

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115037>

Оригинальное исследование



Разработка и исследование нового сепарирующего устройства капустоуборочного комбайна

А.С. Алатырев, Н.А. Емельянов, И.С. Кручинкина, С.С. Алатырев

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Капустная листва и остатки сорной растительности составляют 15...20% продукции при машинной уборке капусты. Известные устройства, установленные на капустоуборочных машинах для отделения сопутствующих отходов, недостаточно качественно выполняют рабочий процесс. В этой связи разработано новое сепарирующее устройство.

Цель исследований – оценка эффективности функционирования нового сепарирующего устройства в составе капустоуборочного комбайна в лабораторных условиях.

Материалы и методы. Для проведения исследований сепарирующее устройство, выполненное в виде вращающегося вальца, установлено над полотном транспортер-обрезчика опытного капустоуборочного комбайна с зазором за выгрузной зоной режущего аппарата под углом α к направлению движения потока капусты. В лабораторных условиях исследовался рабочий процесс устройства путем подачи массы капусты (кочанов и капустных листьев) к вращающемуся вальцу, осуществляя привод блоков режущего аппарата и транспортер-обрезчика капустоуборочного комбайна от электродвигателя.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных опытов по программе ПФЭ-2² изучена зависимость качества функционирования (степени отделения листьев капусты от кочанов) в зависимости от процентного содержания листьев и размерно-массовых характеристик кочанов в потоке. При этом установлено, что разработанное устройство в целом функционирует устойчиво, процесс сепарации сопутствующих отходов протекает наиболее удачно при мелких и средних размерах кочанов с меньшим содержанием капустных листьев в потоке.

Заключение. Разработанное устройство удовлетворительно отделяет сопутствующие отходы от кочанов во всем диапазоне их содержания в потоке от 10 до 20 %, что соответствует реальным полевым условиям.

Ключевые слова: капустоуборочная машина; сепарирующее устройство; качество функционирования.

Для цитирования:

Алатырев А.С., Емельянов Н.А., Кручинкина И.С., Алатырев С.С. Разработка и исследование нового сепарирующего устройства капустоуборочного комбайна // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 1. С. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115037>

Рукопись получена: 02.12.2022

Рукопись одобрена: 01.03.2023

Опубликована онлайн: 15.03.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115037>

Original Study Article

Development and research of a new separating device for a cabbage harvester

Alexey S. Alatyrev, Nikolay A. Emelyanov, Irina S. Kruchinkina, Sergey S. Alatyrev

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The 15–20% of the product of machine harvesting of cabbage are cabbage leaves and the remains of weeds. Known devices installed at cabbage harvesters for separating associated waste products do not operate with sufficient quality. In this regard, a new separating device has been developed.

AIMS: Assessment of the effectiveness of operation of a new separating device in assembly with a cabbage harvester in laboratory conditions.

MATERIALS AND METHODS: In order to carry out the research, a separating device made in the form of a rotating roller is in-stalled above the web of the conveyor-cutter of the experimental cabbage harvester with a gap behind the unloading zone of the cutting device at the α angle to the direction of the cabbage flow. Under laboratory conditions, the working process of the device was studied by supplying a mass of cabbage (heads and cabbage leaves) to the rotating roller, driving the blocks of the cutting device and the conveyor-cutter of the cabbage harvester from the electric motor.

RESULT: As a result of the experiments carried out under the PFE-2² program, the dependence of the operation quality (the degree of separation of cabbage leaves from heads) on the leaves percentage and the size-mass characteristics of heads in the flow was studied. At the same time, it was found that the developed device as a whole operates steadily, the process of separation of associated waste products proceeds most successfully with small and medium sizes of heads and a lower content of cabbage leaves in the flow.

CONCLUSIONS: The developed device separates the associated waste products from heads of cabbage sufficiently in the entire range of their content in the flow from 10 to 20%, which is typical for real field conditions.

Keywords: *cabbage harvester; separating device; operation quality.*

Cite as:

Alatyrev AS, Emelyanov NA, Kruchinkina IS, Alatyrev SS. Development and research of a new separating device for a cabbage harvester. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023;90(1):25–31. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-115037>

Received: 02.12.2022

Accepted: 01.03.2023

Published online: 15.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

При машинной уборке кочанной капусты в потоке убираемой массы, 15...20% составляют отходы (листья капусты, потерявшие связь с кочанами, остатки сорной растительности и другие примеси) [1]. Кроме того, часть кочанов требует доработки до товарного вида, предусмотренного соответствующим ГОСТом [2].

