Author's Information

Ryadnov Aleksey Ivanovich, Honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2364-4944, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Fedorova Olga Alekseevna, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department of " Engineering systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2615-1101, e-mail: foa_77@mail.ru

Pavlovsky Dmitry Sergeevich, postgraduate student of the Department "Operation and Engineering Service of machines in the Agro–industrial Complex" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-35

DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETER OF THE THICKNESS OF THE AIR FLOW ACCELERATORS IN THE PNEUMATIC CHANNEL FOR CLEANING SOYBEAN POST-HARVEST WASTE

Aksenov A. G., Khamuev V. G., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A.

Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: serzhbk@gmail.com

Received 25.01.2024 Submitted 26.03.2024

The research was carried out within the framework of the state task FGUN-2022-0007 "To develop innovative complexes of machines with robotic elements for breeding and seed production of cereals, legumes, and mass crops using electrophysical methods of exposure" for 2022–2024. Funding was allocated by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Summary

The article presents research on determining the technological parameter of the thickness of column air accelerators to increase the efficiency of the process of separation of soy particles from the waste of post-harvest processing of soybeans in a deep pneumatic channel. As a result, the efficiency of the separation process reached 71%, while the frequency was 77%, and the losses were 4.3% of soy particles. The constructive layout scheme of a deep pneumatic channel for the process of separation of soy particles from the waste of post-harvest processing of soybeans has been determined.

Abstract

Introduction. Despite the rather rapid development of the leguminous crops market, the development of harvesting and tillage equipment, especially in the issues of post-harvest processing of grain and seeds, remain acute and unresolved [1, 2]. To date, the trend towards the use of industrial waste is actively developing, which on the one hand minimizes costs and on the other is considered environmentally friendly. Soybean post-harvest waste is often simply discarded, as it cannot be separated from impurities, which makes their use impossible and dangerous. This happens, among other things, due to the fact that there is no specialized equipment for cleaning waste from post-harvest processing of soybeans, and the use of standard post-harvest grain processing machines is not effective enough. **The purpose of the study** is to verify the effectiveness of the technological thickness parameter when using column air flow accelerators to increase the efficiency of the process of separating soy particles from soybean post–harvest waste in a deep pneumatic channel. **Materials and methods.** The research was conducted at the FSAC VIM. A developed mock-up sample of a vertical deep pneumatic channel was used to isolate soy particles from soybean post-harvest waste, consisting of three sections of different heights. The technological parameter of the thickness of column air flow accelerators in a deep pneumatic channel with a vertically ascending air flow for the separation of soybean particles from soybean post-harvest waste was justified. The completeness of the impurity release and the efficiency of the process of separating soybean particles from soybean post-harvest waste in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow at maximum specific grain load were determined. **Results and conclusions.** We determined: the technological parameter of the thickness of column air flow accelerators in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow when separating soybean particles from soybean post-harvest waste is 80 millimeters, while the maximum specific grain load is 3 kilograms / (centimeter 2 hour), seed losses do not exceed 5% in a pneumatic channel with column air flow accelerators, the completeness of the separation impurities are 76% of the "Waste" fraction, the efficiency of the separation process was 71%, the purity of the "soy particles" fraction was 77% in one pass during pre-cleaning.

Keywords: *soybean seed waste, purification of soybean post-harvest waste, separation of soybean post-harvest waste.*

Citation. Aksenov A. G., Khamuev V. G., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A. Determination of the technological parameter of the thickness of the air flow accelerators in the pneumatic channel for cleaning soybean post-harvest waste. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 289-297 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-35.
Author's contribution. All the authors of this study participated in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.53.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ТОЛЩИНЫ АКСЕЛЕРАТОРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПНЕВМОКАНАЛЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СОИ

Аксенов А. Г., *доктор технических наук, главный научный сотрудник*
Хамуев В. Г., *кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*
Борзенко С. И., *младший научный сотрудник*
Герасименко С. А., *младший научный сотрудник*

