

**Критерии авторства**

Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.10.2020 г

Одобрена после рецензирования 06.10.2020 г.

Принята к публикации 17.12.2020 г.

12. Utkov Yu.A., Bychkov V.V., Drincha V.M. Tekhnologicheskie i tekhnicheskie trebovaniya k sel'skokhozyaystvennym opryskivatelyam: monografiya [Technological and technical requirements for agricultural sprayers: monograph]. Moscow, FGBNU VSTISP, 2015: 183. (In Rus.)

**Contribution**

A.S. Dorokhov, I.A. Starostin, A.V. Eschin performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. A.S. Dorokhov, I.A. Starostin, A.V. Eschin have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 01.10.2020

Approved after reviewing 06.10.2020

Accepted for publication 17.12.2020

**ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 631.35

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-35-40

**ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЧЁСА ПРИ УБОРКЕ СОИ**

**САХАРОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ**<sup>✉</sup>, старший научный сотрудник

sakharov.v.a@mail.ru<sup>✉</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-3471-301X>

**КУВШИНОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**, канд. техн. наук, научный сотрудник

pzrk\_igla1992@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6332-5406>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои; 675027, Российская Федерация, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатевское шоссе, 19

**Аннотация.** Использование очёсывающих жаток для уборки сои является перспективным направлением совершенствования уборочного процесса. Метод очёса на корню позволит сократить время уборки за счёт увеличения рабочей скорости, повысить качество получаемой сельскохозяйственной продукции путём снижения дробления зерна, снизить антропогенную нагрузку уборочного агрегата на почву ввиду уменьшения количества и веса рабочих органов по сравнению с комбайнами с классическими схемами молотильно-сепарирующих устройств, обеспечить животноводство дешевым кормом – продуктами переработки зерносоевого вороха. Цель исследования – создание и совершенствование технических средств для уборки сои методом очёса на корню. Исследования проводились на сорте сои Лазурная. Представлены результаты очёса сои и состав зерносоевого вороха. Полученные экспериментальные данные указывают на снижение уровня потерь от неочёса при повышении скорости вращения очёсывающего барабана и снижении путевой скорости, но при этом значительно возрастают потери зерна сои на земле. С целью повышения качества уборки сои методом очёса рассмотрены перспективные решения модернизации очёсывающих жаток: установка дополнительного бitera, который будет предотвращать наматывание неочёсанных частей стеблей растений сои на барабан и их последующее обрывание; интеграция в конструкцию очёсывающей жатки сита для уменьшения процента сорной примеси; использование шарниров в креплениях очёсывающих гребёнок к барабану и ограничителя, способствующих предотвращению случайного контакта гребёнок с поверхностью поля.

**Ключевые слова:** соя, уборка, гребёнка, очёсывающая жатка, зерносоевый ворох.

**Формат цитирования:** Сахаров В.А., Кувшинов А.А. Возможности улучшения качества очёса при уборке сои // Агринженерия. 2021. № 1 (101). С. 35-40. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-35-40.

© Сахаров В.А., Кувшинов А.А., 2021



## ORIGINAL PAPER

## WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF COMBING WHEN HARVESTING SOYBEANS

VLADIMIR A. SAKHAROV<sup>✉</sup>, Senior Research Engineer

sakharov.v.a@mail.ru<sup>✉</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-3471-301X>

ALEKSEI A. KUVSHINOV, Research Engineer, PhD (Eng)

pzrk\_igla1992@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6332-5406>

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean Growing; 675027, 19, Ignatievskoe Ave., Blagoveshchensk, Amur Region, Russian Federation

