерных сечений поверхностей отклика можно заключить, что оптимальное значение рассмотренного фактора по показателю A находится в пределах $x = 0,21 \dots 0,23$ м и $y = 0,16-0,175$ м, при этом показатель A имеет значение не ниже 80%. Потери же P_3 и $P_{из}$ снижающиеся с уменьшением значения параметра x при любом значении параметра y , в рассматриваемой области составляют: $P_3 = 0,025-0,042\%$, $P_{из} = 0,35-0,65\%$. Потери полноценного зерна в отходы в исследуемом рациональном диапазоне изменения x и y по показателю A не превышают предельного значения, ограниченного агротехническими требованиями, а наименьшие значения, равные 0,025%, достигнуты при $x = 0,21$ м и $y = 0,16$ м.

Таким образом, максимальные значения критерия оптимизации A при потерях P_3 , отвечающих агротехническим требованиям, зафиксированы при совместном взаимодействии факторов x_1 и x_2 ($x_3 = 0$) в области $x = 0,21-0,23$ м и $y = 0,16-0,175$ м.

Выводы

Следует отметить, что осаждение сорных примесей в такой камере в определенной степени зависит от значения параметра B , определяющего ширину зоны поступления воздуха из камеры осаждения легких сорных примесей к диаметральному вентилятору. Максимальный эффект осаждения E_o примесей равный 90% достигается при значении параметра $B = 0,20$ м. При уменьшении или увеличении параметра B от данного значения эффект осаждения примесей уменьшается. Такое обстоятельство объясняется тем, что при увеличении B от рационального значения значительное количество трудноосаждаемых примесей, движущиеся вместе с воздушным потоком под двугранной плоскостью, не меняют траекторию движения и вместе с воздушным потоком выносятся из камеры к диаметральному вентилятору. При уменьшении B от рационального значения увеличиваются скорости воздушного потока в зоне поступления его к диаметральному вентилятору из камеры осаждения легких сорных примесей, что обуславливает повышенный вынос из последнего воздушных примесей.

При работе пневмосистемы в режиме безфракционного сбора и вывода отходов качество осаждения E_o примесей повышается на 7% и составляет 97%. Причем в данном случае параметр B не влияет на показатель E_o . Это происходит потому, что в осадочную камеру не вводится дополнительный узкий боковой воздушный поток, а примеси, вынесенные воздушным потоком из пневмосепарирующего канала в осадочную камеру, двигаясь вдоль ее наружной криволинейной стенки за счет центробежных сил, сходят и осаждаются в камере осаждения зерновых примесей

(фуражной фракции). Эффективность осаждения примесей в рассматриваемой камере свидетельствует о вполне удовлетворительной ее работе.

Таким образом, разработанная зерноочистительная машина МПО-50Ф универсальна, может работать в двух режимах в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого зернового материала. Данная машина решает ряд также экологических аспектов при послеуборочной обработке и хранении зерна, а потому вполне может быть применима на зерноперерабатывающих предприятиях.

