

Научная статья

УДК 631.35

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-70-78>

ОБОСНОВАНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ И ДЛИНЫ ГРЕБЁНКИ НА ОЧЁСЫВАЮЩЕМ БАРАБАНЕ ПРИ УБОРКЕ СОИ

Владимир Александрович Сахаров, Алексей Алексеевич Кувшинов

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, kyaa@vniisoi.ru

Аннотация. Уборка является важной и энергоёмкой операцией в сельскохозяйственном производстве. В настоящее время совершенствование уборочного процесса связано с развитием систем точного позиционирования, компьютерных систем, повышением надёжности узлов и агрегатов. Важной проблемой уборки сои является снижение энергоёмкости, решение которой возможно при апробации и внедрении метода очёса растений на корню. В данной работе исследованы геометрические параметры гребёнки очёсывающего барабана для уборки сои, теоретически обоснованы конструктивные размеры гребёнки очёсывающего барабана. Анализируя представленные результаты, выяснено, что максимально возможный угол установки очёсывающих гребёнок относительно радиуса барабана составляет 50°. При этом длина зуба гребёнки не должна превышать 200 мм. При исследовании процесса уборки методом очёса на корню растений сои минимум потерь зерна этой культуры (7,9 %) было отмечено при использовании угловой скорости вращения очёсывающего барабана 350 об./мин и скорости движения агрегата 11 км/ч.

Ключевые слова: метод очёса, уборка сои, очёсывающий барабан, угол установки, длина зуба гребёнки.

Для цитирования: Сахаров В. А., Кувшинов А. А. Обоснование угла установки и длины гребёнки на очёсывающем барабане при уборке сои // Агронаука. 2023. Т. 1. № 3. С. 70–78. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-70-78>.

Original article

JUSTIFICATION OF THE ANGLE OF INSTALLATION AND THE LENGTH OF THE COMB ON THE COMBING DRUM WHEN HARVESTING SOYBEANS

Vladimir A. Sakharov, Alexey A. Kuvshinov

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia, kyaa@vniisoi.ru

Abstract. Harvesting is an important and energy-intensive operation in agricultural production. Currently, the improvement of the harvesting process is associated with the development of precise positioning systems, computer systems, and increased reliability of components and assemblies. An important problem of soybean harvesting is the reduction of energy intensity, the solution of which is possible with the approbation and implementation of the method of combing plants on the root. In this paper, the geometric parameters of the comb of the combing drum for harvesting soybeans are investigated, the design dimensions of the comb of the combing drum are theoretically justified. Analyzing the presented results, it was found out that the maximum possible angle of installation of combing combs relative to the radius of the drum is 50°. In this case, the length of the comb tooth should not exceed 200 mm. When studying the harvesting process by the method of combing on the root of soybean plants, a minimum loss of soybean seeds (7.9 %) was obtained at an angular rotation speed of the combing drum 350 rpm and the speed of the unit 11 km/h.

Keywords: combing method, soybean harvesting, combing drum, installation angle, comb tooth length.

For citation: Sakharov VA, Kuvshinov AA. Obosnovanie ugla ustanovki i dliny grebenki na ochesyvayushchem barabane pri uborke soi [Justification of the angle of installation and the length of the comb on the combing drum when harvesting soybeans]. *Agronauka. – Agrosience.* 2023;1;3:70–78. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-70-78>.

© Сахаров В. А., Кувшинов А. А., 2023

Введение

Перспективным направлением совершенствования уборки зерновых, метельчатых и бобовых сельскохозяйственных культур является использование метода очёса растений на корню, позволяющего снизить себестоимость получаемой продукции за счёт существенного повышения производительности уборочных агрегатов и снижения затрат на топливо-смазочные материалы, а также уменьшить дробление зерна в процессе уборки [1].

Метод очёса апробирован на уборке различных культур. В исследованиях X. Du, J. He и др. [2] рассмотрено эксцентрическое качающееся очёсывающее устройство для уборки кустарниковой вишни *S. humilis*. J. Chen, J. Zhao и другими учёными проводятся исследования по повышению эффективности уборки барбариса *L. barbarum* [3] путем разработки и обоснования режимных параметров портативного вибро-гребенчатого щёточного комбайна. Авторы O. Zhortuylov, V. Soldatov и др. представили в своей статье результаты исследований по разработке и обоснованию конструктивных параметров и режимов работы рабочих органов машины для уборки семян кормовых трав [4]. Авторы A. S. Dzhamburshin, G. D. Turymbetova в статье [5] привели теоретическое обоснование оптимальной компоновки устройства для уборки зерновых культур методом очёса с получением параметров очёсывающих гребенок.