**Abstract.** The use of combing headers for soy harvesting is a promising direction for improving the harvesting process. The method of combing standing crops will reduce the harvest time by increasing working speed, improve the product quality by reducing grain crushing, and minimize the anthropogenic impact of harvesters on the soil because of their reduced number and weight of their working units as compared to harvesters with conventional threshing-and-separating units. This modification will provide livestock industry with cheap feed resulting from grain-soybean heap processing. The purpose of the study was to design and improve technical means for harvesting soybeans with the method of combing. Research was conducted on the “Lazurnaya” soybean variety. The results of soybean weighing and the composition of the grain-soybean heap are presented. The obtained experimental data show a decrease in the loss from the non-combed fraction at increased combing drum speed and reduced ground speed, but this is accompanied by significantly increased loss of soybeans. To improve the quality of soybean harvesting using the combing method, promising solutions for the modernization of the combing headers are considered: installation of an additional beater, which will prevent unwinding of the uncombed parts of the soybean stalks on the drum and their subsequent breaking off; integration of a sieve into a combing header design to reduce the amount of impurities; the use of hinges to attach the comb to the drum and the stopper, which help prevent accidental contact of the comb with the field surface.

**Key words:** soybeans, harvesting, comb, combing header, grain-soybean heap.

**For citation:** Sakharov V.A., Kuvshinov A.A. Ways to improve the quality of combing when harvesting soybeans // Agricultural Engineering, 2021; 1 (101): 35-40. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-35-40.

**Введение.** Основные пути модернизации зерноуборочных комбайнов в настоящее время представляют собой интегрирование в узлы и механизмы датчиков и устройств контроля рабочего процесса. В отношении совершенствования рабочих органов ничего принципиально нового в будущем не предвидится. Классическая схема – жатка, включающая в себя режущий аппарат, мотовило с пальчиковым механизмом, приемную камеру с транспортером, молотильно-сепарирующее устройство, систему очистки, зерновой бункер и систему измельчения. На привод этих всех механизмов тратится энергии до 70 МДж/т зерна.

На сегодняшний день эффективным способом уборки сельскохозяйственных культур с наименьшими затратами является метод очёса растений на корню. В условиях повышенной влажности зерна, высокой засоренности посевов и возможного полегания растений использование очёсывающих жаток является наиболее перспективным.

При анализе иностранных источников литературы особое внимание стоит обратить на то, что проблема очёса сельскохозяйственных культур (в частности, бобовых) изучена слабо.

В исследованиях [1] рассмотрено эксцентрическое качающееся очёсывающее устройство для уборки кустарниковой вишни *S. humilis*. Ведутся исследования по повышению эффективности и снижению повреждаемости при уборке *L. barbarum* [2] путем разработки портативного вибро-гребенчатого щеточного комбайна. Представлены результаты исследований по разработке и обоснованию параметров и режимов рабочих органов машины для уборки семян кормовых трав [3]. В статье [4] приведено

теоретическое обоснование оптимальной компоновки очёсывающего устройства для уборки зерновых культур.

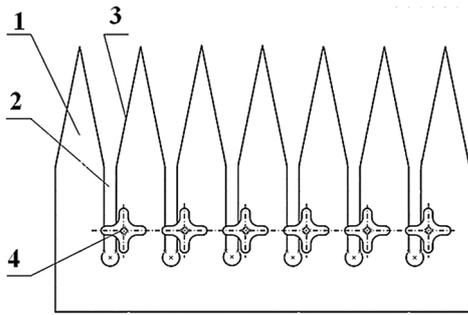
Жатки, работающие по принципу очёса растений на корню, апробированы на уборке таких культур, как лён [5], белый люпин [6], пшеница [7], люцерна [8], веничный сорго [9]. Ведутся исследования по применению метода очёса на корню при уборке растений сои в Дальневосточном регионе Российской Федерации.

**Цель исследований:** создание и совершенствование технических средств для уборки сои методом очёса на корню.

**Материал и методы.** Исследования проводились на сорте сои Лазурная. Сою убирали очёсывающей жаткой, навешенной на трактор Т-150К на разных абсолютных скоростях очёсывающих гребенок. Ранее предложены пути модернизации полевой машины для уборки сои методом очёса [10]. Авторами предлагаются пути модернизации очёсывающей жатки для уборки сои. Для наиболее полного очёса растений, в частности, бобов, расположенных с противоположной стороны стебля относительно хода движения уборочного комбайна, предназначена гребёнка, представленная на рисунке 1 [11].

