

10. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно- тракторных агрегатов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.03 / А.Н. Орда; Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т. – Минск, 1997. – 36 с.

11. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамиче-

скими нагрузками пневмоколесных движителей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01; 05.20.03; / Н.Н. Романюк; Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т. – Минск, 2008. – 206 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.05.2023

УДК 631.361:633.521

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-157-3-8-13>

## ПОИСКОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ВОРОХА ЛЬНОКОСТРЫ ТРАНСПОРТЕРОМ С ВОЛНООБРАЗНОЙ КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ СЕТЧАТОЙ ЛЕНТОЙ

**В.А. Шаршунов,**

*профессор каф. техносферной безопасности и общей физики БГУТ,  
докт. техн. наук, профессор, чл.-кор. НАН Беларуси*

**А.Н. Карташевич,**

*профессор каф тракторов, автомобилей и машин для природообустройства БГСХА,  
докт. техн. наук, профессор*

**В.Н. Босак,**

*профессор каф безопасности жизнедеятельности БГСХА, докт. с.-х. наук, профессор*

**Н.С. Сентюров,**

*ст. преподаватель каф. тракторов, автомобилей и машин для природообустройства БГСХА*

*Для создания малоотходного или безотходного производства в Республике Беларусь необходимо перерабатывать отходы сельского хозяйства. Данные отходы имеют повышенную влажность, засоренность и относительно невысокую теплоотдачу, поэтому перед переработкой их необходимо очищать. Ворох льнокостры является наиболее перспективным сырьем для производства пеллет, так как имеет в своем составе большое количество лигнина (21...29 %). С целью достижения высокой степени очистки и снижения потерь вороха льнокостры в отходы, в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработан транспортер с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой.*

*В статье представлены результаты экспериментов по выявлению основных факторов процесса выделения примесей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой и обоснование их границ варьирования. В качестве результирующего параметра были приняты: степень выделения минеральных примесей и уровень потерь вороха льнокостры. По результатам проведенных поисковых экспериментов установлено, что диаметр эксцентрикового вала, а также амплитуду колебаний сетчатой ленты можно зафиксировать на рациональных значениях, обеспечивающих уменьшение металлоемкости конструкции без снижения качества работы.*

*Анализ проведенных поисковых экспериментальных исследований транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой позволил определить рациональные интервалы варьирования факторов при изучаемом процессе, исходя из обеспечения высокой степени выделения  $E$  и низкого уровня потерь вороха льнокостры в отходы  $\Pi$ : частота колебаний сетчатой ленты –  $30...45 \text{ с}^{-1}$ ; высота слоя вороха льнокостры –  $0,01...0,04 \text{ м}$ ; расстояние между прутком и эксцентриковым валом –  $0,16...0,2 \text{ м}$ ; скорость движения сетчатой ленты –  $0,03...0,11 \text{ м/с}$ .*

*Ключевые слова: ворох льнокостры, транспортер, сетчатая лента, минеральные примеси, степень выделения, уровень потерь, поисковый эксперимент.*

*In order to create low-waste or waste-free production in the Republic of Belarus, it is necessary to recycle agricultural waste. These wastes are moist, clogged and have a relatively low heat output, so they must be cleaned before they can be processed. The heap of flax waste is the most promising raw material for the production of pellets, as it contains a large amount of lignin (21...29 %). In order to achieve a high degree of purification and to reduce*

*losses of flax heap to waste, the Belarusian State Agricultural Academy has developed a conveyor with a wave-like oscillating mesh belt.*

*The article presents the results of experiments to identify the main factors of the impurities extraction process from the flax waste heap by a conveyor with a wavy oscillating mesh belt and the substantiation of the variation limits. The degree of mineral impurities separation and the loss rate of flax waste heap have been taken as the resulting parameter. Based on the results of the search experiments, it has been found that the diameter of the eccentric shaft as well as the vibration amplitude of the mesh belt can be fixed at rational values, which ensures a decrease in the metal consumption of the structure without reducing the quality of work.*

*The analysis of conducted exploratory experimental researches of the conveyor with a wave-like oscillating mesh belt allowed to determine rational intervals of varying factors in the studied process, based on ensuring a high degree of separation  $E$  and a low loss rate of flax heap to waste  $P$ : oscillation frequency of mesh belt –  $30...45\text{ s}^{-1}$ ; height of flax waste heap –  $0,01...0,04\text{ m}$ ; distance between rod and eccentric shaft –  $0,16...0,2\text{ m}$ ; speed of mesh belt –  $0,03...0,11\text{ m/s}$ .*

*Key words: heap of flax waste, conveyor, mesh belt, mineral impurities, degree of separation, loss rate, search experiment.*

### Введение

Сельское хозяйство – одна из наиболее проблемных отраслей в плане загрязнения окружающей среды. В результате выращивания сельскохозяйственных культур остается огромное количество растительных отходов, большая часть которых – ценное сырье, пригодное для вторичного использования. Переработка сельскохозяйственных отходов может принести большую выгоду производителям, а современные технологии позволят организовать малоотходное или безотходное производство [1, 2].

Отходы сельского хозяйства имеют повышенную влажность, засоренность и относительно невысокую теплоотдачу [3]. Исходя из этого, они нуждаются в определенной обработке, а именно – в гранулировании, так как гранулирование обладает наиболее высокими потребительскими качествами.