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
г. Москва, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания FGUN-2022-0007 «Разработать инновационные комплексы машин с элементами роботизации для селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и масличных культур с применением электрофизических методов воздействия» на 2022-2024 гг. финансирование выделено Министерством науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Несмотря на достаточно стремительное развитие рынка зернобобовых культур, проблемы развития уборочной и почвообрабатывающей техники, особенно в вопросах послеуборочной обработки зерна и семян, остаются острыми и нерешенными [1, 2]. На сегодняшний день активно развивается тренд на вторичное использование отходов производства, что, с одной стороны, минимизирует затраты, с другой – считается экологичным. Отходы послеуборочной обработки сои зачастую просто выбрасываются, так как их невозможно отделить от примесей, что делает невозможным и опасным их использование. Происходит это в том числе и из-за того, что нет специализированной техники для очистки отходов послеуборочной обработки сои, а использование типовых машин послеуборочной обработки зерна не является достаточно эффективным. **Цель исследования** – определение технологического параметра толщины колонковых акселераторов воздушного потока, для повышения эффективности процесса сепарации соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои в глубоком пневмоканале. **Материалы и методы.** Исследования проводили в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Использовали разработанный макетный образец глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком, для выделения соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои, состоящий из трех секций разной высоты. Обосновывали технологический параметр толщины колонковых акселераторов воздушного потока в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком, для выделения частиц сои из отходов послеуборочной обработки сои. Определяли полноту выделения примеси и эффективность процесса сепарации частиц сои из отходов послеуборочной обработки сои в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком при максимальной удельной зерновой нагрузке. **Результаты и выводы.** Определили: технологический параметр толщины колонковых акселераторов воздушного потока в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком при выделении частиц сои из отходов послеуборочной обработки сои 80 миллиметров; при этом максимальная удельная зерновая нагрузка составляет 3 кг / (см^2/ч), потери семян не превышают 5% в пневмоканале с колонковыми акселераторами воздушного потока, полнота выделения примеси 76% фракции «Отход», эффективность процесса сепарации составила 71%, чистота фракции «частицы сои» 77% за один проход на предварительной очистке.

Ключевые слова: *отходы семян сои, очистка отходов послеуборочной обработки сои, сепарация отходов послеуборочной обработки сои.*

Цитирование. Аксенов А. Г., Хамуев В. Г., Борзенко С. И., Герасименко С. А. Определение технологического параметра толщины акселераторов воздушного потока в пневмоканале для очистки отходов послеуборочной обработки сои. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 289-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-35.
Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из основных направлений использования сои является переработка ее на фуражные цели. Для использования в производстве кормов могут подойти и отходы послеуборочной обработки сои [3]. Для снижения безвозвратных потерь на этапе послеуборочной обработки зерна сои, а также для очистки от легкой трудноотделимой примеси, которая может содержать в себе опасные вещества (частицы тяжелых металлов, грибки и бактерии) [4, 5], были проведены научные исследования по изучению процесса сепарации и выделению трудно разделимых примесей из отходов послеуборочной обработки зерна сои [6, 7]. По результатам исследований было установлено, что отходы послеуборочной обработки сои можно разделить с примесями с эффективностью до 45% в воздушном канале с вертикально восходящим воздушным потоком.

С целью повышения эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои был проведен анализ работ, посвященных процессу сепарации зерна и семян сои в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком [8-13]. Результаты этих исследований показывают, что в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком и установленными колонковыми акселераторами воздушного потока можно выделять сорную примесь (в том числе и соевый продукт (расколотые частицы сои)) из семян сои, при этом эффективность процесса сепарации составит 71% за один проход, при потерях менее 3% и чистотой семян в 81%. При этом удельная зерновая нагрузка может быть увеличена до 5 кг/см^{2}ч, что в 2 раза выше, чем в ранее проводимых исследованиях без колонковых акселераторов воздушного потока. Основным технологическим параметром влияющим на процесс сепарации семян сои, авторы выделяют толщину акселераторов воздушного потока.

Согласно патенту на полезную модель № 218074 U1 конструкцию глубокого пневмоканала следует изменить для очистки отходов послеуборочной обработки сои.

Цель исследования – определение технологического параметра толщины колонковых акселераторов воздушного потока, для повышения эффективности процесса сепарации соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои в глубоком пневмоканале.

Материала и методы. Для проведения исследования в ВИМе изготовлен макетный образец глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком (Рисунок 1). Макетный образец был изготовлен из ламинированной фанеры толщиной 18 мм. Фронтальная стенка пневмоканала выполнена из оргстекла для наблюдения за процессом. На поддерживающую сетку, закрепленную на четырех шарнирах и расположенную в нижней части канала, установили электровибромотор с амплитудой колебаний до 2 мм, что способствует увеличению скорости движения материала вниз по поддерживающей сетке. Геометрические характеристики пневмоканала следующие: глубина – 1326 мм, ширина – 90 мм, высота канала у входа материала – 560 мм, высота канала у выхода материала 980 мм. Пневмоканал разделен на три секции и в каждой установлен центробежный вентилятор мощностью 0,75 кВт. Внутри канала установлены колонковые акселераторы воздушного потока изготовленные из экструдированного пенополистирола ЭППС.