Жатки, работающие по принципу очёса растений на корню, также апробированы на уборке таких культур, как лён, белый люпин, пшеница, люцерна, веничный сорго. Учёные Р. А. Ростовцев и К. В. Татарнищев в своих исследованиях представили схему взаимодействия стебля с рабочим органом при очёсе и графики траектории движения, скорости и ускорения семясодержащей структуры стебля льна при очёсе [6]. Н. В. Алдошиным и М. А. Мосяковым рассмотрен процесс уборки белого люпина и выполнен анализ технологических свойств данной культуры и размерно-массовых характеристик её семян. Проведены экспериментальные исследования новых рабочих органов и определены технологические параметры и режимы работы очёсывающей жатки на уборке белого люпина [7]. В. Ю. Савиным получены величины усилия очёса различных сортов

пшеницы при использовании гребенок со щелью 5...7 мм. Установлено влияние на величину усилия очёса таких параметров колоса, как ширина, толщина и плотность [8]. В статье В. Н. Солнцева и Н. М. Дерканосовой рассматриваются особенности семенников люцерны как объекта уборки, дан анализ существующих способов уборки люцерны на семена [9]. Н. Г. Кузнецовым и другими исследователями рассмотрены этапы создания молотильно-сепарирующих устройств инерционно-очёсного способа обмолота и принцип обмолота зерновых колосовых и метелочных культур на корню молотильными устройствами, определены их основные геометрические, кинематические и мощностные параметры [10].

Проблеме совершенствования уборки методом очёса различных сельскохозяйственных культур посвящён ряд научно-исследовательских работ [11–19]. Исследованиями процесса очёса сельскохозяйственных растений на корню и совершенствованием уборочных агрегатов, занимались А. И. Бурьянов, М. А. Бурьянов, М. А. Федин, О. Н. Кухарев, Э. В. Жалнин, В. Л. Астафьев и другие. В данных научных работах уделено внимание вопросам выбора конструктивно-режимных параметров очёсывающих устройств, представлены результаты теоретических и практических исследований. Ведутся исследования по применению метода очёса на корню при уборке растений сои в Дальневосточном регионе РФ [20, 21].

Основной проблемой при очёсе сельскохозяйственных растений бобовых культур, в частности сои, является наличие определённых особенностей морфологического строения стеблевой и продуктивной частей в отличие от колосовых и метельчатых культур. На растениях сои бобы с зёрнами равномерно расположены по всей поверхности стебля, начиная в среднем от 10...18 см от поверхности поля, что приводит при очёсе к потерям зёрен, находящихся в нижних, наиболее продуктивных бобах. Также наблюдается негативное явление преждевременного растрескивания бобов при воздействии на них ударного импульса очёсывающих гребёнок, приводящее к потерям свободного зерна.

Очёсывающие жатки возможно использовать при уборке полёглых растений сои, так как классические жатки не способны в

полной мере убирать полёглый стеблестой. Для уборки методом очёса в приоритете сорта сои, имеющие один прямостоячий стебель: Бонус (куст прямостоячий, ветвление слабое), Золушка (куст прямостоячий, количество ветвей – 1), Даурия (большинство растений одностебельные, стебель прямой), Уркан (стебель прямой), ВНИИС 18 (куст прямостоячий, ветвей 1...2), Грация (количество ветвей – 1...2). Также при очёсе растений барабанной жаткой учитывается условие растрескивания бобов при воздействии на них гребёнок очёсывающего барабана (сорта устойчивые к растрескиванию бобов: Бонус, ВНИИС 18, Грация, Золушка) [22].

Преимуществом очёсывающих жаток может являться их применение при уборке растений сои с высокой влажностью бобов. Необходимое условие при этом, чтобы почва не была слишком влажной, и её состояние не приводило к буксованию уборочной машины, агрегируемой с очёсывающей жаткой.

Существующие очёсывающие жатки («Озон», «Славянка УАС», «Shelbourne CVS» и др.) не предназначены для очёса растений сои, так как конструкция гребёнок и их положение на очёсывающем барабане подходят для уборки сельскохозяйственных культур только с верхним расположением урожайной части.

Для минимизации ударного воздействия гребёнок на зёрна сои при очёсе необходимо максимально увеличить угол установки гребёнки относительно радиуса барабана для более плавного вхождения гребёнки в стеблестой, но при этом центробежная сила, прижимающая очёсанное зерно к гребёнке, зависящая от угловой скорости вращения, не должна превышать значений, исключающих сход зерна сои с гребёнки.

Цель исследования – обоснование оптимального угла наклона и длины гребёнки на барабане очёсывающей жатки для уменьшения потерь зерна при уборке сои методом очёса.

Условия, материалы и методы

Теоретические исследования геометрических параметров гребёнок очёсывающего барабана жатки уборки сои проведены с использованием методов теоретической механики (относительное, переносное, абсолютное движение точки, теорема сложения скоростей, теорема сложения ускорений)

[23] и метода решения линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами [24].

Результаты и обсуждение

Для уменьшения потерь сход зерна с гребёнки должен осуществляться в верхней половине траектории движения гребёнки. В противном случае зерна сои, увлекаемые гребёнкой очёсывающего барабана, выбрасываются на поверхность поля, а не в приёмный бункер.

