

УДК 631.362.32

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СОРТИРОВАЛЬНОГО СТОЛА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 9 Т/Ч

ПЕХАЛЬСКИЙ И.А.,
канд. техн. наук,

ЖАЛНИН Э.В.,
докт. техн. наук, профессор

НУРБАГАНДОВА Р.М.,
мл. науч. сотр.

Всероссийский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация,
e-mail: vim@vim.ru

В ходе эксплуатации пневматического сортировального стола необходимо учитывать множество взаимосвязанных технологических параметров, каждый из которых имеет свое оптимальное значение, обеспечивающее высокую эффективность работы этой машины. Обосновали оптимальные параметры режима работы пневматического сортировального стола производительностью 9 тонн в час. Определили углы продольного и поперечного наклона деки, скорость воздушного потока, амплитуду и частоту колебаний деки. Экспериментально установили, что угол продольного наклона деки имеет оптимальное значение 7-10 градусов, поперечного – 7-8 градусов. При соблюдении этих параметров получили максимальную эффективность очистки обрабатываемого материала. Величина поперечного угла наклона деки влияет на толщину слоя обрабатываемого материала на ее рабочей поверхности. Так, при углах 7 и 4 градуса толщина слоя соответственно составляет 40 и 60 мм в средней части деки при оптимальном кинематическом режиме. Превышение этого показателя относительно оптимальной величины (30-40 мм) снижает эффективность работы пневматического сортировального стола. Установили, что при малом аэродинамическом сопротивлении подстилающей поверхности деки (4 Па) изменения толщины слоя по поверхности деки существенно влияют на распределение воздушного потока. Например, коэффициент вариации скорости воздушного потока на деке с зерном составляет 42 процента, без зерна – 17. При увеличении аэродинамического сопротивления подстилающей поверхности деки (700 Па) коэффициент вариации воздушного потока на деке с зерном составляет 6 процентов, без зерна – 19. Выявили, что увеличение аэродинамического сопротивления подстилающей поверхности деки уменьшает зависимость распределения воздушного потока от толщины слоя обрабатываемого материала. Изложили последовательность установки параметров режима работы пневматического сортировального стола, обеспечивающую высокую эффективность очистки семян.

Ключевые слова: очистка семян, пневматический сортировальный стол, дека, полнота выделения примеси, производительность.

Пневматические сортировальные столы – одни из наиболее сложных машин, применяемых при послеуборочной обработке зерна и семян [1-4]. Вследствие большого количества взаимосвязанных технологических параметров машины, незначительное изменение одного из них вызывает отклонения других, нарушая технологический процесс очистки семян и затрудняя выбор оптимального режима. Поэтому для эффективной эксплуатации пневматического сортировального стола необходимо подобрать и обосновать опти-

мальный режим его работы.

Цель исследований – обоснование оптимальных параметров работы пневматического сортировального стола производительностью 9 т/ч: углов продольного и поперечного наклона деки, скорости воздушного потока, амплитуды и частоты колебаний деки.

Материалы и методы. Использовали семена рядовой пшеницы, засоренные члениками редьки дикой, а также макет пневматического сортировального стола с камерой наддува. Качество очистки семян на пневматическом сортировальном столе

определяли полнотой выделения примеси E :

$$E = (\Pi_{и} - \Pi_{о}) / \Pi_{и},$$

где: $\Pi_{и}$ – содержание примеси в исходном материале, шт./кг;

$\Pi_{о}$ – содержание примеси в очищенном материале, шт./кг.

Режим работы пневматических сортировальных столов характеризуется амплитудой и частотой колебаний деки, скоростью воздушного потока на ее рабочей поверхности, углами поперечного и продольного наклона деки (рис. 1).

Исследования по определению оптимальных параметров режима работы пневматического сортировального стола производительностью 9 т/ч проводили на макете с камерой наддува, с рабочей поверхностью из плетеной металлической сетки и декой предложенной нами формы [5].

При постоянных значениях угла направленности колебаний деки ($\beta = 29^\circ$) и амплитуды колебаний (8 мм) была определена оптимальная частота колебаний деки, величина, при которой обрабатываемый материал равномерно распределен по поверхности при различных исследуемых параметрах [6, 7].