Технологический процесс процесса сепарации на макетном образце: в бункер 1 засыпается исходный материал, далее самотеком материал поступает на поддерживающую сетку 2 в первый пневмосепарирующий канал 5. Там материал подвергается обработке воздушным потоком, нагнетаемым вентилятором 10, для равномерного распределения материала внутри пневмосепарирующий камеры. Обрабатываемый материал разделяется дивидорами обрабатываемого материала 3, представляющими собой тонкие металлические пластины, установленные на всю ширину канала, высотой 50 мм и толщиной 2 мм. Затем установлены колонковые акселераторы воздушного потока 4, которые трансформируют скорость воздушного потока. После этого материал самотёком движется по поддерживающей сетке 2, проходит через второй пневмосепарирующий канал 6 и третий пневмосепарирующий канал 7. Очищенный материал выходит из пневмосепарирующего канала через выпускное отверстие для чистого материала 8. Выделяемые примеси, вынесенные из исходного материала, попадают в осадочную камеру, а оттуда через выходные отверстия для грязного материала 9 выводятся из осадочной камеры наружу.

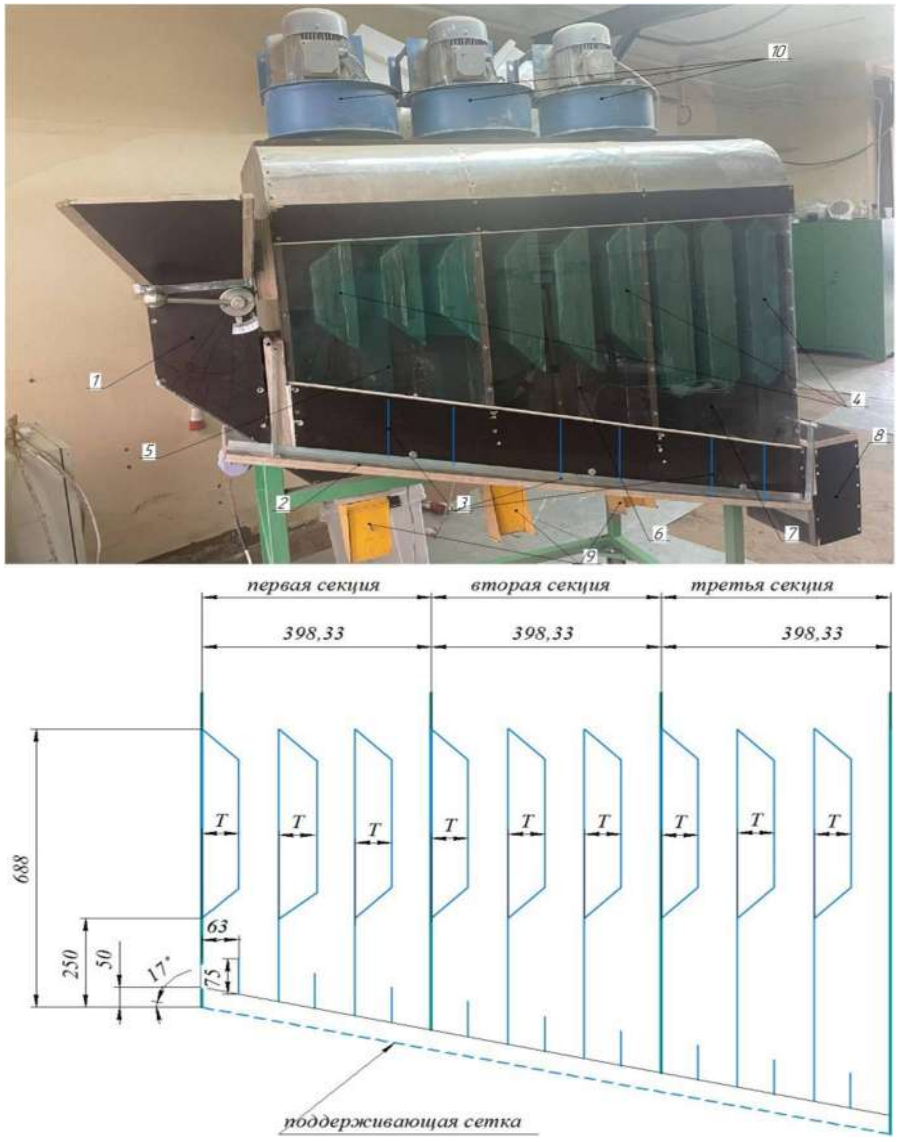

Рисунок 1 – Общий вид глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком (а), конструктивная схема пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком и колонковые акселераторы воздушного потока: 1 – бункер; 2 – поддерживающая сетка; 3 – дивидоры обрабатываемого материала; 4 – колонковые акселераторы воздушного потока; 5 – первая пневмосепарирующая секция; 6 – вторая пневмосепарирующая секция; 7 – третья пневмосепарирующая секция; 8 – выпускное отверстие для чистого материала; 9 – выходные отверстия для грязного материала; 10 – вентиляторы воздушного потока мощностью 0,75 кВт.

Figure 1 – General view of the deep pneumatic channel with vertically ascending airflow (a), the design scheme of the pneumatic channel with vertically ascending airflow and column accelerators of the airflow: 1 – hopper; 2 – supporting grid; 3 – supports of the processed material; 4 – column accelerators of the airflow; 5 – the first pneumatic separation section; 6 – the second pneumatic separation section; 7 – the third pneumatic separation section; 8 – outlet for clean material; 9 – outlet for dirty material; 10 – air flow fans with a capacity of 0.75 kW