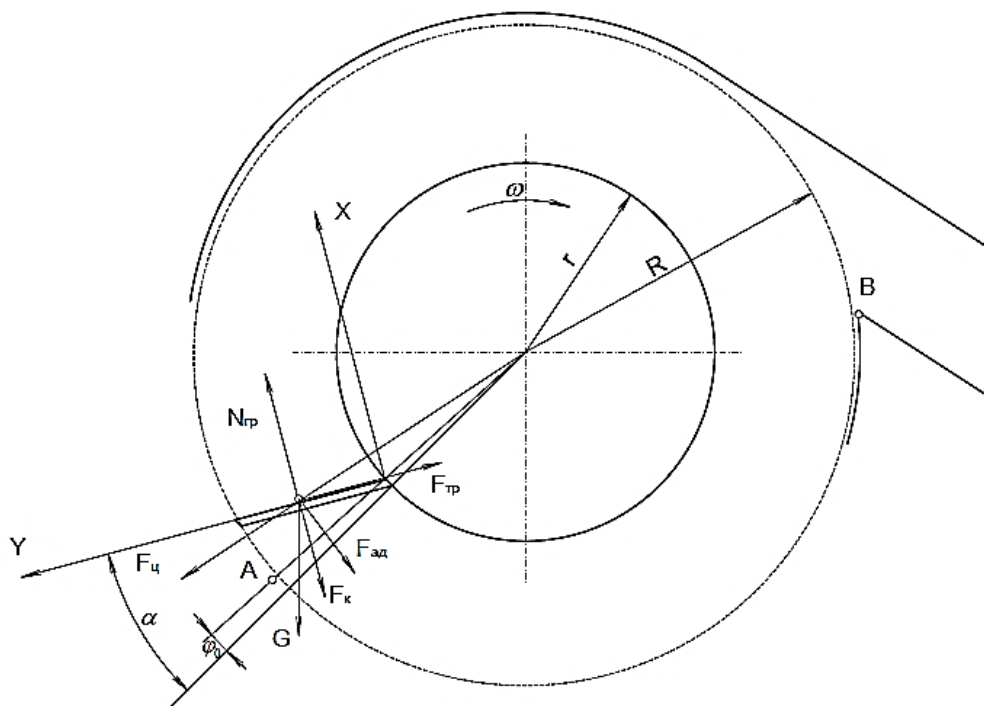
Исходя из анализа исследований отечественных и зарубежных авторов, найден алгоритм определения времени схода зерна сои с гребёнки, выполненной по логарифмической спирали, в зависимости от угла наклона гребёнки, её длины и угловой скорости вращения барабана разработана схема к приложению сил на зерна сои (рисунок 1).

Рассмотрим движение частицы в подвижной системе координат, центр осей которой располагается в точке крепления гребёнки к очёсывающему барабану. При этом ось Y направлена вдоль гребёнки в сторону от очёсывающего барабана, а ось X – перпендикулярно к гребёнке, по направлению вращения барабана. Текущее значение координаты точки в этой системе будем обозначать через x и y .

Приняв допущения, что рассматриваемые частицы являются материальными точками, а взаимодействие их между собой не оказывает влияния на процесс движения; коэффициент трения f_{zp} частиц об очёсывающую гребёнку постоянный и не зависит от скорости движения и давления.

На частицу массой m при движении по очёсывающей гребёнке (рисунок 1) будут действовать следующие силы:

- сила трения со стороны гребёнки $F_{mpz} = f_{zp} N_{zp}$
- центробежная сила инерции $F_{ц} = m\omega^2 r_{r'}$
- сила тяжести $G = mg$,
- сила Кориолиса $F_{к} = 2m\omega V_{y'}$
- нормальная реакция со стороны очёсывающей гребёнки N_{zp}
- сила скоростного напора $F_{ад} = 1/2g \rho s w^2 R^2$.



$N_{гр}$ – нормальная реакция со стороны очёсывающей гребёнки; $F_{ц}$ – центробежная сила инерции; $F_{тр}$ – сила трения со стороны гребёнки; $F_{к}$ – сила Кориолиса; $F_{ад}$ – сила аэродинамического напора; G – сила тяжести

Рисунок 1 – Схема сил, действующих на частицу, движущуюся по гребёнке очёсывающего барабана

Исходя из схемы приложения сил, действующих на частицу, было получено уравнение:

$$y'' = 2 \cdot \omega \cdot y' - \omega^2 \sqrt{y^2 + r^2 + 2r \cdot y \cdot \cos \alpha - r^2 \sin^2 \alpha} + f \cdot g \cdot \cos(\alpha - \varphi_0 + \omega t) + g \cdot \sin(\alpha - \varphi_0 + \omega t) + f \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2g} \cdot \rho \cdot s \cdot \omega^2 R^2, \quad (1)$$

где y – текущая координата, f – коэффициент трения, ω – угловая скорость вращения, r – радиус барабана, R – радиус барабана по концам гребёнок, α – угол отклонения гребёнки от радиуса, ρ – плотность воздуха, s – площадь зерна сои, g – ускорение свободного падения, φ_0 – начальный угол установки гребёнок, t – время.