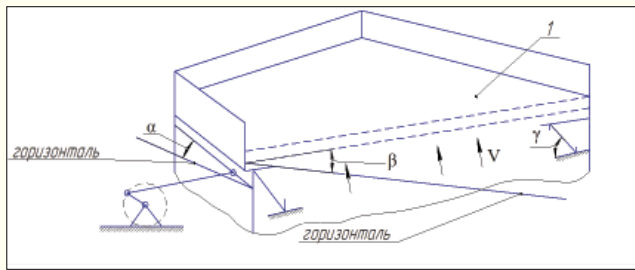


Рис. 1. Дека пневматического сортировального стола: 1 – рабочий механизм; α – поперечный угол колебаний деки; β – продольный угол колебаний деки; V – направление воздушного потока; γ – угол направленности колебаний деки

Оптимальная частота колебаний деки изменяется в соответствии с отклонением любого из исследуемых параметров. В частности, она зависит от угла ее продольного наклона при выделении членков редьки дикой из семян пшеницы и описывается уравнением вида:

$$n = r \operatorname{tg} \beta + c,$$

где n – частота колебаний деки, кол./мин;

β – угол продольного наклона деки, град.;

r – коэффициент, равный 1750;

c – свободный член, равный 190.

Результаты и обсуждение. Результаты экспериментальных исследований показывают, что полнота очистки материала зависит как от величины угла продольного наклона деки, так и от потерь семян основной культуры в отходы (рис. 2). Величина угла продольного наклона деки имеет оптимальное значение, которое находится в пределах $7-10^\circ$.

Из графика также следует, что чем больше величина потерь семян основной культуры в отходах, тем лучше качество очищенного материала.

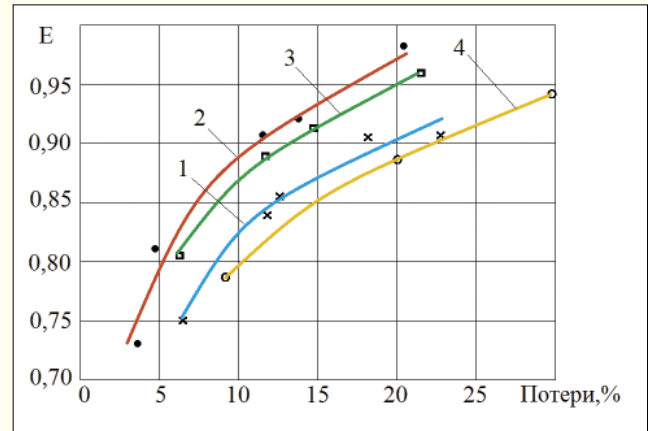


Рис. 2. Зависимость эффективности E выделения членков редьки дикой из семян пшеницы от потерь семян в отходы при различных углах β продольного наклона деки: 1 – $11,2^\circ$; 2 – $9,2^\circ$; 3 – $6,8^\circ$; 4 – $4,0^\circ$

На рисунке 3 представлена зависимость эффективности выделения членков редьки дикой из семян пшеницы от потерь семян основной культуры при различных значениях угла α поперечного наклона деки.

Как видим, качество очистки напрямую связано с величиной потерь семян основной культуры в отходы и практически не зависит от угла поперечного наклона деки в пределах $7-8^\circ$.

С уменьшением угла поперечного наклона деки увеличивается толщина слоя обрабатываемого материала на ее рабочей поверхности. Например, при углах поперечного наклона деки 7° и 4° она составляет, соответственно, 40 и 60 мм. Увеличение толщины слоя ухудшает степень выделения членков редьки дикой из семян пшеницы. Оптимальная толщина слоя в зоне загрузки материала на деку – 30-

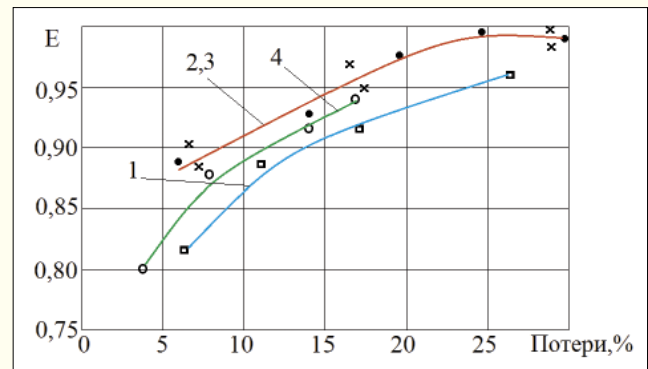


Рис. 3. Зависимость эффективности E выделения членков редьки дикой из семян пшеницы от потерь семян в отходы при различных углах α поперечного наклона деки: 1 – 10° ; 2 – 8° ; 3 – 7° ; 4 – 6°



40 мм, в зоне схода обработанного материала с деки – 15-20 мм.