Для отделения сопутствующих отходов от кочанов в потоке предлагались различные устройства (листоотделители) [3, 4]. Из них нашли практическое применение в капустоуборочных машинах МСК-1 (Россия) шнековый [5], Е-800 – наклонная «горка» и вальцевый с шипами – в машине «Pustika» (Германия) [1]. Указанные листоотделительные устройства не лишены недостатков. Так, полнота выделения ими сопутствующих отходов не превышает 65% при поступлении потока капусты слоем в один кочан, а при поступлении его слоем 2...3 кочана – и того меньше [6]. К тому же, названные устройства существенно повреждают кочаны в процессе сепарации сопутствующих отходов в потоке. В силу указанных причин, представляются актуальными разработка и оценка эффективности нового сепарирующего устройства применительно в перспективных капустоуборочных машинах.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследования является оценка эффективности функционирования нового сепарирующего устройства в составе капустоуборочного комбайна в лабораторных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели данное устройство, основанное на новом техническом решении [7], установлено на опытном капустоуборочном комбайне [8] конструкции Чувашского государственного аграрного университета. Оно выполнено в виде вальца 1 (рис. 1), покрытого мягкой резиной, установленного над полотном 2 транспортер-обрезчика капустоуборочного комбайна с зазором за выгрузной зоной режущего аппарата 3 под тупым углом α к направлению движения потока капусты.

Зазор между поверхностью вальца 1 и полотном 2 транспортер-обрезчика выполнен не превышающим минимального размера товарных кочанов.

В устройстве валец приводится во вращение цепной передачей 4 через редуктор 5 в сторону вращения отклоняющих звездочек полотна транспортер-обрезчика.

Устройство функционирует следующим образом. Во время работы комбайна поток, убранный режущим аппаратом 3, массы капусты (кочаны капусты, листья ее

и прочие примеси) поступает на транспортер-обрезчик и подводится полотном последнего к вращающемуся вальцу 1. Здесь кочаны сталкиваются поочередно под действием силы трения со стороны вальца в дальний угол транспортер-обрезчика. Далее при непрерывном движении полотна транспортер-обрезчика формируется поток кочанов в один ряд по его краю. В то же время листья капусты и другие отходы проходят в зазоре под вальцом 1 и в последующем отгружаются в конце транспортер-обрезчика на землю.

В это время, рабочие 7, находящиеся на платформе комбайна рядом с транспортер-обрезчиком, инспектируют поток кочанов. В ходе инспектирования отбирают кочаны с длинными кочерыгами и розеточными листьями и вставляют их в отверстия 8 пластин полотна. В последующем они при встрече с пассивным ножом повторно обрезаются по принципу гильотины и поступают в промежуток между упругими отражателями 10, которые их ориентируют в середину пруткового элеватора 11, что оберегает их от повреждений со стороны тяговых контуров. Заметим, что при повторной обрезке кочерыг снова появляются свободные от кочанов листья, которые отсеиваются на землю на прутковом элеваторе, а товарные кочаны отгружаются в конце элеватора в кузов, сопровождающего транспортного средства, или в контейнеры, установленные в нем.

Рабочий процесс описанного устройства проверен в лабораторных условиях. При этом в круг задач исследований входило определение качества функционирования листоотделительного устройства в зависимости от процентного содержания x_1 листьев капусты и размерно-массовых характеристик x_2 кочанов в потоке капусты.

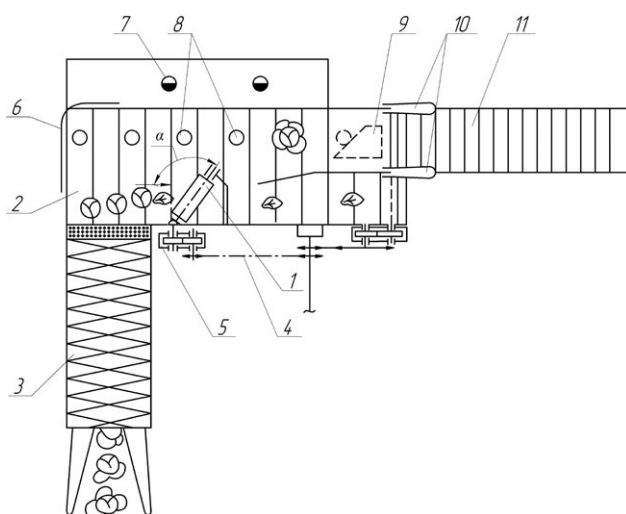


Рис. 1. Схема размещения нового сепарирующего устройства в опытном капустоуборочном комбайне.