Частное решение уравнения:

$$y = e^{f\omega t} \left(C_1 \cos(\omega \sqrt{1-f^2} t) + C_2 \sin(\omega \sqrt{1-f^2} t) \right) + \frac{g(\cos(\alpha - \varphi_0) - f \cdot \sin(\alpha - \varphi_0))}{2 \cdot f \cdot \omega^2} \cos \omega t - \frac{g(\cos(\alpha - \varphi_0) + \sin(\alpha - \varphi_0))}{2 \cdot f \cdot \omega^2} \sin \omega t + C, \quad (2)$$

$$C_1 = -\frac{g[\cos(\alpha - \varphi_0) - f \cdot \sin(\alpha - \varphi_0)]}{2f \cdot \omega^2} + C, \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{g(f \cdot \cos(\alpha - \varphi_0) - \sin(\alpha - \varphi_0))}{2 \cdot f \cdot \omega^2 \sqrt{1-f^2}} + \frac{g(\cos(\alpha - \varphi_0) - f \cdot \sin(\alpha - \varphi_0))}{2 \cdot \omega^2 \sqrt{1-f^2}} + \frac{C}{\omega \sqrt{1-f^2}}, \quad (4)$$

$$C = f \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2g} \rho \cdot s \cdot \omega^2 \cdot R^2 - \omega^2 \cdot r \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

Найденное частное решение уравнения позволяет получить время схода зерна сои с гребёнки в зависимости от её угла наклона гребёнки, угловой скорости вращения барабана, радиуса барабана и длины гребёнки.

Вычисленные значения коэффициентов C , C_1 и C_2 позволяют построить графики движения зерна по гребёнке очёсывающего барабана для следующих условий: $\alpha = 30, 45, 50, 60^\circ$ и $\omega = 30, 35, 40 \text{ с}^{-1}$, $r = 175 \text{ мм}$ (таблица 1).

Таблица 1 – Значения коэффициентов $[C]$, $[C_1]$, $[C_2]$

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\alpha = 30^\circ$			$\alpha = 45^\circ$			$\alpha = 50^\circ$			$\alpha = 60^\circ$		
	C	C_1	C_2	C	C_1	C_2	C	C_1	C_2	C	C_1	C_2
30	-84,6	0,089	-0,052	-45	0,047	-0,021	-28,58	0,03	-0,008	0,33	0,00	0,012
35	-112,9	0,088	-0,081	-58,2	0,045	-0,023	-38,95	0,03	-0,012	0,45	0,00	0,008
40	-147,46	0,089	-0,083	-80	0,048	-0,027	-50,87	0,03	-0,015	0,58	0,00	0,006

Принимая во внимание, что при угловой скорости вращения 35 с^{-1} половина оборота барабана осуществляется приблизительно за $0,1 \text{ с}$, и решив уравнение в диапазоне полуоборота при $\omega = 30, 35, 40 \text{ с}^{-1}$, различных углах установки гребёнки ($30, 45, 50, 60^\circ$,

относительно радиуса барабана для барабана $r = 175 \text{ мм}$, с интервалом $t = 0,01 \text{ с}$, построены графики перемещения зёрен вдоль зуба очёсывающей гребёнки в зависимости от угловой скорости вращения и углов установки гребёнки (рисунки 2, 3).

