

ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО РЕШЕТА
ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНАA.D. Bekarov, V.Kh. Mishkhozhev,
A.Kh. GabaevOPTIMAL VALUES OF LINEAR SPEED OF THE CONVEYOR SIEVE FOR
GRAIN COMBINE HARVESTER CLEANING

Бекаров А.Д. – канд. техн. наук, доц. каф. механизации сельского хозяйства Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: alii_gabaev@bk.ru

Мишхожев В.Х. – канд. техн. наук, доц., зав. каф. механизации сельского хозяйства Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: alii_gabaev@bk.ru

Габаев А.Х. – канд. техн. наук, ассист. каф. механизации сельского хозяйства Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: alii_gabaev@bk.ru

Bekarov A.D. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mechanization of Agriculture, V.M. Kokov Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik. E-mail: alii_gabaev@bk.ru

Mishkhozhev V.Kh. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Mechanization of Agriculture, V.M. Kokov Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik. E-mail: alii_gabaev@bk.ru

Gabaev A.Kh. – Cand. Techn. Sci., Asst, Chair of Mechanization of Agriculture, V.M. Kokov Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik. E-mail: alii_gabaev@bk.ru

Конвейерная очистка представляет собой рабочий орган зерноуборочного комбайна, состоящий из подающего транспортера, вентилятора и конвейерного решета со скатной доской. Конвейерное решето – решетчатый транспортер (конвейер), состоящий из отдельных решетчатых секций, каждая из которых крепится к лапкам двух замкнутых контуров специальной транспортной цепи винтами. Сепарируемый ворох поступает на верхнюю ветвь решетчатого конвейера, где происходит его сепарация, а проходная фракция вороха поступает на скатную доску, с которой сгребается нижней ветвью конвейерного решета в зерновой шнек комбайна. От линейной скорости конвейерного решета зависит количество (толщина слоя) вороха, обрабатываемого единицей площади сепарирующей поверхности решета. Исходя из результатов исследований профессора С.А. Алфёрова, что сепарация мелкого зернового вороха на решете зерноуборочного комбайна может проходить без потерь, если слой зернового вороха будет превышать 3–4 см, аналитически выведены математические выражения для определения оптимального значения линейной скорости конвейерного решета очистки зерноуборочного комбайна, обеспечивающей требуемую толщину слоя обрабатываемого вороха на этом решете. С помощью полученных

математических выражений произведены расчеты величины оптимальной скорости конвейерного решета для различных величин подач вороха на очистку (от 1 до 10 кг/с) и различных плотностей этого вороха ($\gamma_0 = 120\text{--}240 \text{ кг/м}^3$). По этим расчетным данным построены графики изменения линейной скорости в зависимости от секундной подачи вороха и его плотности для комбайнов с шириной молотилки 1200 и 1500 мм. Анализируя полученные математические зависимости и графики, пришли к выводу, что чем больше подача вороха на очистку и меньше его плотность, тем большие значения требуются для линейной скорости конвейерного решета. С другой стороны, чем меньше величина подачи и больше его плотность, тем требуемые значения скорости решета меньше.

Ключевые слова: комбайн, очистка, конвейер, решето, ворох, зерно, примеси, плотность, подача, молотилка.

Conveyor cleaning represents working body of a combine harvester consisting of giving conveyor, the fan and conveyor sieve with cattle board. A conveyor sieve is trellised a grate conveyor (conveyor) consisting of separate trellised sections each of which fastens to pads of two closed contours of a special conveyor chain screws. Separated heap enters the upper branch of the