Исходный материал представляет собой отход послеуборочной обработки зерна сои, полученный после обработки на типовой зерноочистительной машине PETKUS K-531, влажностью 11,2% массой 100 кг. В своем составе содержит до 75% соевых частиц. Фракционный состав материала представлен на рисунке 2. Соотнося представленный материал с ГОСТ 17109-88, можно отметить, что содержание сорной примеси в исходном материале, рассматриваемом в статье, превышает нормативный показатель по содержанию сорной примеси в 4 раза, в связи с чем классифицируем его как: «Материал с высоким содержанием сорной примеси».

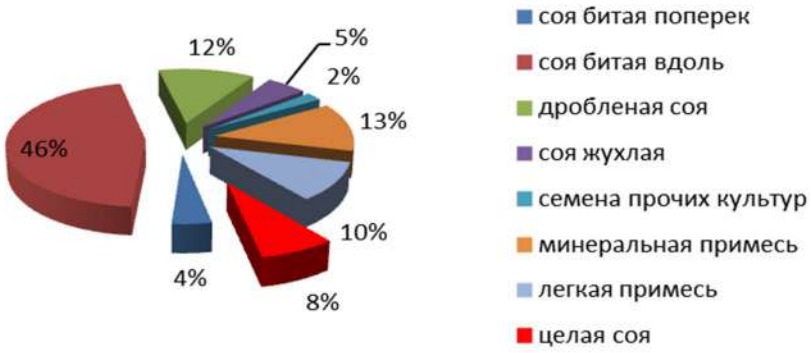

Рисунок 2 – Фракционный состав исходного материала
Figure 2 – Fractional composition of the starting material

Исследования производились при постоянной удельной зерновой нагрузке 2 кг/см^{2}ч, и при меняющейся удельной зерновой нагрузке от 0,5 до 5 кг/см^{2}ч. В ходе лабораторных исследований изменялась толщина колонковых акселераторов воздушного потока, а также их крепление к передней, и к фронтальной стенке пневмоканала.

Опыты проводились в трехкратной повторности, показатель точности опыта не превышал 5% при доверительной вероятности 0,9.

Результаты и обсуждение. Для определения оптимальной толщины колонковых акселераторов воздушного потока, для разделения отходов послеуборочной обработки сои были проведены исследования на отходах послеуборочной обработки сои с использованием колонковых акселераторов воздушного потока толщиной 70мм., полученные данные были взяты за контрольный образец. Общий вид пневмоканала с толщиной колонковых акселераторов *T* = 70 мм. представлен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Общий вид пневмоканала взятого за контрольный образец
Figure 3 – General view of the pneumatic channel taken as a control sample

Вначале на контрольном образце провели обработку отходов послеуборочной обработки сои. Исходный материал массой 5 кг, процентное содержание сорной примеси 23% при постоянной удельной зерновой нагрузке в 2 кг/см^{2}ч обработали воздушным потоком, ища разное соотношение выходов в 3,5%; 6%; 10%; 15%; 20%; ≥25%. Далее в пневмоканале менялась схема установки колонковых акселераторов воздушного потока, они устанавливались на высоте 250 мм над поддерживающей сеткой и оставляли дополнительное сепарирующее пространство для перераспределения обрабатываемого материала. Схема пневмоканала представлена на рисунке 4. Толщина колонковых акселераторов воздушного потока *T* равнялась 40, 60, 80, 90 мм.