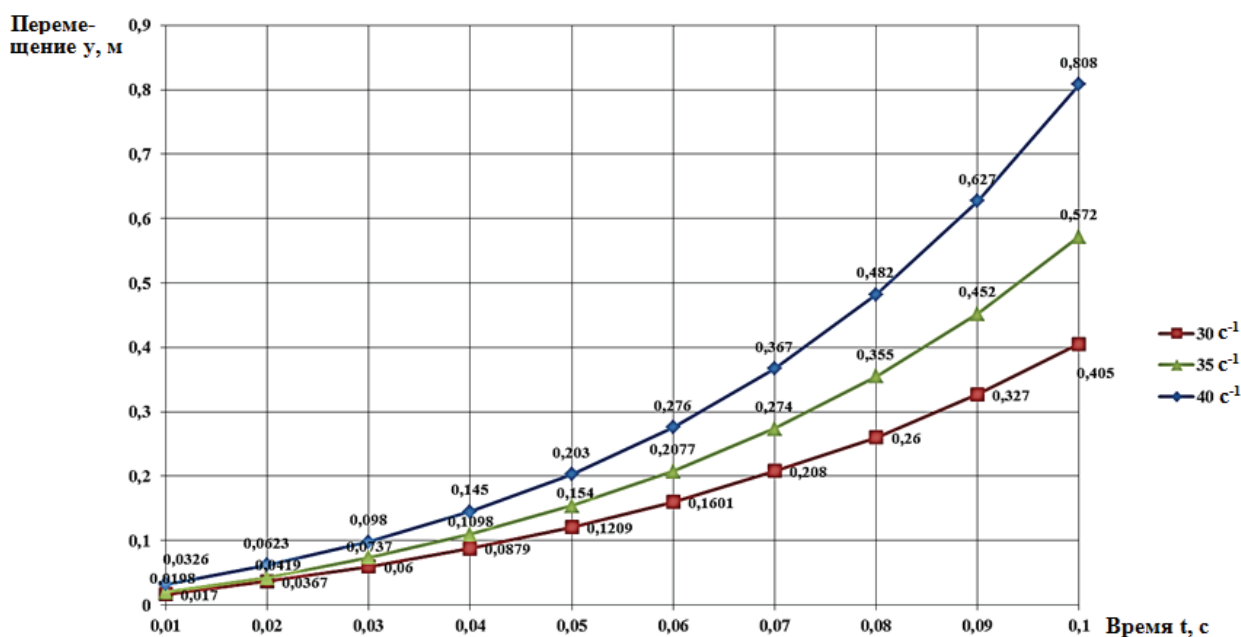


Рисунок 2 – Перемещение зёрен вдоль зуба очёсывающей гребёнки в зависимости от угловой скорости вращения барабана ($30, 35, 40 \text{ с}^{-1}$) и угле установки гребёнки относительно радиуса барабана 30°

На рисунке 2 видно, что при увеличении угловой скорости вращения ω , величина перемещения зерна по гребёнке увеличивается. Поэтому дальнейшие построения графиков представлены только для минимальной угловой скорости вращения 30 с^{-1} .

Из анализа представленных зависимостей (рисунок 3) определен максимально возможный угол установки гребёнки на

очёсывающем барабане и его значение составляет 50° , и длина гребёнки при этом не должна превышать 200 мм . При углах установки гребёнок более 50° , очёсанные зёрна не успевают своевременно сойти с гребёнки и попасть в накопительный бункер за счёт прижатия зёрен центробежной силой и возникающей силой трения, что приводит к выбросу очёсанных зёрен в любой точке, в том

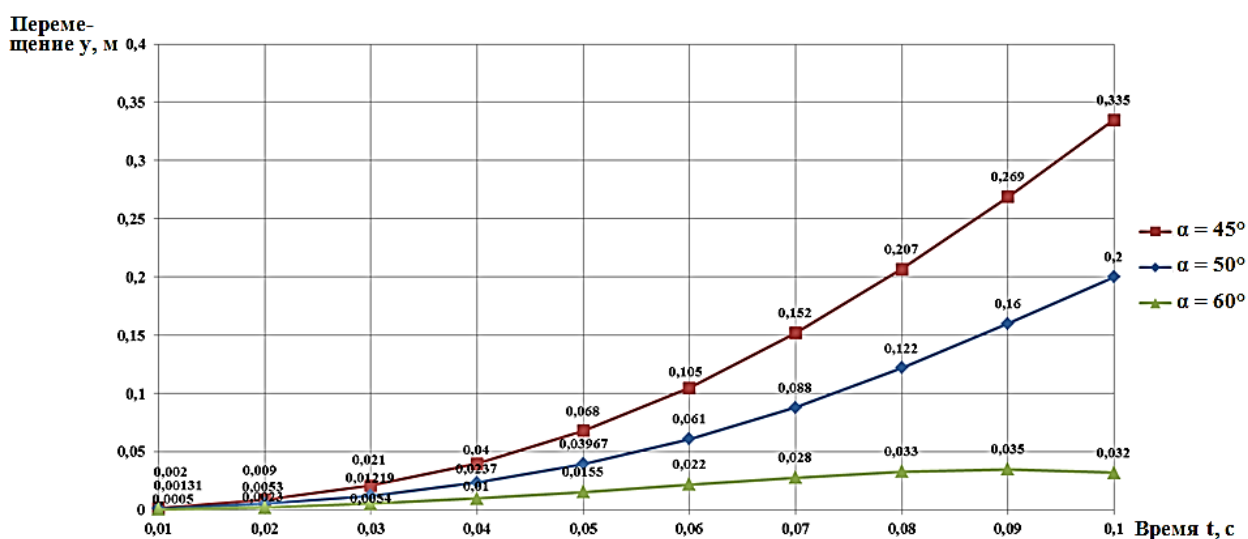


Рисунок 3 – Перемещение зёрен вдоль зуба очёсывающей гребёнки при угловой скорости вращения барабана 30 с^{-1} и угле установки гребёнки относительно радиуса барабана $\alpha = 45^\circ, 50^\circ, 60^\circ$

числе вниз и вперёд жатки по ходу движения комбайна.

При угле установки гребёнки более 60° возникающая сила скоростного напора и сила трения зерна о гребёнку сравнивается с центробежной силой и препятствует сходу зерна с гребёнки.

Научная значимость проведённых исследований заключается в том, что полученные формулы позволяют получить оптимальные

углы установки гребёнок на очёсывающем барабане в зависимости от диаметра барабана, угловой скорости вращения барабана. Данная формула может быть использована для теоретических расчётов параметров гребёнок для очёса различных сельскохозяйственных растений.