lattice conveyor, where its separation takes place, and the passage fraction of the heap arrives at the sloping board, from which it is raked by the lower branch of the conveyor sieve into the grain auger of the combine. The quantity (layer thickness) of the lots processed by unit of area of separating sieve surface depends on linear speed of a conveyor sieve. Proceeding from the results of research by Professor S.A. Alferov that the separation of small grain heap on the grinder of the combine can be lost without loss, if the grain heap layer exceeds 3–4 cm, mathematical expressions are derived analytically to determine the optimum value of the linear velocity of the conveyor screen for cleaning the combine harvester, which provides the required thickness of the layer of the heap to be treated this sieve. Using the obtained mathematical expressions, calculations were made of the optimum speed of the conveyor sieve for different values of the heap feed for cleaning (from 1 to 10 kg / s) and various densities of this heap ($\gamma_V = 120\text{--}240 \text{ kg / m}^3$). According to these calculated data, the graphs of linear velocity variation are constructed depending on the second pile supply and its density for combines with a threshing width of 1200 and 1500 mm. Analyzing received mathematical dependences and schedules, one can come to the conclusion that the more the supply of heap for cleaning and the less its density, the higher values are required for the linear speed of the conveyor sieve. On the other hand, the smaller the feed amount and the greater its density, the lower the sieve speed required.

Keywords: combine, cleaning, conveyor, sieve, heap, grain, impurities, density, feed, thresher.

Введение. Конвейерная очистка представляет собой рабочий орган зерноуборочного комбайна, состоящий из подающего транспортера, вентилятора и конвейерного решета со скатной доской. Конвейерное решето – решетчатый транспортер (конвейер), состоящий из отдельных решетчатых секций, каждая из которых крепится к лапкам двух замкнутых контуров специальной транспортной цепи винтами. Сепарируемый ворох поступает на верхнюю ветвь решетчатого конвейера, где происходит его сепарация, а проходная фракция вороха поступает на скатную доску, с которой сгребается нижней ветвью конвейерного решета в зерновой шнек комбайна. От линейной скорости конвейерного решета зависит количество (толщина слоя) вороха, обрабатываемого единицей площади сепарирующей поверхности решета.

Цель исследования: обоснование оптимальных значений линейной скорости конвейерной очистки

зерноуборочного комбайна для различных условий работы.

Задачи исследования:

1. Обосновать аналитическую зависимость скорости решетчатого полотна конвейерной очистки от подачи зернового вороха на очистку и его плотности.

2. Определить оптимальные значения скорости конвейерного решета для различных условий работы (подача, плотность поступающего вороха) при установке очистки на комбайнах с шириной молотилки 1200 и 1500 мм.

Согласно исследованиям профессора С.А. Алферова и его учеников [1], сепарация мелкого зернового вороха на решете зерноуборочного комбайна может проходить без потерь, если слой такого вороха не будет превышать 3–4 см.

Однако в современных комбайнах при подаче зернового вороха на очистку до 9 кг/с на решете этого рабочего органа может образоваться слой вороха толщиной 20 см и более, что неизбежно приведет к потерям зерна.

Методы и результаты исследования. Толщина слоя вороха на решете кроме величины подачи зависит также от плотности этого вороха (объемной массы), которая может быть определена по известной формуле профессора В.Г. Антипина [2]:

$$\gamma_B = \gamma_3 \gamma_{\Pi} (\alpha_B \gamma_{\Pi} + (1 - \alpha_B) \gamma_3)^{-1},$$

где γ_3 и γ_{Π} – плотности соответственно зерна и примесей, кг/м³; α_B – содержание зерна в ворохе, в долях единиц.

По данным профессора В.Г. Антипина плотность влажной ржи в среднем может быть принята $\gamma_3 = 600 \text{ кг/м}^3$, сухого овса – $\gamma_3 = 500 \text{ кг/м}^3$, плотность примесей к зерну (половы, сбины) ориентировочно может быть принята $\gamma_{\Pi} = 75 \text{ кг/м}^3$ [2].

Объем вороха, поступающего на очистку, равен

$$V_B = \frac{\Delta q_{оч}}{\gamma_B}, \tag{1}$$

где $\Delta q_{оч}$ – подача вороха, кг/с; γ_B – его плотность, кг/м³.

Толщина слоя вороха, образующегося при этом на конвейерном решете очистки, зависит от линейной скорости V_n этого решета.