В гребенке для качественного очёса сои на зубе закреплено устройство крестообразной формы, свободно вращающееся на оси. При очёсе стебель растения надавливает на устройство, заставляя его вращаться вокруг своей оси.

Стебель попадает в промежуток, который ограничен пазом между зубьями и устройством крестообразной формы. При протяжении стебля имеет место процесс очёса со всех сторон стебля кромками паза гребёнки и устройством крестообразной формы.



**Рис. 1. Гребенка для очёса сои:**

1 – зубья; 2 – зазор; 3 – кромка;  
4 – устройство крестообразной формы

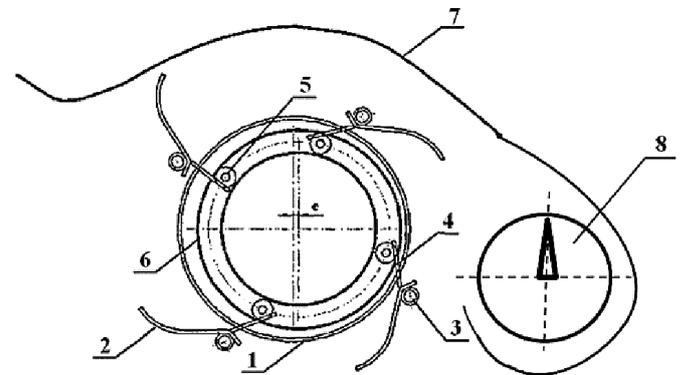
**Fig. 1. Comber for soybean combing:**

1 – teeth; 2 – gap; 3 – edge; 4 – cross-shaped device

Указанная гребенка для очёса позволяет улучшить качество уборки урожая сои. На рисунке 2 показано очёсывающее устройство с копирами [12]. Устройство состоит из корпуса, барабана с очёсывающими гребёнками с поводками, копира с возможностью перемещения относительно барабана. Гребёнки на барабан крепятся шарнирно. Над барабаном установлен кожух. Благодаря поводкам, заканчивающимся роликами, движущимися по пазу копира, гребёнки в процессе вращения совершают колебания относительно барабана. Изменяя положение копира (изменяя эксцентриситет), изменяется амплитуда колебания гребёнок, что в итоге ведёт к изменению траектории их движения.

Для упрощения предыдущей конструкции гребенки для очёса боба, находящегося за стеблем относительно движения комбайна, зубья очёсывающих гребенок (рис. 3) в плане имеют разворот вправо и влево на угол около  $15^\circ$ , и расположение их на барабане чередуется. Благодаря тому, что поводки гребёнок движутся по эксцентрично расположенному копиру, гребёнка входит в стеблестой максимально поджатой к барабану, постепенно раскрываясь в процессе очёса, очёсывая в рабочей зоне в движении, близком к плоскопараллельному, производя очёс бобов. Далее по инерции и увлекаемые воздушным потоком, очёсанные бобы и зерна попадают на шнековый транспортер

и по наклонному транспортеру поступают в накопительный бункер. Изменяя положение копира относительно очёсывающего барабана, изменяем траекторию движения очёсывающих гребёнок, добиваясь максимального качества уборки с минимальными потерями.

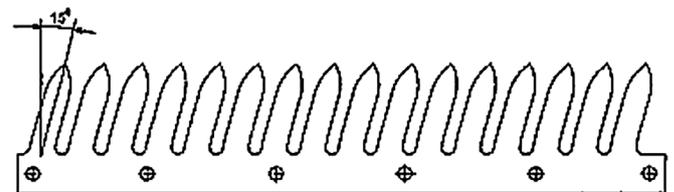


**Рис. 2. Очёсывающее устройство с копирами:**

1 – барабан; 2 – очёсывающие гребенки; 3 – шарниры;  
4 – поводки; 5 – ролики; 6 – копиры; 7 – корпус; 8 – шнек