Полученные данные были учтены при проведении исследований по очёсу растений сои в 2020 году (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты эксперимента по очёсу растений сои в 2020 году, сорт «Умка»

№ варианта	Скорость движения агрегата V , км/ч	Угловая скорость вращения очёсывающего барабана ω , об./мин	Общие потери, г / м ²	Общие потери, %	Потери за жаткой, % (без учёта естественных потерь)
1	6	300	89,3	31,5	26,4
2	8,5	300	60,1	21,2	16,1
3	11	300	39,7	14,0	8,9
4	6	350	45,1	15,9	10,8
5	8,5	350	46,5	16,4	11,3
6	11	350	36,9	13,0	7,9
7	6	400	37,7	13,3	8,2
8	8,5	400	43,9	15,5	10,4
9	11	400	85,9	30,3	25,2

Условия проведения эксперимента: биологическая урожайность – $283,5 \text{ г/м}^2$, естественные потери – $14,5 \text{ г/м}^2$, влажность зерна – 13 %, диаметр очёсывающего бара-

бана – 660 мм, междурядье – 30 см).

Из таблицы 2 видно, что минимальный уровень потерь за жаткой без учёта естественных потерь составляет 7,9 %. При этом

уровне потерь оптимальными показателями технологического процесса работы очёсывающей жатки при посеве с междурядьем 30 см являются угловая скорость вращения очёсывающего барабана (ω) 350 об./мин, скорость движения агрегата (V) 11 км/ч.

Выводы

Анализируя полученные данные результатов исследований, видно, что для убираемых методом очёса растений сои максимально возможный угол установки очёсывающих гребёнок относительно радиуса барабана составляет 50°. При задан-

ных угловых скоростях вращения и радиусе барабана 175 мм, длина зуба гребёнки не должна превышать 200 мм. Полученная формула позволяет выбирать оптимальные параметры очёсывающих гребёнок различных конфигураций, радиусов очёсывающих барабанов не только для растений сои, но и для любой убираемой сельскохозяйственной культуры методом очёса на корню. При учёте полученных данных был получен минимальный уровень потерь за очёсывающей жаткой 7,9 % при угловой скорости вращения очёсывающего барабана (ω) 350 об./мин и скорости движения агрегата (V) 11 км/ч.

Список источников

1. Кухмазов К. З., Орехов А. А., Тизов В. М., Федина Т. О. Снижение потерь зерна при уборке полеглых хлебов // *Нива Поволжья*. 2018. № 4 (49). С. 132–137.
2. Du, X., He, J., He, Y., Fang, D. Design and experiment of eccentric swing combing device for *Cerasus humilis* // *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 60. P. 89–98.
3. Chen, J., Zhao, J., Chen, Y., Bu, L., Hu, G., Zhang, E. Design and Experiment on Vibrating and Comb Brushing Harvester for *Lycium barbarum* // *Nongye Jixie Xuebao*. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2019. Vol. 50. P. 152–161.
4. Zhortuylov O., Soldatov V., Zhumatay G., Bekenov U., Zhortuylov A., Zhumabaev S. Parameters and operating modes of the working organs of the machine for harvesting forage grass seeds by comb on the root // *Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved)*. 2018. Vol. 63. No. 4. P. 547–554.
5. Dzhamburshin, A. S., Turymbetova, G. D. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops in Kazakhstan // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. P. 691–698.
6. Ростовцев Р. А., Татарнищев К. В. Динамические особенности очёса стеблей льна // *Достижения науки и техники в АПК*. 2007. № 4. С. 15–17.
7. Алдошин Н. В., Мосяков М. А. Результаты лабораторно-полевых исследований очёса белого люпина // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет им. В.П. Горюхина»*. 2018. С. 25–30. doi: 10.26897/1728-7936-2018-3-25-30.
8. Савин В. Ю. Определение усилий, необходимых для очёса колоса пшеницы // *Инженерные технологии и системы*. 2019. № 3. Том 29. С. 456–466. doi: 10.15507/2658-4123.029.201903.456-466.
9. Солнцев В. Н., Дерканосова Н. М. Снижение потерь семян люцерны при уборке // *Лесотехнический журнал*. 2014. № 3. С. 57–61. doi: 10.12737/6269.
10. Кузнецов Н. Г., Шарипов Р. В., Фёдорова О. А. Определение параметров молотильно – сепарирующего устройства инерционно-очесного типа // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2014. № 3 (35). С. 1–6.
11. Бурьянов А. И., Бурьянов М. А., Червяков И. В., Костыленко О. А. Результаты исследования характеристик растений озимой пшеницы сорта «Дмитрий» для обоснования параметров и режимов работы очёсывающей жатки // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 5 (53). С. 51–56.
12. Федин М. А., Кухарев О. Н., Семов И. Н. Определение потерь зерна за очёсывающей жаткой с ротором, оснащённым гребёнкой с тангенциальным каналом // *Нива Поволжья*. 2017. № 4 (45). С. 175–181.
13. Бурьянов А. И., Бурьянов М. А. Основы моделирования процесса очёса зерновых культур однобарабанной жаткой // *Техника и оборудования для села*. 2016. № 6. С. 10–17.
14. Жалнин Э. В. Основные задачи внедрения очёсывающих жаток «Озон» // *Сельский механизатор*. 2018. № 5. С. 10–11.
15. Астафьев В. Л., Иванченко П. Г., Малыгин С. Л. Эффективный способ накопления влаги зимних осадков и технические средства для его осуществления // *АПК России*. 2016. № 1. С. 59–64.
16. Федин М. А., Кухарев О. Н., Семов И. Н. Теоретические исследования ротора очёсывающей жатки // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. №4. С. 86–92.
17. Алдошин А. Н., Мосяков М. А. Совершенствование конструкции очёсывающих устройств для уборки зернобобовых культур // *Вестник федерального государственного образовательного учреж-*

дения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2018. № 2 (84). С. 23–27. doi: 10.26897/1728-7936-2018-2-23-27.