Литература

- А. с. 1794498 СССР, МКИ⁵ В 07 В 4/00. (2000). *Зерноочистительная машина*. Н. П. Сычугов, А.И. Бурков, В.Е. Сaitов, А.А. Гехтман, В.В. Антюхин (СССР). №4793937/03; заявл. 27.12.90; опубл. 15.02.93. Изобретения. 1993. № 6. 27.
- А. с. 1623796 СССР, МКИ⁵ В 07 В 4/02. (2002). *Пневмосистема зерноочистительной машины*. Н.П. Сычугов, А.И. Бурков, В.Е. Сaitов, Н.В. Жолобов, Ю.П. Полуинин, Н. И. Грабельковский, А.А. Гехтман, В.В. Антюхин (СССР). № 4649019/ 03; заявл. 13.02.89; опубл. 30.01.91. Открытия. Изобретения 1991. № 4. 34-35.
- А. с. 1456255 СССР, МКИ⁴ В 07 В 4/02, 4/08. (2008). *Зерноочистительная машина*. Н.П. Сычугов, А.И. Бурков, В.Е. Сaitов (СССР). № 4257425/29 - 03; заявл. 05. 06. 87; опубл.07.02.89. Открытия. Изобретения.- 1989. № 5. 47-48.
- Бронштейн, И.Н., Семендяев, К.А. (1980). *Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов*. Москва. Наука, 976.
- Kamiński, E.; Šaršunov, V. A.; Krugljenja, V. E. (2014a). Physics-mechanical and technological characteristics of flax threshed mass and its components). *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2(84), 63-75.
- Kamiński, E.; Šaršunov, V. A.; Krugljenja, V. E. (2014b). Pretreatment of flax threshed mass grown for seed). *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2(84), 77-86.
- Казакевич, П. П.; Чеботарев, В. П.; Князев, А. А. (2004). *Состояние и направления развития средств механизации предварительной очистки зерновороха в Республике Беларусь*. В: Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: сборник статей Международной научно-практической конференции. Т. 1. Минск. БГАТУ, 196-199.
- Кругленя, В. Е. ; Коцуба, В. Н. ; Алексеевко, А. С. (2011). Результаты исследований процесса сепарации льновороха инерционными качающимися решетками. *Вестник Белорусской Государственной сельскохозяйственной академии*. № 3, 147-151.
- Максимов, К. В. (2004). *Повышение эффективности комбайновой уборки льна- долгунца путем разработки устройства для предварительной сепарации льновороха (on-line)*. Кандидатка диссертация. Санкт Петербург сс. 207. Научная библиотека диссертации и авторефератов disserCat. Pozyskano z: <http://www.dissercat.com/content/povyshenie-effectivnostii-kombainovoj-uborki-lna-dolguncaputem-razrabotki-ustroistva-dlya-r#ixzz2x3r10CEA>.
- ОСТ 70.10.2-74. (1974). *Зерноочистительные машины, агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Програма и методы испытаний*. Москва. Издательство стандартов.
- Патэнт 2266433 РФ, МПК⁷ F 04 D 17/04. (2004). Диаметральный вентилятор. В.Е. Сaitов (РФ). № 2004110277/06; заявл. 05.04.04; опубл. 20.12.05. Изобретения. Полезные модели. 2005. № 35(Пч), 253
- Šaršunov, V. A.; Krugljenja, V. E.; Kamiński, E.; Kuboń, M. (2014). Flax seed separation with vibrating screens. *Agricultural Engineering*, 3(151), 187-201.

- Sysuev V.A., Aleškin A.V. Savinyh P.A., Marczuk A., Wrotkowski K., Kuboń M. (2014). *Studium procesu działania rozdrabniaczy bijakowych do ziarna*. Lublin, ISBN 978-83-63761-28-8.
- Шаршунов, В. А.; Круглень, В. Е.; Алексеенко, А. С.; Коцуба, В. И. (2010). Выбор конструктивно-технологической системы сепарирующего устройства и параметров его решета. Вести НАН Беларуси. *Серия аграрных наук. № 4*, 120-125.
- Шаршунов, В. А.; Круглень, В. Е.; Алексеенко, А. С.; Коцуба, В. И. (2012). *Механико-технологические основы совершенствования послеуборочной обработки льновороха на семена*. Монография. Горки. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Белорусская Государственная сельскохозяйственная академия. ISBN 987-985-467-3776.
- Фестер, Э.; Ренц, Б. (1983). *Методы корреляционного и регрессионного анализа*. Перевод с немецкого и предисловие В. М. Ивановой. Москва: Финансы и статистика, 302.
- Zagajewski, P.; Dreszer, K. A. (2008). The state of theoretical studies on threshing and separation of grain from cereal mass. *Journal of Research and Application in Agricultural Engineering*. Vol. 51(4), 4-9.

ZWIĘKSZENIE EFEKTYWNOŚCI CZYSZCZENIA ZIARNA DROGĄ LEPSZEGO WYKORZYSTANIA WŁAŚCIWOŚCI STRUMIENIA POWIETRZA

Streszczenie. Masa omlotowa pozyskiwana od maszyn zbierających zboża kierowana do punktów separacji i czyszczenia oprócz ziarna zawiera dużą ilość domieszek, w tym: nasiona chwastów, resztki słomy i inne zanieczyszczenia. Celem poprawy efektywności oddzielania domieszek od ziarna opracowano udoskonaloną czyszczalnię separator z zamkniętym obiegiem powietrza. Maszyna posiada szeroki zakres regulacji parametrów eksploatacyjnych, spełnia wymagania uniwersalności oraz wymagania ekologiczne ograniczające głównie pylenie, może być stosowana dla różnych gatunków zbóż z różnym stopniem zanieczyszczenia ziarna domieszkami.

Słowa kluczowe: omlot, czyszczalnia, separator