Зная ширину решета B_p , можно определить его площадь, на которой распределится поступающий ворох:

$$F_p = L_p \cdot B_p, \tag{2}$$

где L_p – длина решета, м.

Длина решета L_p (применительно к конвейерному решету) равна пути S , проходимому любой точкой решета за время t , т. е.:

$$L_p = S = V_n \cdot t. \quad (3)$$

Если принять $t = 1$ с, выражение (3) примет вид

$$L_p = V_n. \quad (4)$$

С учетом выражения (4) формулу (2) можно представить в следующем виде:

$$F_p = V_n \cdot B_p. \quad (5)$$

Тогда фактическую толщину слоя вороха на конвейерном решете (без учета уменьшения этой толщины за счет текущей сепарации) можно представить так:

$$H_{\phi} = \frac{V_{\phi}}{F_p} = \frac{\Delta q_{оч}}{(\gamma_{\phi} V_n B_p)}. \quad (6)$$

Допуская справедливость известного уравнения сепарации вороха на решете, можно записать для конвейерного решета (являющегося тоже решетным сепаратором) [3]

$$П = \alpha_3 \cdot e^{-\alpha_x L}, \quad (7)$$

где $П$ – содержание зерна в полове, сошедшей с решета (потери); α_3 – содержание зерна в ворохе, поступающем на решето; α_x – коэффициент сепарации зерна конвейерным решетом; L – длина решета.

Необходимая длина решета (рабочей ветви конвейерного решета) определяется из выражения (7):

$$L = \frac{\ln \alpha_3 - \ln П}{\alpha_x}. \quad (8)$$

По М.Н. Летошневу, коэффициент сепарации α_x может быть определен из выражения

$$\alpha_x = \alpha_0 \left(\frac{H_0}{H_{\phi}}\right)^m, \quad (9)$$

где α_0 – коэффициент выделения зерна при оптимальной (расчетной) толщине слоя вороха в сепараторе; H_{ϕ} – фактическая толщина слоя вороха на рабочем органе; m – показатель степени (по опытным данным ВИСХОМ $m_0 = 0,8-1,2$).

Подставив значение H_{ϕ} из (6) в (9), получим

$$\alpha_x = \alpha_0 (H_0 B_p \gamma_B V_n \Delta q_{оч}^{-1})^m. \quad (10)$$

Особенностью конструкции конвейерной очистки является возможность оперативного регулирования линейной скорости решета V_n с помощью вариатора, установленного в системе привода решета, что дает возможность поддерживать толщину слоя вороха на решете в пределах оптимальных значений (т. е. 3–4 см) [4]. Тогда будет $H_{\phi} = H_0$.

Следовательно, выражения (9) и (10) примут вид

$$\alpha_x = \alpha_0, \quad (11)$$

так как $\frac{H_0}{H_{\phi}} = 1$ при $H_{\phi} = H_0$.

Оптимальная скорость конвейерного решета в зависимости от подачи вороха ($\Delta q_{оч}$) и его плотности (γ_B), м/с