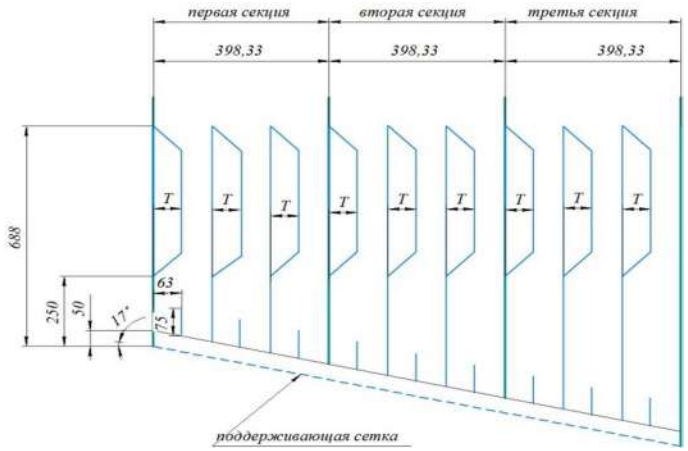

Рисунок 4 – Схема пневмоканала для разделения отходов послеуборочной обработки сои
Figure 4 – Diagram of a pneumatic channel for separating waste from post-harvest processing of soybeans

Эффективность процесса сепарации оценивали показателем Г.В. Ньютона и В. Г. Ньютона по формуле:

$$E = \varepsilon - \xi$$

где $\varepsilon=(b_п/b)100$ – полнота выделения примеси, %; $\xi=(a_п/a)100$ – потери соевого материала, %;
$b_п$ и b – масса примеси в фракции «Отход» и в исходном материале, г; $a_п$ и a – масса соевого материала в фракции «Отход» и в исходном материале, г.

По результатам исследований получены графики эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои (рисунок 5) при постоянной удельной зерновой нагрузки и разном соотношении выходов отходов.

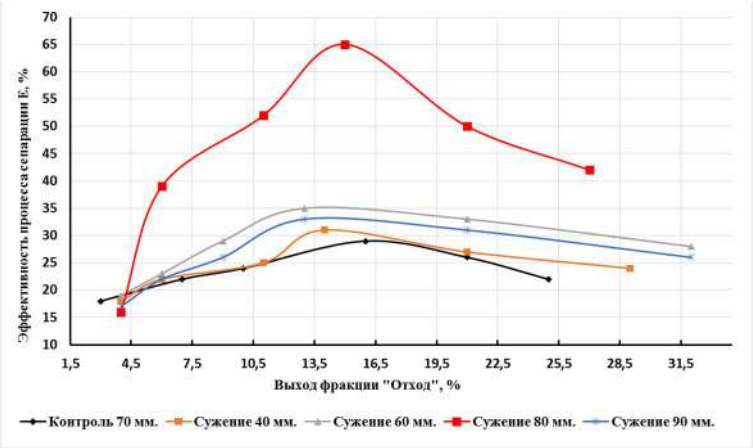

Рисунок 5 – График эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои при постоянной удельной зерновой нагрузки и разном соотношении выходов отходов
Figure 5 – Graph of the efficiency of the post-harvest soybean waste separation process with a constant specific grain load and a different ratio of waste outputs

Из рисунка 5 можно наблюдать, что предлагаемый пневмоканал, с колонковыми акселераторами воздушного потока справляется с отходами послеуборочной обработки сои лучше всех ранее рассматриваемых схем. При правильном подборе толщины колонковых акселераторов воздушного потока эффективность работы пневмоканала с колонковыми акселераторами воздушного потока выше практически в 2 раза в сравнении со стандартными схемами пневмоканалов, взятых за контрольный образец. Однако эффективность процесса сепарации в 65% не может считаться удовлетворительной, так как все еще не является достаточно высокой в сравнение с типовыми машинами послеуборочной обработки зерна. Потери при толщине колонковых акселераторов воздушного потока 80 мм составили 21% при максимальной скорости воздушного потока и около 5% в точке с макси-

мальным показателем эффективности процесса сепарации. В сравнение с контрольной схемой пневмоканала 33% при максимальной скорости воздушного потока и 16% в точке максимальной эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои.