Fig. 1. Scheme of placement of the new separating device in the experimental cabbage harvester.

Лабораторная установка (рис. 2), состоящая из блоков режущего аппарата 1 и транспортер-обрезчика 2 с листоотделителем 3 подключалась к электроприводу 4 с частотой вращения вала 540 об/мин, равной частоте вращения вала отбора мощности агрегирующего комбайн трактора в номинальном режиме работы его двигателя.

Исследования проводились в следующей последовательности. Перед каждым опытом подготавливали пробы капусты в соответствующем процентном соотношении по массе кочанов и капустных листьев путем взвешивания на электронных весах. Далее эту пробу капусты размещали в режущем аппарате, имитируя полевые условия (см. рис. 2). Затем, после включения в работу привода капустная масса поступала потоком на полотно

транспортер-обрезчика (рис. 3), а затем к вальцу сепарирующего устройства. Здесь кочаны отделялись от капустной листвы и откатывались на край полотна, а листья потоком проходили под вальцом и отгружались на пол. В то же время кочаны капусты также проходили потоком по краю полотна в зону расположения элеватора.

После каждой реализации собирали отсепарированные листья и взвешивали их, что позволяло оценить качество функционирования сепарирующего устройства в зависимости от названных выше факторов процесса.

Опыты проводились по программе ПФЭ-2² в трехкратной повторности. При этом уровни варьирования факторов (табл. 1) определяли на основе априорной информации и поисковых опытов.



Рис. 2. Общий вид лабораторной установки.

Fig. 2. General view of the laboratory rig.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Table 1. Levels of factor variation

Факторы	Кодированное обозначение факторов	Натуральные значения факторов	
		Верхний +1	Нижний -1
Процентное содержание листьев капусты относительно массы кочанов в пробе	x_1	20	10
Средние диаметр и масса кочанов, $\frac{см}{кг}$	x_2	$\frac{18,8}{3,318}$	$\frac{15,3}{1,326}$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

План и результаты опытов представлены в табл. 2. Полученные результаты опытов подверглись регрессивному анализу по программе Statistica 10 на персональном компьютере.

В результате реализации опытов была получена адекватная (по F – критерию Фишера, вероятность $p = 0,95$) регрессионная модель процесса:

$$Y = 77,9 - 10,9x_1 - 3,8x_2 + 2,6x_1x_2.$$

Согласно данному выражению на рис. 4 показана поверхность отклика исследованного процесса.

Анализируя результаты исследований, можно заключить, что разработанное устройство, в целом, функционирует устойчиво. В процессе работы оно в достаточной степени отделяет сопутствующие отходы от кочанов капусты в потоке. При этом, заметим, что процесс сепарации сопутствующих отходов протекает наиболее удачно при мелких кочанах капусты с меньшим содержанием листьев в потоке капусты. Полученные результаты имеют

вполне реальный физический смысл. Так, с увеличением процентного содержания листьев капусты в потоке усложняется процесс их сепарации. Поэтому, имеет место некоторое снижение процента отсеянных листьев в потоке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты лабораторных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В капустоуборочных машинах возможна сепарация сопутствующих отходов в потоке с помощью вальцевого листоотделителя.
2. Практическая реализация разработанного устройства в перспективных капустоуборочных машинах позволит повысить эффективность их работы.
3. Данное устройство достаточно полно отделяет сопутствующие отходы во всем диапазоне их содержания в потоке от 10 до 20%, что характерно реальным полевым условиям.
4. Целесообразно проверить разработанное устройство в полевых условиях.



Рис. 3. Работа сепарирующего устройства.

Fig. 3. Operation of the separating device.