18. Алдошин Н. В., Лылин Н. А., Сибирёв А. В., Мосяков М. А. Обоснование параметров рабочих органов очесывающей жатки для уборки белого люпина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 58. С. 178–186. doi: 10.24411/2078-1318-2020-11178.

19. Бабицкий Л. Ф., Мищук С. А. Обоснование конструктивных параметров диаметального очесывающего устройства // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2017. №12 (175). С. 59–63.

20. Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Мазнев Д. С., Шульженко Е. А. Обоснование межосевого расстояния между барабанами в очесывающем устройстве // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 43–48.

21. Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Мазнев Д. С. Влияние режимных параметров работы очесывающей жатки на величину потерь при уборке сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 135–141. doi: 10.24411/1999-6837-2020-14060.

22. Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Синеговский М. О., Синеговская В. Т., Клеткина О. О. Каталог сортов сои / Благовещенск: ООО ИПК «ОДЕОН», 2021. 69 с.

23. Яблонский А. А., Никифорова В. М. Курс теоретической механики. Часть I. Статика. Кинематика. Москва : Высшая школа, 1966. 439 с.

24. Ипатова В. М., Пыркова О.А., Седов В. Н. Дифференциальные уравнения. Методы решений. Москва : МФТИ, 2012. 140 с.

References

1. Kukhmazov KZ, Orekhov AA, Tizov VM, Fedina TO. Snizhenie poter' zerna pri uborke poleglykh khlebov [Reduction of grain losses during harvesting of layed grain]. *Niva Povolzh'ya*. – *Niva of the Volga region*. 2018;4(49):132–137. (in Russ.).

2. Du, X., He, J., He, Y., Fang, D. Design and experiment of eccentric swing combing device for *Cerasus humilis*. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020;60:89–98.

3. Chen J, Zhao J, Chen Y, Bu L, Hu G, Zhang E. Design and Experiment on Vibrating and Comb Brushing Harvester for *Lycium barbarum*. Nongye Jixie Xuebao. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*. 2019;50:152–161.

4. Zhortuylov O, Soldatov V, Zhumatay G, Bekenov U, Zhortuylov A, Zhumabaev S. Parameters and operating modes of the working organs of the machine for harvesting forage grass seeds by comb on the root. *Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved)*. 2018;63;4:547–554.

5. Dzhamburshin AS, Turymbetova GD. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops in Kazakhstan. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017;8:691–698.

6. Rostovtsev RA, Tatarnitsev KV. Dinamicheskie osobennosti ochesa steblei l'na [Dynamic features of flax stalks tow]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK*. – *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2007;4:15–17. (in Russ.).

7. Aldoshin NV, Mosyakov MA. Rezul'taty laboratorno-polevykh issledovaniy ochesa belogo lyupina [Results of laboratory and field studies of white lupine feathers]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskii gosudarstvennyi universitet im. V.P. Goryachkina»*. – *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State University. V.P. Goryachkin*. 2018:25–30. (in Russ.). doi: 10.26897/1728-7936-2018-3-25-30.

8. Savin VYu. Opredelenie usilii, neobkhodimyykh dlya ochesa kolosa pshenitsy [Determining the effort required for combing an ear of wheat]. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*. – *Engineering Technologies and Systems*. 2019;29:3:456–466. (in Russ.). doi: 10.15507/2658-4123.029.201903.456-466.

9. Solntsev VN, Derkanosova NM. Snizhenie poter' semyan lyutserny pri uborke [Reducing losses of alfalfa seeds during harvesting]. *Lesotekhnicheskii zhurnal*. – *Forestry Engineering Journal*. 2014;3:57–61. (in Russ.). doi: 10.12737/6269.

10. Kuznetsov NG, Sharipov RV, Fedorova OA. Opredelenie parametrov molotil'no – separiruyushchego ustroystva inertsiionno – ochesnogo tipa [Determination of the parameters of the threshing-separating device of the inertial-tower type]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. – *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2014;3(35):1–6. (in Russ.).

11. Bur'yanov AI, Bur'yanov MA, Chervyakov IV, Kostylenko OA. Rezul'taty issledovaniya kharakteristik rastenii ozimoi pshenitsy sorta «Dmitrii» dlya obosnovaniya parametrov i rezhimov raboty ochesyvayushchei zhatki [The results of the study of the characteristics of plants of winter wheat variety "Dmitry" to justify the parameters and modes of operation of the stripping head]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. – *Grain economy of Russia*. 2017;5(53):51–56. (in Russ.).