При сравнении контрольного образца пневмоканала и предлагаемой конструкции пневмоканала при разной удельной зерновой нагрузке. Масса исходного материала 5 кг, процентное содержание сорной примеси 23%, лабораторные испытания проводились на удельной зерновой нагрузке: 0,5; 1,2; 2,0; 2,5; 3,0 кг/см^{2}ч. В предлагаемой конструкции пневмоканала колонковые акселераторы воздушного потока были повернуты против движения обрабатываемого материала, как показано на рисунке 6, что приведет к снижению потерь соевых частиц обрабатываемого материала. Для подтверждения данного предположения были проведены испытания на контрольной схеме, схеме, описанной в первой части опытов (схема 1), и обновлённой схеме (рисунок 6) (схема 2).

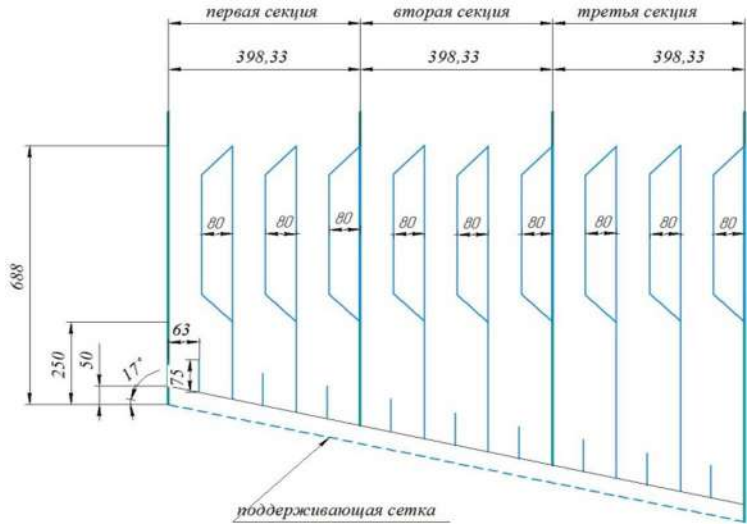

Рисунок 6 – Схема 2 пневмоканала используемого для разделения отходов послеуборочной обработки сои в опыте при разной удельной зерновой нагрузке
Figure 6 – Diagram of the pneumatic channel used to separate the waste from the post-harvest processing of soybeans in the experiment at different specific grain loads

Результаты лабораторных исследований представлены на рисунке 7. Схема 2 действительно показывает более высокую эффективность процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои при удельной нагрузке 2,5 кг/см^{2}ч. и равнялась 71%. Потери составили 4,3%, схема 1 и контрольная схема показали эффективность процесса сепарации в 63% и 39 % соответственно.

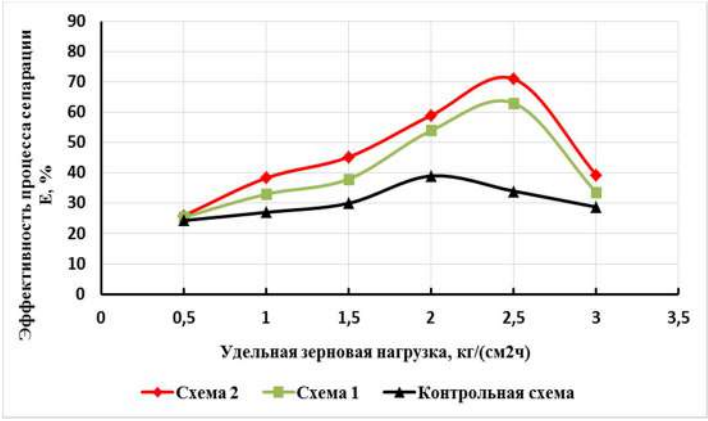

Рисунок 7 – График эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои при постоянной скорости воздушного потока и разном удельной зерновой нагрузке
Figure 7 – Graph of the efficiency of the post-harvest soybean waste separation process at a constant air flow rate and a different specific grain load

Заключение. Для выделения соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои лучше всего подходит схема глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком, представленная на рисунке 6. Данная схема обеспечивает эффективность процесса сепарации в 71% за один проход материала. Однако этот показатель все еще не отвечает требованиям серийных зерно-семяочистительных машин [14]. Тем не менее этот результат можно считать удовлетворительным относительно ранее рассмотренных схем. Оптимальная толщина колонковых акселераторов воздушного потока, для очистки отходов послеуборочной обработки сои, была установлена в 80 мм. При этом потери соевых частиц удалось снизить до 4,3%. Полнота выделения сорной примеси 76%, при этом удалось добиться чистоты после обработки в 77%.