Плотность вороха $\gamma_B, \text{кг/м}^3$	Подача вороха $\Delta q_{оч}, \text{кг/с}$										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
120	0,196	0,392	0,587	0,783	0,979	1,175	1,371	1,566	1,762	1,958	
	0,153	0,305	0,153	0,611	0,764	0,916	1,069	1,222	1,375	1,527	
140	0,168	0,336	0,503	0,671	0,839	1,010	1,175	1,343	1,510	1,678	
	0,131	0,262	0,393	0,524	0,655	0,786	0,916	1,047	1,178	1,309	
160	0,147	0,294	0,441	0,587	0,734	0,881	1,028	1,175	1,322	1,469	
	0,115	0,229	0,344	0,458	0,573	0,687	0,802	0,916	1,031	1,146	
180	0,131	0,261	0,392	0,522	0,653	0,783	0,914	1,044	1,175	1,305	
	0,102	0,204	0,305	0,407	0,509	0,611	0,713	0,815	0,916	1,018	
200	0,117	0,235	0,352	0,470	0,587	0,702	0,822	0,940	1,057	1,175	
	0,092	0,183	0,275	0,367	0,458	0,550	0,641	0,733	0,825	0,916	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
220	0,107	0,214	0,320	0,427	0,534	0,641	0,748	0,854	0,967	1,068
	0,083	0,167	0,250	0,333	0,417	0,500	0,583	0,666	0,750	0,833
240	0,098	0,196	0,294	0,392	0,490	0,587	0,685	0,783	0,881	0,979
	0,760	0,153	0,229	0,305	0,381	0,458	0,535	0,611	0,687	0,764
260	0,090	0,181	0,271	0,361	0,452	0,542	0,633	0,723	0,813	0,904
	0,071	0,141	0,211	0,282	0,352	0,423	0,493	0,564	0,634	0,705
280	0,084	0,168	0,252	0,336	0,420	0,503	0,587	0,671	0,755	0,839
	0,065	0,131	0,196	0,262	0,327	0,393	0,458	0,524	0,589	0,655

Примечание: в числителе – для комбайнов с шириной молотилки $B_m=1200$ мм; в знаменателе – для комбайнов с $B_m=1500$ мм.

Линейная скорость V_n конвейерного решета, которая обеспечивает оптимальную толщину слоя вороха на нем (т. е. создает оптимальные условия сепарации вороха), и сама является оптимальной.

Выражение (10) придет к виду (11) в том случае, если та часть выражения (10), которая стоит в скобках, будет равна 1, т. е.

$$H_0 B_p \gamma_B V_n \Delta q_{оч}^{-1} = 1, \quad (12)$$

откуда имеем

$$V_n = \frac{\Delta q_{оч}}{(H_0 B_p \gamma_B)}. \quad (13)$$

Имея в виду, что для комбайна с шириной молотилки 1200 мм ширина конвейерного решета может быть выполнена конструктивно равной $B_p = 1,064$ м, а $H_0 = 3-4$ см, выражение (13) можно упростить:

$$V_n = \frac{\Delta q_{оч}}{0,037 \gamma_B}. \quad (14)$$

Для комбайна с шириной молотилки 1500 мм ширина конвейерного решета может быть $B_p=1,364$ м. Аналогично выражению (14) имеем

$$V_n = \frac{\Delta q_{оч}}{0,048 \gamma_B}. \quad (15)$$

Как видно из выражений (13)–(15), значение оптимальной линейной скорости конвейерного решета зависит от величины подачи зернового вороха на очистку и плотности этого вороха, которая, в свою очередь, зависит от его засоренности (содержания в нем примесей), а также ряда других факторов.

По выражениям (14) и (15) рассчитали значения оптимальной линейной скорости для комбайнов с шириной молотилки 1200 и 1500 мм для различных подач $\Delta q_{оч}$ и различных плотностей поступающего на очистку вороха – γ_B (см. табл.), а также представили эти данные в виде графиков (см. рис. 1, 2).

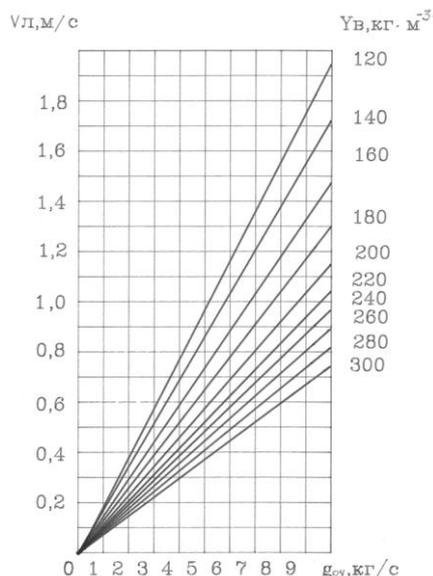


Рис. 1. Потребная скорость конвейерного решета в зависимости от подачи вороха ($\Delta q_{оч}$) и его плотности (γ_B) для комбайна с шириной молотилки 1200 мм