12. Fedin MA, Kukharev ON, Semov IN. Opredelenie poter' zerna za ochesyvayushchei zhatkoi s

rotorom, osnashchennym grebenkoi s tangentsial'nym kanalom [Determination of grain losses behind a stripping header with a rotor equipped with a comb with a tangential channel]. *Niva Povolzh'ya*. – *Niva of the Volga region*. 2017;4(45):175–181. (in Russ.).

13. Bur'yanov AI, Bur'yanov MA. Osnovy modelirovaniya protsessa ochesa zernovykh kul'tur odnobarabannoi zhatkoi [Fundamentals of modeling the process of grain crops stripping with a single-drum harvester]. *Tekhnika i oborudovaniya dlya sela*. – *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2016;6:10–17. (in Russ.).

14. Zhalnin EV. Osnovnye zadachi vnedreniya ochesyvayushchikh zhatok «Ozon» [The main tasks of the introduction of stripping headers "Ozone"]. *Sel'skii mekhanizator*. – *Rural mechanic*. 2018;5:10–11.

15. Astaf'ev VL, Ivanchenko PG, Malygin SL. Effektivnyi sposob nakopleniya vlagi zimnikh osadkov i tekhnicheskie sredstva dlya ego osushchestvleniya [An effective method of accumulating moisture from winter precipitation and technical means for its implementation]. *APK Rossii*. – *Agro-industrial complex of Russia*. 2016;1:59–64. (in Russ.).

16. Fedin MA, Kukharev ON, Semov IN. Teoreticheskie issledovaniya rotora ochesyvayushchei zhatki [Theoretical studies of the stripping header rotor]. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. – *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2018;4:86–92. (in Russ.).

17. Aldoshin AN, Mosyakov MA. Sovershenstvovanie konstruktsii ochesyvayushchikh ustroystv dlya uborki zernobobovykh kul'tur [Improving the design of combing devices for harvesting leguminous crops]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V.P. Goryachkina"*. – *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2018;2(84):23–27. (in Russ.). doi: 10.26897/1728-7936-2018-2-23-27.

18. Aldoshin NV, Lylin NA, Sibirev AV, Mosyakov MA. Obosnovanie parametrov rabochikh organov ochesyvayushchei zhatki dlya uborki belogo lyupina [Justification of the parameters of the working bodies of the stripping header for harvesting white lupine]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2020;58:178–186. (in Russ.). doi: 10.24411/2078-1318-2020-11178.

19. Babitskii LF, Mishchuk SA. Obosnovanie konstruktivnykh parametrov diametral'nogo ochesyvayushchego ustroystva [Substantiation of the design parameters of the diametrical stripper]. *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavridy*. – *Proceedings of agricultural science of Taurida*. 2017;12(175):59–63. (in Russ.).

20. Sakharov VA, Kuvshinov AA, Maznev DS, Shul'zhenko EA. Obosnovanie mezhosevogo rasstoyaniya mezhdu barabanami v ochesyvayushchem ustroystve [Substantiation of the interaxal distance between the drums in a stripper]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*. – *Innovations in agriculture*. 2019;3(32):43–48. (in Russ.).

21. Sakharov VA, Kuvshinov AA, Maznev DS. Vliyanie rezhimnykh parametrov raboty ochesyvayushchei zhatki na velichinu poter' pri uborke soi [Influence of operating parameters of the stripping header on the amount of losses during soybean harvesting]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2020;4(56):135–141. (in Russ.). doi: 10.24411/1999-6837-2020-14060.

22. Fokina EM, Belyaeva GN, Sinegovskii MO, Sinegovskaya VT, Kletkina OO. *Katalog sortov soi* [Catalog of soybean varieties]. Blagoveshchensk : OOO IPK «ODEON»: 2021. 69 p. (in Russ.).

23. Yablonskii AA, Nikiforova VM. *Kurs teoreticheskoi mekhaniki. Chast' I. Statika. Kinematika* [Course of Theoretical Mechanics. Part I. Statics. Kinematics]. Moscow : Vysshaya shkola; 1966. 439 p. (in Russ.).

24. Ipatova VM, Pyrkova OA, Sedov VN. *Differentsial'nye uravneniya. Metody reshenii* [Differential Equations. Solution methods]. Moscow : MFTI, 2012; 140 p. (in Russ.).

Информация об авторах

В. А. Сахаров – ст. науч. сотр.;
А. А. Кувшинов – канд. техн. наук ст. науч. сотр.

Information about the authors

V. A. Sakharov – Senior Researcher;
A. A. Kuvshinov – Cand. Tech. Sci. Senior Researcher

**Статья поступила в редакцию 30.06.2023;
одобрена после рецензирования 11.08.2023;
принята к публикации 18.08.2023**

**The article was submitted 30.06.2023;
approved after reviewing 11.08.2023;
accepted for publication 18.08.2023**