

УДК 631.362.322

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ГЛУБОКОМ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩЕМ КАНАЛЕ



В.Г.ХАМУЕВ,
канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства,
e-mail: victor250476@yandex.ru, Москва, Российская Федерация

В сельском хозяйстве нашли применение пневмосепараторы, в которых семенные материалы разделяются исключительно с помощью воздушного потока. Благодаря конструктивной простоте и компактности особенно популярны машины, имеющие канал прямоугольного сечения с вертикальной подачей воздушного потока. В таком канале эффективность очистки обрабатываемого материала находится в зависимости от его глубины. По этой причине глубина во всех каналах пневмосепараторов и пневмосепарирующих систем семяочистительных машин не превышает 300 мм. Выявили, что глубину канала можно увеличивать, применяя специальные конструктивные решения, например пластины-барьеры. Показали, что распределение скоростей воздушного потока влияет на качество работы пневмосепарирующих машин. Поле скоростей воздушного потока в канале оценивали коэффициентом неравномерности распределения. Исследовали влияние пластин-барьеров на распределение скоростей воздушного потока в пневмосепарирующем канале и на эффективность разделения обрабатываемого материала. Установили, что при зерновой нагрузке 2 кг/(кв.см·ч) в канале с пластинами-барьерами глубиной 700 мм неравномерность распределения скоростей воздушного потока в 3,7 раза ниже, чем в традиционном без барьеров (4,4 процента против 16,2), а производительность пневмосепаратора при этом увеличивается на 15-50 процентов. Этот канал можно использовать при очистке семян от легковесных, щуплых, мелких семян основной культуры и трудноотделимых семян сорняков с доведением обрабатываемого материала до категорий оригинальных и элитных семян (по ГОСТ Р 52325-2005).

Ключевые слова: пневмосепаратор, скорость воздушного потока, очистка семян.

Для обеспечения продовольственной безопасности России необходимо устойчивое производство зерна, которое в значительной мере зависит от качества семян. Используемые традиционные технологии и машины для подготовки семян не обеспечивают получения высококачественного семенного материала в требуемых объемах, вследствие чего ежегодные недоборы урожая зерновых культур в стране составляют более 10 млн т. По данным Госсеминаспекции РФ, из-за повышенного содержания трудноотделимых примесей до половины посевного материала не отвечает требованиям стандарта. Поэтому создание высокопроизводительных машин для очистки семян от трудноотделимых сорняков и примесей имеет важное

народнохозяйственное значение [1-3].

Для удаления трудноотделимых примесей предназначены пневмосортировальные столы, которые из-за исключительной сложности настройки, как правило, не применяют в хозяйствах.

На окончательном этапе очистки семян в некоторых случаях использовали пневмосепараторы типа ОПС-1, ОПС-2 и другие, основные недостатки которых – низкая производительность (до 2 т/ч) и невысокое качество очистки – стали причиной прекращения их производства. Качество работы и производительность подобных пневмосепараторов не удается повысить увеличением площади сечения канала за счет глубины, поскольку эффективность очистки в зависимости от глубины канала носит экстремаль-

ный характер – возрастает до глубины 300 мм, а далее снижается [4]. Связано это с тем, что зерновой поток под воздействием восходящего воздушного потока становится веерообразным, имеет различные плотность и сопротивление воздушному потоку по глубине канала. Вследствие этого происходит резкое увеличение скорости воздушного потока в области минимальной концентрации зерна, чем обуславливается выброс полноценного компонента в отход. При этом с увеличением глубины канала возрастает зона выброса семян. Предлагаемыми ранее способами выравнивания воздушного потока в пневмосепарирующих каналах не удалось достичь необходимой эффективности выделения трудноотделимых примесей. Наиболее существенный положительный эффект получается в результате использования пластин-барьеров, устанавливаемых над сеткой поперек движению зернового потока [5].

Процесс разделения зернового материала в пневмосепарирующем канале с барьерами ранее был исследован недостаточно, потенциальные пути повышения эффективности его работы не установлены.

Цель исследования – изучение влияния пластин-барьеров на равномерность распределения скорости воздушного потока по поперечному сечению пневмосепарирующего канала и на эффективность процесса сепарации семенного материала.

Материалы и методы. Изучали распределение скорости воздушного потока как одного из факторов, влияющих на качество работы пневмосепарирующих машин. Исследования проводили на пневмосепарирующей машине ПСМ-10 с каналом глубиной 700 мм [1]. Поле скоростей воздушного потока в канале оценивали коэффициентом неравномерности распределения δ , определяемым методами теории вероятности [6]. Поле скоростей изучали в пневмоканале без барьеров и с барьерами при помощи цифрового термоанемометра DWYER серии 471B по схеме, приведенной на рисунке 1. Удельная зерновая нагрузка составляла 0,501; 1,020 и 2,040 кг/(см²·ч), что соответствует производительности машины 2,5; 5,0 и 10,0 т/ч.