Если угол поперечного наклона деки превышает 10° , то толщина слоя обрабатываемого материала уменьшается настолько, что движущиеся частицы нижней части слоя к правому борту деки (если смотреть на деку со стороны разгрузочной кромки) препятствуют скатыванию легких частиц к левому борту (к выходу легкой фракции), и чем больше угол, тем больше препятствий они оказывают. Это значительно снижает эффективность очистки материала.

Оптимальное значение амплитуды колебаний деки находится в пределах 7-10 мм. Выход за эти пределы влечет снижение эффективности разделения материала.

Экспериментами установлено, что изменение амплитуды A колебаний влияет на частоту колебаний n , что выражается уравнением:

$$x = A n^2.$$

Величина x зависит от производительности, углов наклона деки и скорости воздушного потока. С увеличением указанных параметров значение x повышается.

Для отечественных пневматических сортировальных столов характерно малое аэродинамическое сопротивление дек. Распределение воздушного потока по площади деки существенно зависит от толщины слоя обрабатываемого материала в соответствующих зонах. Определены средние скорости воздушного потока на деке с аэродинамическим сопротивлением 4 Па: на поверхности с зерном – 1,26 м/с, без зерна – 1,6 м/с.

Коэффициент вариации скоростей воздушного потока на деке с зерном составляет 42%, без зерна – 17%. При этом в первом случае скорость воздушного потока уменьшается в зонах, где увеличена толщина слоя, что нарушает технологический процесс выделения трудноотделимых примесей.

Определены поля скоростей воздушного потока на деке с аэродинамическим сопротивлением 700 Па. Коэффициент вариации воздушного потока на деке с зерном составляет 6%, без зерна – 19%.

Значения коэффициентов вариации скоростей воздушного потока на деке показывают, что при обработке материала с увеличенным аэродинамическим сопротивлением подстилающей поверхности деки равномерность распределения воздушного потока более высокая и в меньшей степени зависит от толщины слоя материала, что улучшает эффективность работы пневматического сортировального стола.

Проведенные исследования показали, что эффективность очистки семян на деке пневматического сортировального стола повышается, если на деке, свободной от зерна, отношение средней ско-

рости воздушного потока в зоне подачи материала (примерно 1/4 часть деки) к средней скорости в остальной части деки составляет 1,2-1,4.

Из-за сложности правильной установки режима работы пневматических сортировальных столов не всегда удается добиться их эффективной работы.

Поэтому очень важно проводить регулировку в определенной последовательности:

1. Установить оптимальные значения амплитуды колебаний, углов продольного и поперечного наклона деки.

2. Установить скорость воздушного потока на деке без зерна в зоне подачи материала на деку около 1,6 м/с, в остальной части – около 1,3 м/с.

3. Установить частоту колебаний деки $n = 450$ кол./мин.

4. Включить вибрацию деки.

5. Включить подачу обрабатываемого материала требуемой величины (в частности 9 т/ч).

6. Добиться равномерного распределения обрабатываемого материала на деке, изменяя частоту ее колебаний:

- при расположении обрабатываемого материала в верхней части разгрузочной кромки деки частоту колебаний деки необходимо уменьшить до равномерного его распределения по деке;

- при расположении обрабатываемого материала в нижней части разгрузочной кромки деки частоту колебаний деки необходимо увеличить до равномерного его распределения по деке.

7. Скорость воздушного потока можно повышать до момента начала образования «фонтанов», не допуская их появления; при их отсутствии скорость воздушного потока повышают до момента их образования, а затем снижают до момента их исчезновения. Таким способом будет установлена оптимальная скорость воздушного потока для конкретного случая.

8. При регулировке скорости воздушного потока может нарушаться равномерное распределение обрабатываемого материала на деке. В этом случае проводят дополнительную регулировку частоты колебаний деки в соответствии с п. 6.

Выводы

1. Определены оптимальные значения углов поперечного и продольного наклонов деки, частота и амплитуда колебаний деки пневматического сортировального стола производительностью 9 т/ч.

2. Установлено влияние аэродинамического сопротивления подстилающей поверхности деки на распределение воздушного потока по площади деки.

3. Даны рекомендации по установке оптимального режима работы пневматического сортировального стола.

Литература

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., 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. 2-9.

2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для инновационного развития АПК России // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1.* – М.: ВИМ, 2013. – С. 6-10.

3. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2011. – № 1. – С. 11-14.

4. Сорокин Н.Т., Хамуев В.Г., Бабченко В.Д. Создание сельскохозяйственных машин на инновационной основе // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2009. – № 1. – С. 2-9.

5. Бабченко В.Д. Оптимальные параметры пневматического сортировального стола производительностью 9 т/ч // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф.* – М.: ВИМ, 2013. – С. 133-135.