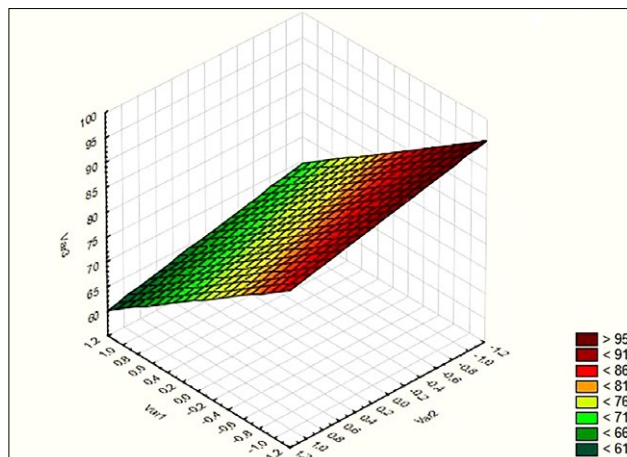


Рис. 4. Зависимость процента отсеянных капустных листьев от факторов процесса.

Fig. 4. The dependence of the percentage of sifted cabbage leaves on the process factors.

Таблица 2. Результаты опытов

Table 2. Experimental results

Номер опыта	Факторы		Процент отсеянных капустных листьев			
	x_1	x_2	Y_1	Y_2	Y_3	\bar{Y}_j
1	-1	-1	100	91,21	95,1	95,4
2	+1	-1	62,3	72,35	70,35	68,3
3	-1	+1	80,9	82,28	84,14	82,4
4	+1	+1	69,8	67,36	68,37	65,8

Y_1, Y_2, Y_3 – соответственно проценты отсеянных листьев при первом, втором и третьем повторах опытов;

\bar{Y}_j – среднее значение процента отсеянных листьев капусты.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. А.С. Алатырев и Н.А. Емельянов — анализ публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; И.С. Кручинкина — создание изображений, редактирование текста рукописи; С.С. Алатырев — экспертная оценка, утверждение финальной версии. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алатырев С.С., Кручинкина И.С., Алатырев А.С. Техника и технологии для уборки кочанной капусты (обзор, теория, технологический расчет, развитие). Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2020.
2. ГОСТ Р 51809-2001 Капуста белокочанная свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010. Дата обращения: 02.12.2022. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200026555>
3. Тончева Н.Н., Александрова У.В., Алатырев С.С., Кручинкина И.С. Устройство для сепарации вороха капусты от свободных листьев // Тракторы и сельхозмашины. 2013. Т. 80, № 1. С. 10–12. doi: 10.17816/0321-4443-65844
4. Алатырев С.С. Научно-методические основы и средства адаптации машин для уборки капусты к изменяющимся условиям функционирования: дис. ... д-ра техн. наук. Чебоксары, 2005.
5. Тихонов Н.И., Кирьянов А.В. Обоснование оптимальных параметров шнекового листоотделителя // Техника в сельском хозяйстве, 1996. № 1. С. 29–30.

REFERENCES

1. Alatyrev SS, Kruchinkina IS, Alatyrev AS. *Equipment and technologies for harvesting cabbage (review, theory, technological calculation, development)*. Cheboksary: ChGU im. I.N. Ulyanova; 2020. (in Russ).
2. GOST R 51809-2001 Kapusta belokochannaya svezhay, realizuemaya v roznichnoy trgovoy seti. Tekhnicheskie usloviya. Moscow: Standartinform; 2010. (in Russ). Accessed: 02.12.2022. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200026555>
3. Toncheva NN, Aleksandrova UV, Alatyrev SS, Kruchinkina IS. A device for separating a heap of cabbage from loose leaves. *Tractors and agricultural machinery*. 2013;80(1):10–12. (in Russ). doi: 10.17816/0321-4443-65844
4. Alatyrev SS. Nauchno-metodicheskie osnovy i sredstva adaptirovaniya mashin dlya uborki kapusty k izmenyayushchimsya usloviyam funktsionirovaniya [dissertation] Cheboksary; 2005. (in Russ).
5. Tikhonov NI, Kiryanov AV. Substantiation of the optimal parameters of the screw leaf divider. *Tekhnika v selskom khozyaystve*. 1996;1:29–30. (in Russ).