Эффективность разделения материала сепаратором оценивали по разности полноты выделения засорителя (овса) и потерь основного компонента (ячменя) [7]. Рассмотрены варианты в пневмоканале с барьерами и без барьеров при средней скорости воздушного потока 7,6 м/с и 3-кратной повторяемости опытов [8]. Относительная ошибка выборочной средней (точность опыта) составила менее 5% при доверительной вероятности 0,9.

В установку засыпали двухкомпонентную зерновую смесь массой 15 кг и влажностью 12,7%, состоящую из зерен ячменя массой 14,47 кг (основной материал) со средней массой 1000 зерен 45,64 г и ов-

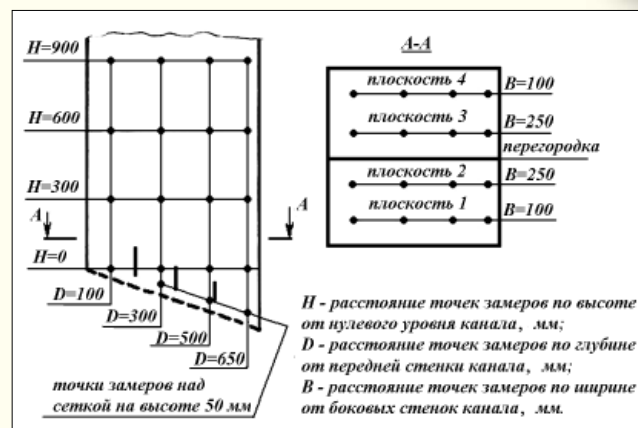


Рис. 1. Схема точек замеров в пневмоканале

са (примесь) массой 529 г в количестве 13875 зерен со средней массой 1000 зерен 38,14 г.

Сравнительную оценку эффективности разделения зерновой смеси в канале ПСМ-10 проводили в 3-кратной повторяемости на пневматическом классификаторе фирмы Petkus K-293, на котором обрабатывался тот же материал массой 1112 г, с содержанием ячменя массой 1072,75 г и овса в количестве 1029 зерен. Массу выноса легкой фракции на классификаторе подбирали равной (в процентном отношении) массе выноса при соответствующей зерновой нагрузке на пневмосепараторе с барьерами. В каждом случае масса выноса легкой фракции не превышала 10% от общего количества материала.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 приведены поля скоростей воздушного потока по глубине пневмоканала, взятые при усредненной скорости по ширине канала.

Зависимость коэффициента неравномерности распределения скоростей воздушного потока в пневмоканале от удельной зерновой нагрузки приведена на рисунке 3.

Как видим, в пневмосепарирующем канале с барьерами скорость воздушного потока более равномерно распределена по поперечному сечению, чем в канале без барьеров. Наблюдается ее повышение у задней стенки канала (D=650 мм) и выравнивание эпюры скоростей в канале с барьерами при увеличении q на уровнях 50 мм над сеткой и H=0 мм. Причем над сеткой неравномерность эпюры скорости воздушного потока снизилась с 9,8% при $q=1,02$ (кг/см²·ч) до 4,4% при $q=2,04$ (кг/см²·ч).

Такой характер распределения скорости воздушного потока по поперечному сечению канала обусловлен тем, что барьеры останавливают движение верхней части веерообразного зернового потока к задней стенке канала, уменьшая концентрацию зерна у этой стенки.

Канал с барьерами эффективнее разделяет ячмень и овес, чем пневмосепаратор K-293 (таблица).