**Fig. 2. Combing device with copiers:**

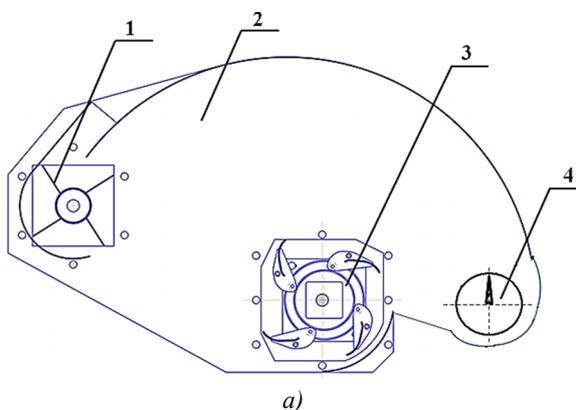
1 – drum; 2 – combing fingers; 3 – hinges;  
4 – leashes; 5 – rollers; 6 – copiers; 7 – housing; 8 – auger



**Рис. 3. Гребенка со скошенными зубьями**

**Fig. 3. Comber with tapered teeth**

**Результаты и обсуждение.** Указанная конструкция очёсывающей жатки (рис. 4) позволяет производить уборку сои при различных неблагоприятных условиях (полеглость, повышенная влажность, наличие сорняков), а также снизить общие затраты на проведение уборочных работ.



**Рис. 4. Очёсывающая жатка:**

а) общий вид: 1 – битей; 2 – корпус жатки; 3 – нижний очёсывающий барабан; 4 – выгрузной шнек;  
б) очёсывающая жатка в поле

**Fig. 4. Combing header:**

а) general view: 1 – upper combing drum; 2 – header housing; 3 – lower combing drum; 4 – discharge screw;  
б) combing header in the field

Проведенные ранее полевые опыты с изменением высоты установки обтекателя показали, что установка его на уровне 500 мм от поверхности поля при средней высоте стеблестоя 650 мм даёт наилучшие показатели по величине потерь. Высота установки жатки относительно поверхности поля определяется исходя из высоты прикрепления нижнего боба, присущего очёсываемому сорту сои. В случае очёса сои сорта Лазурная расстояние между гребёнками и полем составляла около 80 мм.

Абсолютная скорость очёсывающей гребенки максимальна в нижней точке очёсываемого растения (векторы угловой скорости и поступательной скорости направлены в одну сторону) и минимальны в верхней части растения (векторы скоростей направлены в противоположные стороны). При изменении сочетания угловой и поступательной скорости даже при равных абсолютных скоростях их результирующий вектор изменяет направление.

В таблице 1 представлены результаты очёса растений сои сорта Лазурная.

Таблица 1

## Показатели потерь при исследовании работы очёсывающей жатки на очёсе сои сорта Лазурная

Table 1

## Loss indicators in the study of the combing header operation on combing the Lazurnaya soybean variety

№ опыта <i>Experiment number</i>	Частота вращения очёсывающего барабана, мин <sup>-1</sup> / поступательная скорость трактора, км/ч <i>Combing drum speed, min<sup>-1</sup> / forward speed of the tractor, km/h</i>	Вес зерна со стеблей (неочёс), г/м <sup>2</sup> <i>Weight of grain with stalks (non-combed fraction), g/m<sup>2</sup></i>	Вес зерна на земле после прохода очёсывающей жатки, г/м <sup>2</sup> <i>Grain weight on the ground after passing the combing header, g/m<sup>2</sup></i>	Общие потери, г/м <sup>2</sup> (%) <i>Total loss, g/m<sup>2</sup> (%)</i>	Абсолютная скорость гребенки в момент очёса, м/с <i>Absolute speed of the fingers at the moment of combing, m/s</i>
1	500 /5	45,37	41,48	85,85 (31,8)	10,56
2	500 /7	44,73	41,28	86,02 (31,9)	11,11
3	500 /9	27,16	19,16	46,22 (17,1)	11,67
4	650 /5	23,41	36,23	59,32 (22,0)	13,31
5	650 /7	15,15	42,95	58,1 (21,5)	13,86
6	650 /9	10,77	57,03	67,8 (25,1)	14,42
7	800 /5	1,52	55,57	57,09 (21,1)	16,06
8	800 /7	14,11	66,05	80,16 (29,7)	16,61
9	800 /9	13,96	64,41	78,37 (29,0)	17,17