ADDITIONAL INFORMATION

Authors contribution. A.S. Alatyrev and N.A. Emelyanov — analysis of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript; I.S. Kruchinkina — creating images, editing the text of the manuscript; S.S. Alatyrev — peer review, approval of the final version. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Competing interests. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the study.

6. Антипин Н.В., Баранов В.С., Свирин С.Н. Анализ работы участка приема вороха на пункте послеуборочной обработки капусты // Технология и механизация производства картофеля и овощей на промышленной основе в Нечерноземной зоне РСФСР: Сб. научн. Трудов. Ленинград-Пушкин: НИПТИМЭСХ НЗ РСФСР, 1983. С. 45–47.
7. Патент РФ № 2769128 / 28.03.2022, Бюл. № 10. Алатырев А.С., Кручинкина И.С., Алатырев С.С. Капустоуборочный комбайн. Дата обращения: 02.12.2022. Режим доступа: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=2d5f8507102d388831876ea89d3c1e16>
8. Алатырев С.С., Кручинкина И.С., Алатырев А.С. Бережная машинная уборка капусты // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 2(58). С. 72–76. doi: 10.12737/2073-0462-2020-72-76

6. Antipin NV, Baranov VS, Svirin SN. Analysis of the operation of the heap receiving area at the point of post-harvest processing of cabbage. In: *Technology and mechanization of the production of potatoes and vegetables on an industrial basis in the Non-Chernozem zone of the RSFSR: Sat. scientific Proceedings*. Leningrad-Pushkin: NIPTIMESH NZ RSFSR; 1983:45–47. (in Russ).
7. Patent RUS № 2769128 / 28.03.2022, Byul. № 10. Alatyrev AS, Kruchinkina IS, Alatyrev SS. Kapustouborochnyy kombayn. (in Russ). Accessed: 02.12.2022. Available from: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=2d5f8507102d388831876ea89d3c1e16>
8. Alatyrev SS, Kruchinkina IS, Alatyrev AS. Careful machine harvesting of cabbage. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*; 2020;15(2(58)):72–76. (in Russ). doi: 10.12737/2073-0462-2020-72-76

ОБ АВТОРАХ

***Алатырев Алексей Сергеевич,**

канд. техн. наук,
доцент кафедры «Транспортно-технологические машины
и комплексы»;

адрес: Российская Федерация, 428034, Чебоксары,
ул. К. Маркса, д. 29;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3059-9352>;

eLibrary SPIN: 8101-2562;

e-mail: Leha.alatyrev@mail.ru

Емельянов Николай Андреевич,

аспирант кафедры «Транспортно-технологические машины
и комплексы»;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0475-2157>;

eLibrary SPIN: 1054-1770;

e-mail: emelya.kolya19977@yandex.ru

Кручинкина Ирина Сергеевна,

канд. техн. наук,
доцент кафедры «Математика, физика и информационные
технологии»;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4995-8706>;

eLibrary SPIN: 1986-5266;

e-mail: irinka58.84@mail.ru

Алатырев Сергей Сергеевич,

д-р техн. наук,
профессор кафедры «Транспортно-технологические машины
и комплексы»;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4694-2381>;

eLibrary SPIN: 7789-5968;

e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru

***Автор для переписки**

AUTHORS' INFO

***Alexey S. Alatyrev,**

Cand. Sci. (Tech.),
Associate Professor of the Transport and Technological Machines
and Complexes Department;

address: 29 K. Marxa street, 428034 Cheboksary,
Russian Federation;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3059-9352>;

eLibrary SPIN: 8101-2562;

e-mail: Leha.alatyrev@mail.ru

Nikolay A. Emelyanov,

Post-graduate student of the Transport and Technological
Machines and Complexes Department;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0475-2157>;

eLibrary SPIN: 1054-1770;

e-mail: emelya.kolya19977@yandex.ru

Irina S. Kruchinkina,

Cand. Sci. (Tech.),
Associate Professor of the Mathematics, Physics and Information
Technology Department;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4995-8706>;

eLibrary SPIN: 1986-5266;

e-mail: irinka58.84@mail.ru

Sergey S. Alatyrev,

Dr. Sci. (Tech.),
Professor of the Transport and Technological Machines
and Complexes Department;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4694-2381>;

eLibrary SPIN: 7789-5968;

e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru

***Corresponding author**