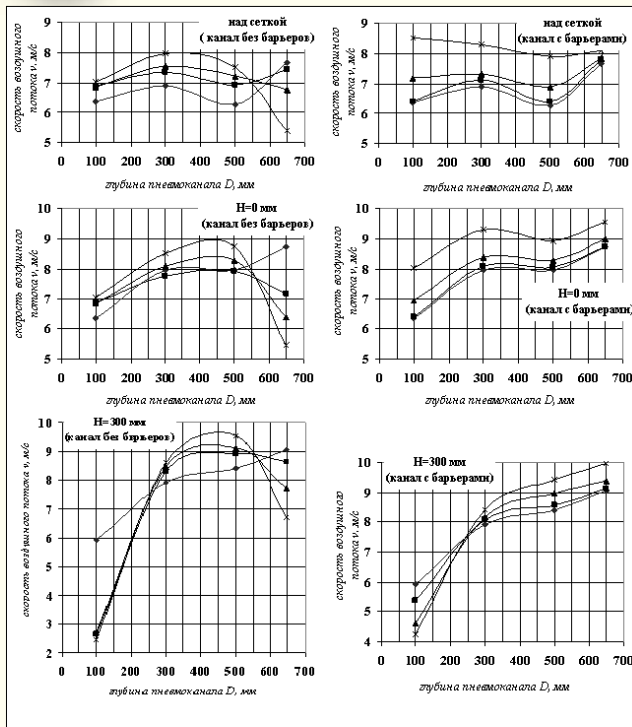


Рис. 2. Поля скоростей воздушного потока v по глубине пневмоканала D с барьерами и без барьеров при разных уровнях высоты над сеткой H и различной удельной зерновой нагрузке q , $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$: —◆— 0 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$; —■— 0,51; —▲— 1,02; —×— 2,04 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$

При этом в модифицированном канале лучше выделяются мелкие, щуплые и битые семена ячменя, а также более крупные зерна овса, по сравнению с каналом без барьеров и пневмосепаратором К-293.

Выводы. Выравнивание скорости воздушного потока по поперечному сечению глубокого канала обеспечивается путем установки пластин-барьеров.

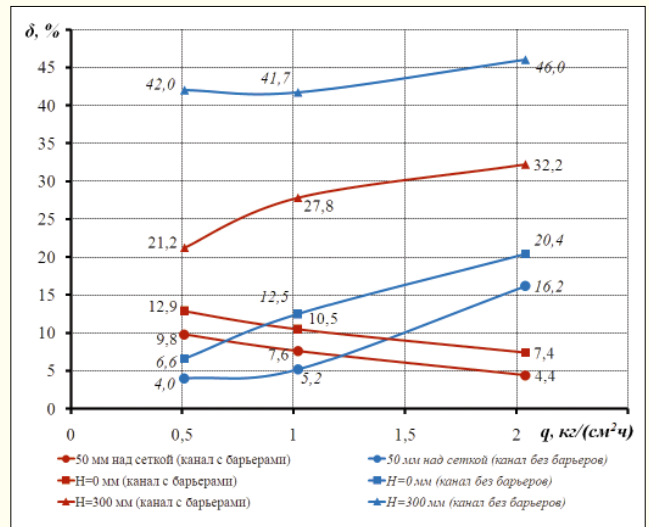


Рис. 3. Зависимость коэффициента неравномерности от удельной зерновой нагрузки при средней скорости воздушного потока 7,6 м/с

При зерновой нагрузке 2 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ в модернизированном канале глубиной 700 мм неравномерность распределения скорости воздушного потока в 3,7 раза ниже, чем в традиционном (4,4 против 16,2%).

Увеличение зерновой нагрузки в пределах 0,5-2 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ в модернизированном канале уменьшает неравномерность распределения скорости воздушного потока по поперечному сечению канала на 5,5%.

Установка барьеров дает возможность увеличить производительность пневмосепаратора на 15-50% и использовать его на очистке от легкоосесных, щуплых, мелких зерен основной культуры и от трудноотделимых семян сорняков с доведением обрабатываемого материала до категорий оригинальных и элитных семян (по ГОСТ Р 52325-2005).

Таблица

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕПАРИРОВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ УДЕЛЬНОЙ ЗЕРНОВОЙ НАГРУЗКЕ

Удельная зерновая нагрузка, $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$	Общая масса выноса, г	Масса ячменя в выносе, г	Количество зерен овса в выносе, шт.	Масса 1000 зерен в выносе, г		Потери ячменя, %	Полнота выделения, %	Эффективность разделения, %
				ячмень	овес			
<i>ПСМ-10 без барьеров</i>								
0,51	1719,29	1337,64	10254	40,34	36,75	9,20	73,90	64,70
1,02	1422,31	1149,34	7479	40,72	36,09	7,90	53,90	46,00
2,04	1013,94	815,28	5487	40,46	35,69	5,60	39,55	33,95
<i>ПСМ-10 с барьерами</i>								
0,51	1096,43	718,53	9653	37,98	36,42	4,97	69,57	64,60
1,02	1203,08	887,89	8572	38,36	36,31	6,14	61,78	55,64
2,04	1250,34	986,53	7237	39,22	35,71	6,82	52,15	45,33
<i>Лабораторный пневмокласификатор Petkus K-293</i>								
0,51	84,17	55,14	683	38,55	36,70	5,14	66,38	61,24
1,02	87,47	59,31	603	38,25	36,25	5,53	58,60	53,07
2,04	91,94	69,48	521	39,90	35,80	6,48	50,63	44,15

Литература

1. Измайлов А.Ю., Лачуга Ю.Ф., Зюлин А.Н. Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 1. – С. 2-8.