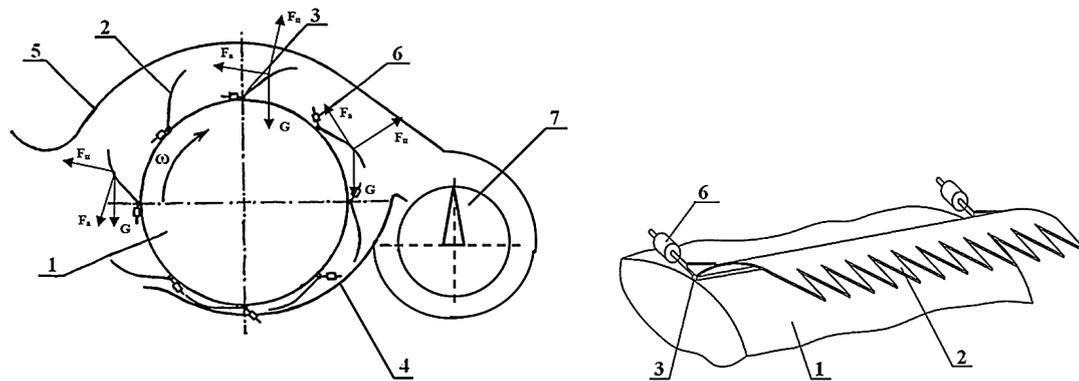
Результаты наглядно показывают уменьшение потерь от неочёса при увеличении частоты вращения очёсывающего барабана и снижении поступательной скорости трактора, но при этом значительно возрастают потери на земле. Необходимо найти решение данной проблемы путём изменения конфигурации очёсывающих гребёнок, установки улавливателей и других дополнений.

Основным недостатком данного устройства является дисбаланс очёсывающего барабана, вызывающий вибрацию при работе и снижающий ресурс опорных узлов и жатки в целом. К недостаткам данной конструкции можно также отнести сложность обеспечения соосности роликов гребёнки в копирах, что приводит к деформации гребёнок при вращении, повышенному нагреву роликов и их износу.

Предлагается очёсывающее устройство (рис. 5) с сохранением высокого качества очёса и снижением потерь убираемой культуры [13].

У данного очёсывающего устройства исключены копиры, а вместо роликов на противоположной стороне от зубьев гребёнки относительно шарнира на рычагах расположены противовесы с возможностью регулировки их положения, обеспечивающие состояние безразмерного равновесия гребёнок относительно их оси вращения.

Очёсывающее устройство содержит барабан, очёсывающие гребёнки, которые крепятся к барабану с помощью шарниров и имеют возможность изменять угол наклона относительно барабана. В нижней части барабана установлен ограничитель, препятствующий раскрытию гребёнок. Благодаря ограничителю уменьшается минимальная высота очёса, исключается контакт гребёнок с поверхностью земли.



**Рис. 5. Очёсывающее устройство:**

1 – барабан; 2 – очёсывающие гребёнки; 3 – шарниры; 4 – ограничитель; 5 – обтекатель; 6 – противовесы; 7 – выгрузной шнек;  $\omega$  – частота вращения;  $F_a$  – аэродинамическая сила;  $F_{ц}$  – центробежная сила;  $G$  – сила тяжести

**Fig. 5. Combing device:**

1 – drum; 2 – combing fingers; 3 – hinges; 4 – limiter; 5 – fairing; 6 – counterweights; 7 – discharge screw;  $\omega$  – rotation speed;  $F_a$  – aerodynamic force;  $F_{ц}$  – centrifugal force;  $G$  – the force of gravity

При вращении барабана на холостом ходу на гребёнку действуют сила тяжести  $G$  и зависящие от частоты вращения  $\omega$  центробежная сила  $F_{ц}$  и аэродинамическая сила  $F_a$ . Аэродинамическая сила (от сопротивления воздуха на вращающиеся гребёнки) направлена на раскрытие гребёнки. В рабочем режиме дополнительно возникает сила сопротивления бобов срез, направленная на раскрытие гребёнок.