6. Бабченко В.Д. Исследование процесса сепарации семян на пневматическом сортировальном столе // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. № 2. – С. 34-38.

7. Пехальский И.А. Универсальная классификация травматических повреждений внутренних структур семян сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2015. – № 6. – С. 9-13.

JUSTIFICATION OF AN OPTIMUM OPERATING MODE OF A PNEUMATIC GRAVITY TABLE SEPARATOR WITH A PRODUCTIVITY OF 9 TONS PER HOUR

I.A. Pekhal'skiy, E.V. Zhalnin, R.M. Nurbagandova

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

During operation of a gravity table separator it is necessary to consider a set of the interconnected technological parameters, each of which has an optimum value providing high overall performance of this machine. Optimum parameters of an operating mode of a gravity table separator with a productivity of 9 tons per hour were proved. The pitch and cross tilt angles of a screen deck, speed of an air stream, amplitude and frequency of fluctuations of a screen deck were defined. It was experimentally established that the pitch has optimum value of 7-10 degrees, tilt – 7-8 degrees. While meeting these parameters maximum efficiency of cleaning of the processed material was received. A size of a cross tilt angle of a screen deck influences thickness of a processed material layer on its working surface. So, at angles 7 and 4 degrees layer thickness respectively makes 40 and 60 mm in a middle part of a screen deck at the optimum kinematic mode. Excess of this indicator with respect to optimum size (30-40 mm) reduces overall performance of a gravity table separator. It was established that at the small aerodynamic resistance of underlying surface of screen deck (4 Pas) the changes of thickness of a layer on a screen deck surface significantly influence distribution of an air stream. For example, the coefficient an air stream speed variation on a screen deck with grain makes 42 percent, without grain – 17. At increase in aerodynamic resistance of screen deck underlying surface (700 Pas) the variation coefficient of an air stream on a screen deck with grain makes 6 percent, without grain – 19. Revealed that the increase in aerodynamic resistance of screen deck underlying surface reduces dependence of distribution of an air stream on thickness of a layer of the processed material. The sequence of setting of operating mode parameters of a gravity table separator providing high efficiency of seeds cleaning was stated.

Keywords: Seeds cleaning; Gravity table separator; Screen deck; Degree of separation; Productivity.

References

1. Lachuga A.M., Izmaylov A.Yu., Zyulin A.N. *Razrabotka i vnedrenie vysokoeffektivnykh, resurso- i energosberegayushchikh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoy obrabotki zerna i podgotovki semyan [Development and deployment of highly effective, resource-energy saving technologies and techniques for postharvest grain processing and seeds*

preparation]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2009. No. 1. pp. 2-9 (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. *Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machinery and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period till 2020]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 1. pp. 133-135 (Russian).*

nologii. 2013. No. 6. pp. 6-10 (Russian).

3. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. *Iskhodnye trebovaniya na tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve [Initial requirements of technological operations in plant growing]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2011. No. 1. pp. 11-14 (Russian).*

4. Sorokin N.T., Khamuev V.G., Babchenko V.D. *Sozdanie sel'skokhozyaystvennykh mashin na innovatsionnoy osnove [Creation of agricultural machines on an innovative basis]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2009. No. 1. pp. 2-9.*

5. Babchenko V.D. *Optimal'nye parametry pnevmaticheskogo sortiroval'nogo stola proizvoditel'nost'yu 9 t/h [Optimum parameters of a gravity*

table separator with a productivity of 9 tons per hour]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. No 5. pp. 22-26 (Russian).

6. Babchenko V.D. *Issledovanie protsessa separatsii semyan na pnevmaticheskoy sortiroval'noy stole [Research of seeds separation process on a gravity table separator]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. No 2. pp. 34-38 (Russian).*

7. Pekhal'skiy I.A. *Universal'naya klassifikatsiya travmaticheskikh povrezhdeniy vnutrennikh struktur semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii [Universal classification of traumatic damages of internal structures of crops seeds]. 2015. No. 6. pp. 9-13 (Russian).*

**Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт механизации сельского хозяйства
(ФГБНУ ВИМ)
объявляет набор**

в аспирантуру на бюджетные и платные места

на 2016-2017 учебный год

Лицензия №1376 от 10.04.2016

Государственная аккредитация

(приказ Рособнадзора № 63 от 21 января 2016года)

По направлению подготовки 35.06.04

Технология, средства механизации и энергетическое оборудование
в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

Профиль: машины, агрегаты и процессы (по отраслям).

Профиль: технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Адрес института: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5.

Телефон для справок: 8 (499) 709-33-68.