2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Развитие производства техники для селекции и семеноводства – одна из приоритетных задач сельскохозяйственного машиностроения // Состояние и развитие регионального сельхозмашиностроения – М.: Росинформагротех, 2010. – С. 96-103.

3. Жалнин Э.В. Возродим селекцию и семеноводство // Сельский механизатор. – 2014. – № 7. – С. 4-5.

References

1. Izmajlov A. Ju., Lachuga Ju. F., Zjulin A. N. Razrabotka i vnedrenie vysoko-jeffektivnyh, resurso- i jenergosberegajushhij tehnologij i tehnicheskij sredstv posleuborochnoj obrabotki zerna i podgotovki semjan [Development and implementation of high-performance, resource and energy saving technologies and equipment for postharvest processing of grain and seed preparation]. Sel'skhozjajstvennye mashiny i tehnologii. 2009. No. 1, pp. 2-8 (Russian).

2. Izmaylov A. Yu., Lobachevskiy Ya. P. Razvitie proizvodstv tekhniki dlya seleksii i semenovodstva – odna iz priorititnykh zadach sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya [Development of production of equipment for selection and seed production is one of the priority tasks of agricultural machinery]. Sostoyanie i razvitie regional'nogo sel'khoz mashinostroeniya – Moscow: Rosinformagrotekh, 2010. pp. 96-103 (Russian).

3. Zhalnin Je. V. Vozrodim selekciju i semenovodstvo [Revive Breeding and Seed Production], Sel'skij

4. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. – М.: Машигиз, 1962. – 176 с.

5. Зюлин А.Н., Бабченко В.Д. Канал для сепарации зерна восходящим воздушным потоком // Патент РФ №2193929. – 2002.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агрпромиздат, 1985. – 352 с.

7. Ньютон Г.В., Ньютон В.Г. Исследование эффективности классификации // Труды Всесоюзного Дома ученых. АН СССР. – 1937. – Вып. 2. – С. 59-74.

8. Матвеев А.С. Исследование процесса сепарирования зерновых смесей вертикально-восходящим воздушным потоком: Дис. канд. техн. наук. – М., 1973. – 176 с.

mehanzator. 2014. No. 7, pp. 4-5 (Russian).

4. Malis A. Ja, Demidov A. R. Mashiny dlja ochistki zerna vozdushnym potokom [Machines for cleaning grain airflow]. Moscow: Mashgiz, 1962. 176 pp. (Russian).

5. Zjulin A. N., Babchenko V. D. Kanal dlja separacii zerna voshodjashhim voz-dushnym potokov [Feed grain separation ascending air stream]. Patent RF № 2193929, 2002 (Russian).

6. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta [The technique of field experience], Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 pp. (Russian).

7. N'juton G. V., N'juton V. G. Issledovanie jeffektivnosti klassifikacii [Study the effectiveness of classification]. Trudy moskovskogo doma uchenyh, 1937. No. 2 (Russian).

8. Matveev A. S. Issledovanie processa separirovanija zernovyh smesej vertikal'no-voshodjashhim vozdushnym potokom [Investigation of the process of separation of grain mixes vertically ascending air current]: Dis. kand. tehn. nauk.. Moscow. 1973. 176 pp. (Russian).

DISTRIBUTION OF AN AIR STREAM SPEED IN THE DEEP ASPIRATING CHANNEL

Khamuev V.G., Cand.Sc.(Eng.), All-Russian research Institute of Mechanization for Agriculture, e-mail: victor250476@yandex.ru, Moscow, Russian Federation

There are air separators in agriculture, which clean seed materials only by means of an air stream. Thanks to constructive simplicity and compactness the machines having the rectangular cross-section channel with vertical air stream feed are especially popular. Efficiency of cleaning of the processed material in such channel is depending on its depth. For this reason depth in all channels in the air separators and air separating systems of seed cleaning machines does not exceed 300 mm. It was revealed that depth of the channel can be increased due to applying special constructive decisions, for example plates barriers. Distribution of air stream speed influences quality of operation of the air separating machines. The field of air stream speeds in the channel was estimated by distribution factor determined by a probability theory method. The authors were investigated influence of plates-barriers on distribution of air stream speed in the air separating channel and on efficiency of cleaning of the processed material. It was established that at grain loading of 2 kg per sq. m per hour in the channel with plates-barriers of 700 mm in depth distribution factor of air stream speed was 3.7 times lower, than in traditional one without barriers (4.4 percent against 16.2), and air separator productivity thus increased by 15-50 percent. This channel can be used at cleaning of lightweight seeds, thin, small seeds of the main culture from hardly separable weed seeds with getting the processed material to categories of original and elite seeds (in accordance with All Union State standard R 52325-2005).

Keywords: Air separator; Air stream speed; Seed cleaning.