Гребёнка в нижнем положении удерживается от раскрытия регулируемым ограничителем, обеспечивает вход гребёнки в стеблестой по горизонтали, исключает обрыв бобов и выброс их вперед по ходу движения жатки.

Данное устройство обеспечит повторяемость кинематических режимов предыдущей очёсывающей жатки, устранив основной её недостаток – дисбаланс при вращении очёсывающего барабана. Указанное устройство позволит производить уборку сои с минимальными потерями.

К недостаткам можно отнести высокую сложность динамической балансировки данного устройства.

При неправильной балансировке возникают значительные силы трения гребёнок об ограничитель, приводящие к их преждевременному износу.

### Выводы

1. Несмотря на то, что метод очёса повсеместно внедряется в процессе уборки зерновых культур, к уборке сои на сегодняшний день он не адаптирован.

2. Предлагаемые варианты конструкции очёсывающих жаток позволят выполнять уборку сои в более короткие сроки и сократить общие потери зерна от естественного осыпания. Очёсывающие жатки хорошо зарекомендовали себя на уборке полёглых растений.

3. Необходимо вести поиск вариантов конструкции, способствующих сокращению общих потерь зерна, например, с помощью мотовила, скорость которого синхронизирована со скоростью уборочного комбайна и нижние планки которого неподвижны относительно поля и предотвращают вылет очёсанных бобов и зерна вперед по ходу движения очёсывающей жатки.

### Библиографический список

1. Xiaobin Du, Junlin He, Yongqiang He and Dawei Fang. Design and experiment of eccentric swing combing device for *Cerasus humilis*. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 2020; 60 (1): 89-98. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-10>.
2. Chen J., Zhao J., Chen Y. et al. 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. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2019.01.016.
3. Zhortuylov O., Soldatov V., Zhumatay G. et al. 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.
4. Dzhamburshin A.S., Turymbetova G.D. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops in Kazakhstan.

### References

1. Xiaobin Du, Junlin He, Yongqiang He and Dawei Fang. Design and experiment of eccentric swing combing device for *Cerasus humilis*. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 2020; 60 (1): 89-98. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-10>.
2. Chen J., Zhao J., Chen Y. et al. 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. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2019.01.016
3. Zhortuylov O., Soldatov V., Zhumatay G., et al. 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.
4. Dzhamburshin A.S., Turymbetova G.D. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops

*International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2017; 8 (11): 691-698. URL: <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=8&IType=11>.

5. Ростовцев Р.А., Татарнищев К.В. Динамические особенности очёса стеблей льна // Достижения науки и техники в АПК. 2007. № 4. С. 15-17.

6. Алдошин Н.В., Мосяков М.А. Результаты лабораторно-полевых исследований очёса белого люпина // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018. № 3(85). С. 25-30. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-25-30.

7. Савин В.Ю. Определение усилий, необходимых для очёса колоса пшеницы // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29. № 3. С. 456-466. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201903.456-466.

8. Солнцев В.Н., Дерканосова Н.М. Снижение потерь семян люцерны при уборке // Лесотехнический журнал. 2014. № 3. С. 57-61.

9. Кузнецов Н.Г., Шарипов Р.В., Федорова О.А. Определение параметров молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2014. № 3 (35). С. 190-195.

10. Панасюк А.Н., Сахаров А.В., Кувшинов А.А. и др. Влияние конструктивно-режимных параметров работы очёсывающего устройства на величину потерь при уборке сои // Техника и оборудование для села. 2019. № 11. С. 18-21. DOI 10.33267/2072-9642-2019-11-18-21.