Conclusions. To isolate soy particles from soybean post-harvest waste, the scheme of a deep pneumatic channel with a vertically ascending airflow, shown in Figure 6 of this article, is best suited. This scheme provides an efficiency of the separation process of 71% in one pass of the material, however, this indicator still does not meet the requirements of serial grain-seed cleaning machines [14], however, this result can be considered satisfactory relative to the previously considered schemes. The optimal thickness of the column air flow accelerators for cleaning soybean post-harvest waste was set at 80 mm. At the same time, the loss of soy particles was reduced to 4,3%. The completeness of the release of the weed impurity is 76%, while it was possible to achieve a purity of the processing field of 77%.

Библиографический список

1. Белышкина М. Е. Агротехнические требования к уборке сои. Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. С. 21-24.
2. Свищева М. И., Карпунин Н. А. Анализ состояния рынка сои в Российской Федерации в региональном разрезе. Управление рисками в АПК. 2019. № 2 (30). С. 83-95.
3. Kustirini Anik, Budiningrum Diah, et al. Effect of Soybean Waste Ash as Additional Ingredients against the Compression Strenght of Concrete. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. V. 1177. 012052.
4. Karamushkina S., Dimidenok J., Polina S. Heavy metal content in soybean production waste in the southern zones of the Amur region. International Journal of Veterinary Medicine. 2023. Pp. 85-189.
5. Muhammad Hadiza, et al. Concentration and Risk Assessment of Arsenic, Cadmium and Lead in Husked and De-husked Rice Samples from Niger and Kebbi States. Nigeria, 2022. Pp. 223-236.
6. Московский М. Н., Борзенко С. И. Распределение высокозагрязненного соевого материала в глубоком воздушном канале. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. № 17 (4). С. 42-48.
7. Дембянова А. А., Самойлик М. С., Городничий О. Б. и др. Экономическая эффективность развития внутренней переработки аграрной продукции (на примере переработки сои на предприятии Краснодарского края). Colloquium-Journal. 2019. № 10-8 (34). С. 40-41.
8. Ахмедов А. Н., Ибодуллаева М. С., Рахматов Э. Р. Совершенствование процесса очистки семян сои. Universum: технические науки. 2022. № 4-7(97). С. 16-20.
9. Хамуев В. Г., Герасименко С. А. Определение толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. № 17 (3). С. 79-84.
10. Шафоростов В. Д., Припоров И. Е. Технология послеуборочной обработки семян сои с использованием машин отечественного производства. Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4 (12). С. 119-122.
11. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Зюлин А. Н. Разработка и внедрение высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 1. С. 2-9.
12. Panasiewicz M., Mazur J., et al. The Process of Separation of Husked Soybean in Oblique Airflow. Sustainability. 2020. № 12.
13. Хамуев В. Г., Московский М. Н., Борзенко С. И., Герасименко С. А. Исследование распределения скоростей воздушного потока в модели аспирационного канала для высокозасоренной соевой продукции. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 2 (47). С. 86-90.
14. Елизаров В. П., Антышев Н. М., Бейлис В. М., Шевцов В. Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 1. С. 11-14.

References

1. Belyshkina M. E. Agrotechnical Requirements for Soybean Harvesting. Contribution of Young Scientists to Agrarian Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kinel: ILC Samara State Agrarian University, 2021. Pp. 21-24.
2. Svishcheva M. I., Karpunin N. A. Analysis of the Soybean Market in the Russian Federation in the Regional Context. Risk management in the agro-industrial complex. 2019. № 2 (30). Pp. 83-95.
3. Kustirini Anik, Budiningrum Diah, et al. Effect of Soybean Waste Ash as Additional Ingredients against the Compression Strenght of Concrete. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. V. 1177. 012052.
4. Karamushkina S., Dimidenok J., Polina S. Heavy metal content in soybean production waste in the southern zones of the Amur region. International Journal of Veterinary Medicine. 2023. Pp. 85-189.
5. Muhammad Hadiza, et al. Concentration and Risk Assessment of Arsenic, Cadmium and Lead in Husked and De-husked Rice Samples from Niger and Kebbi States. Nigeria, 2022. Pp. 223-236.
6. Moskovskiy M. N., Borzenko S. I. Distribution of Highly Contaminated Soybean Material in a Deep Air Channel. Agricultural Machinery and Technologies. 2023. № 17 (4). Pp. 42-48.
7. Dembyanova A. A., Samoilik M. S., Gorodnichiy O. B., et al. Economic efficiency of the development of internal processing of agrarian products (on the example of soybean processing at the enterprise of the Krasnodar region). Colloquium-Journal. 2019. № 10-8 (34). Pp. 40-41.