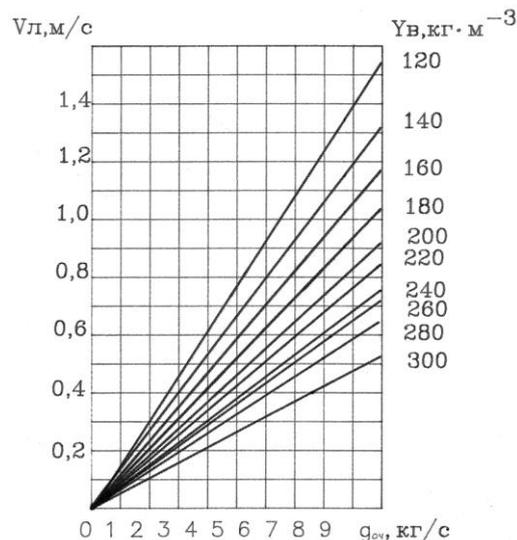


Рис. 2. Потребная скорость конвейерного решета в зависимости от подачи вороха ($\Delta q_{св}$) и его плотности ($\gamma_{в}$) для комбайна с шириной молотилки 1500 мм

Выводы

1. Получено аналитическое выражение, позволяющее определить оптимальные значения скорости конвейерного решета очистки зерноуборочного комбайна от подачи и плотности зернового вороха.

2. Обоснованы значения оптимальной скорости конвейерного решета при изменении подачи вороха на очистку (от 1 до 10 кг/с) с разной плотностью (от 1200 до 280 кг/м³) для комбайнов с шириной молотилки 1200 и 1500 мм.

Литература

1. Алфёров С.А., Барашев С.М., Строчков М.И. Высокопроизводительная очистка с пространственным решетом // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1970. – № 6. – С. 30–33.
2. Антипин В.Г. Научные основы разработки системы и конструкции зерноуборочных машин для Северо-Западной зоны СССР: дис. ... д-ра техн. наук. – Л.-Пушкин, 1962. – 480 с.
3. Бекаров А.Д. Взаимодействие ролика конвейерного решета очистки зерноуборочного комбайна с роликом вибратора // Тез. докл. юбилейной науч.-производ. конф. – Владикавказ, 1993.
4. Валиев Х.Х. Технологический процесс, основные параметры и режимы работы высокопроизводительного конвейерно-роторного рабоче-

го органа для предварительной чистки зернового вороха: дис. ... канд. техн. наук. – Л.-Пушкин, 1982.

5. Серый Г.Ф., Косилов Н.И., Ярмаше Ю.Н. и др. Зерноуборочные комбайны. – М.: Агропромиздат, 1986. – 248 с.

Literatura

1. Alfayorov S.A., Barashev S.M., Strokov M.I. Vysokoproizvoditel'naya ochistka s prostranstvennym reshetom // Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo hozyajstva. – 1970. – № 6. – S. 30–33.
2. Antipin V.G. Nauchnye osnovy razrabotki sistemy i konstrukcii zernoubochnyh mashin dlya Severo-Zapadnoj zony SSSR: dis. ... d-ra tekhn. nauk. – L.-Pushkin, 1962. – 480 s.
3. Bekarov A.D. Vzaimodejstvie roljka konvejernogo resheta ochistki zernoubochnogo kombajna s roljkom vibratora // Tez. dokl. jubilejnoj nauch.-proizvod. konf. – Vladikavkaz, 1993.
4. Valiev H.H. Tekhnologicheskij process, osnovnye parametry i rezhimy raboty vysokoproizvoditel'nogo konvejerno-rotornogo rabocheho organa dlya predvaritel'noj chistki zernovogo voroha: dis. ... kand. tekhn. nauk. – L.-Pushkin, 1982.
5. Seryj G.F., Kosilov N.I., Yarmashe YU.N. i dr. Zernoubochnye kombajny. – M.: Agropromizdat, 1986. – 248 s.