11. Гребёнка для очёса сои: патент № 2626633 Российская Федерация, МПК А01D41/08, А01D45/22 / Г.Н. Кряжевских, В.М. Ширяев, А.А. Кувшинов; заявл. 01.09.2016; опубл. 31.07.2017. Бюл. № 22.

12. Очёсывающее устройство: патент № 2697320 Российская Федерация, МПК А01D41/08 / В.А. Сахаров, А.Н. Панасюк, А.А. Кувшинов, Д.С. Мазнев; заявл. 06.08.2018; опубл. 13.08.2019. Бюл. № 23.

13. Очёсывающее устройство: патент № 189303 Российская Федерация, МПК А01D41/08 / В.А. Сахаров, А.А. Кувшинов, Д.С. Мазнев; заявл. 19.11.2018; опубл. 21.05.2019. Бюл. № 15.

*International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2017; 8 (11): 691-698. <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=8&IType=11>

5. Rostovtsev R.A., Tatarnitsev K.V. Dinamicheskie osobennosti ochesa stebley l'na [Dynamic features of combing flax stalks]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK*, 2007; 4: 15-17. (In Rus.)

6. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Rezul'taty laboratorno-polevykh issledovaniy ochesa belogo lyupina [Results of laboratory and field studies of combing white lupine]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2018; 3(85): 25-30. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-25-30 (In Rus.)

7. Savin V.Yu. Opredelenie usiliiy, neobkhodimyykh dlya ochesa kolosa pshenitsy [Determination of the effort required for combing wheat ears]. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy*, 2019; 29(3): 456-466. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201903.456-466 (In Rus.)

8. Solntsev V.N., Derkanosova N.M. Snizhenie poter' semyan lyutserny pri uborke [Reduction of alfalfa seed losses during harvesting]. *Lesotekhnicheskij zhurnal*, 2014; 3: 57-61. (In Rus.)

9. Kuznetsov N.G., Sharipov R.V., Fedorova O.A. Opredelenie parametrov molotil'no-separiruyushchego ustroystva inertsionno-ochesnogo tipa [Determination of parameters of an inertial-type threshing-and-separating unit]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*, 2014; 3(35): 190-195. (In Rus.)

10. Panasyuk A.N., Sakharov A.V., Kuvshinov A.A. et al. Vliyanie konstruktivno-rezhimnykh parametrov raboty ochesyvayushchego ustroystva na velichinu poter' pri uborke soi [Influence of structural and operating parameters of the combing device on the amount of losses during soybean harvesting]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2019; 11: 18-21. DOI 10.33267/2072-9642-2019-11-18-21 (In Rus.)

11. Kryazhevskikh G.N., Shiryaev V.M., Kuvshinov A.A. Grebenka dlya ochesa soi [Combing device for combing soybeans]: patent No. 2626633 Russian Federation, IPC A01D41/08, A01D45/22, 2017. (In Rus.)

12. Sakharov V.A., Panasyuk A.N., Kuvshinov A.A. et al. Ochesyvayushchee ustroystvo [Combing device]: patent No. 2697320 Russian Federation, IPC A01D41/08, 2019. (In Rus.)

13. Sakharov V.A., Kuvshinov A.A., Maznev D.S. Ochesyvayushchee ustroystvo [Combing device]: patent No. 189303 Russian Federation, IPC A01D41/08, 2019. (In Rus.)

### Критерии авторства

Сахаров В.А., Кувшинов А.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Сахаров В.А., Кувшинов А.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 02.10.2020 г.

Одобрена после рецензирования 21.10.2020 г.

Принята к публикации 15.01.2021 г.

### Contribution

V.A. Sakharov, A.A. Kuvshinov performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. V.A. Sakharov, A.A. Kuvshinov have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 02.10.2020

Approved after reviewing 21.10.2020

Accepted for publication 15.01.2021