8. Akhmedov A. N., Ibodullaeva M. S., Rakhmatov E. R. Improvement of the Soybean Seed Cleaning Process. Universum: Technical Sciences. 2022. № 4-7(97). Pp. 16-20.
9. Khamuev V. G., Gerasimenko S. A. Determination of the Thickness of Narrowing Partitions in a Vertical Pneumoseparative Channel. Agricultural Machinery and Technologies. 2023. № 17 (3). Pp. 79-84.
10. Shaforostov V. D., Priporov I. E. Technology of post-harvest treatment of soybean seeds using domestic production machines. Legumes and cereals. 2023. № 4 (12). Pp. 119-122.
11. Lachuga Y. F., Izmailov A. Yu., Zyulin A. N. Development and Implementation of Highly Efficient, Resource and Energy Saving Technologies and Technical Means of Post-Harvest Grain Processing and Seed Preparation. Agricultural Machinery and Technologies. 2009. № 1. Pp. 2-9.
12. Panasiewicz M., Mazur J., et al. The Process of Separation of Husked Soybean in Oblique Airflow. Sustainability. 2020. № 12.
13. Khamuev V. G., Moskovsky M. N., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A. Study of Air Flow Velocity Distribution in the Aspiration Channel Model for Highly Contaminated Soybean Products. Electrical Technologies and Electrical Equipment in the Agro-Industrial Complex. 2022. T. 69. № 2 (47). Pp. 86-90.
14. Elizarov V. P., Antyshev N. M., Beilis V. M., Shevtsov V. G. Initial Requirements for Technological Operations in Crop Production. Agricultural Machinery and Technologies. 2011. № 1. Pp. 11-14.

Информация об авторах
Аксёнов Александр Геннадьевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: 1053vim@mail.ru
Хамуев Виктор Геннадьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: victor250476@yandex.ru
Борзенко Сергей Игоревич младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: serzhbk@gmail.com
Герасименко Станислав Александрович, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: stanislav.mkm@gmail.com
Author's Information
Aksenov Aleksander Gennadievich, Doctor of Engineering Sciences, chief researcher "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: 1053vim@mail.ru
Khamuev Victor Gennadievich, Ph.D. in Engineering Sciences, leading researcher "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: victor250476@yandex.ru
Borzenko Sergey Igorevich, Junior researcher, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: serzhbk@gmail.com
Gerasimenko Stanislav Aleksandrovich, Junior researcher, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-36

SYSTEM OPTIMIZATION OF NATURE-LIKE TECHNOLOGY FOR BALANCED WATER USE IN RICE IRRIGATION SYSTEMS OF LOWER KUBAN

Bandurin M. A., Prikhodko I. A., Geraskina T. V.

Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: chepura@mail.ru

Received 14.02.2024 Submitted 30.03.2024

The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation No. 22-17-20001

Summary

The article presents the results of the development of new technologies for rice cultivation in the Achuevskaya agricultural firm in the Slavyansky district of the Krasnodar Territory. This technology for cultivating rice will allow us to develop a comprehensive multi-level methodology for cultivating rice in compliance with all technical and technological requirements for growing rice crops, as well as for environmental protection, which will not only balance the soil balance of micro and macroelements of the soil, redox potential, but also agroresource potential of rice agricultural landscapes.

Abstract

Introduction. The study presents a nature-like technology for balanced water use in rice irrigation systems in the Lower Kuban. The vector of development of modern humanity is directed upward along the technocratic curve. The consequences of this development are pollution of surface and groundwater runoff, an ever-increasing shortage of water suitable for humans and plants, an increase in anthropogenic load on agricultural lands, which results in not only a decrease in soil fertility, but also complete degradation with their removal from crop rotations. At the present stage of development, we need green technologies that are environmentally friendly. Therefore, the **goal** of our research is to develop new approaches to nature-like technology for balanced water use in rice irrigation systems in the Lower Kuban. **Object**. The object of research was the water management complex of the Lower Kuban. The **research problem** is to develop a