При выборе сырья для производства пеллет существенную роль играет содержание в нем лигнина, так как он выступает связующим элементом в процессе прессования пеллет. Ворох льнокостры получается при первичной переработке льна-долгунца и имеет большую привлекательность для производства пеллет, поскольку в его составе содержится большое количество лигнина (21...29 %). Однако использование вороха льнокостры в качестве материала для производства пеллет ограничивается рядом факторов: содержанием в нем мелкого волокна, минеральных и других примесей. Волокно затрудняет процесс измельчения вороха на этапе подготовки к прессованию, а минеральные и другие примеси увеличивают скорость изнашивания и приводят к отказам рабочих органов прессования из-за абразивного износа [4].

Влияние параметров колеблющихся поверхностей на процесс сепарации исследовали ученые – В.П. Горячкин [5], Г.А. Хайлис [6], С.С. Ямпиров [7], В.И. Коцуба [8] и другие. Ими установлены общие закономерности протекания процессов выделения примесей из исследуемого сырья, а также влияние конструктивных и технологических параметров колеблющихся поверхностей на качество очистки материала.

В результате проведенного анализа способов и устройств для выделения минеральных примесей из

вороха льнокостры [7; 9-11] была предложена конструктивно-технологическая схема транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой [12], которая повышает качество сепарации и снижает уровень потерь вороха льнокостры в отходы.

Целью работы является определение факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на качественные и количественные показатели процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры, а также уточнение рациональных границ их варьирования.

### Основная часть

Для проведения экспериментальных исследований по определению основных факторов процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры и обоснования их границ варьирования была разработана и изготовлена экспериментальная лабораторная установка, которая представлена на рисунке 1.

Экспериментальная лабораторная установка выполнена из рамы 11, в передней части которой смонтирован приемный бункер 2, оснащенный дозирующим устройством 3. В верхней части рамы установлен ленточный транспортер, состоящий из приводного 5 и натяжного 13 барабанов и бесконечной сетчатой ленты транспортера 4. Рабочая ветвь сетчатой ленты транспортера 4 имела волнообразную поверхность, образованную расположенными под ней эксцентриковыми валами 10, а над ней – цилиндрическими вращающимися прутками 9. Эксцентриковые валы 10 и вращающиеся цилиндрические прутки 9 устанавливались с возможностью регулирования расстояния между ними в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На участке между приемным бункером 2 и прутком 9 установлен слоеформирователь 7. Под транспортером размещена скатная доска 8. Для предотвращения забивания ячеек сетчатой ленты на ее холостой ветви установлены чистики.

Привод транспортера осуществлялся от мотор-редуктора 6 и цепной передачи. Привод эксцентриковых валов состоит из электродвигателя и ременной передачи. Эксцентриковые валы соединены между собой цепной передачей. Оба привода включаются

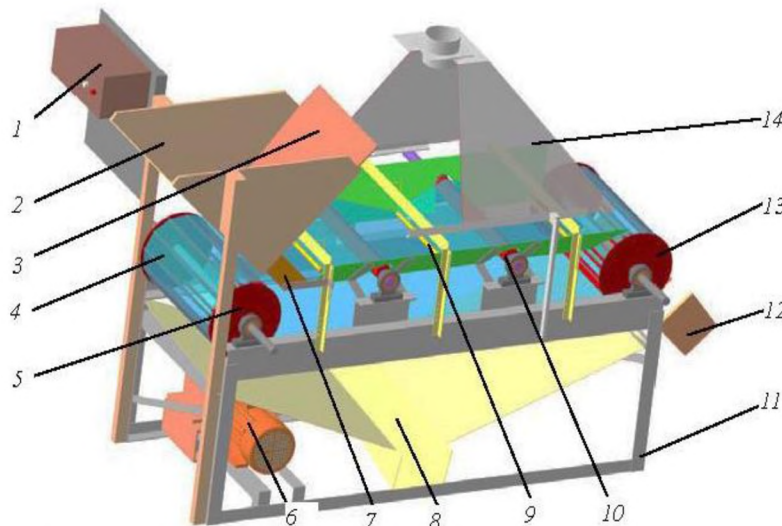


Рисунок 1. Схема экспериментальной лабораторной установки:  
1 – пульт управления; 2 – приемный бункер; 3 – дозирующее устройство; 4 – сетчатая лента транспортера; 5 – приводной барабан; 6 – мотор-редуктор; 7 – слоеформирователь; 8 – скатная доска; 9 – вращающиеся цилиндрические прутки; 10 – эксцентрикковые валы; 11 – рама; 12 – выгрузное устройство; 13 – натяжной барабан; 14 – система аспирации

при помощи пульта управления 1 и снабжены индивидуальными преобразователями частоты вращения.

Устройство работает следующим образом. В приемный бункер 2 подается ворох льнокостры, дозирующей заслонкой 3 регулируется подача вороха льнокостры на сетчатую ленту транспортера 4. Сетчатая лента транспортера 4 приводится в движение с помощью приводного барабана 5. За счет эксцентриковых валов 10 сетчатая лента транспортера с ворохом льнокостры приводится в колебательное движение, тем самым выделяя из вороха льнокостры минеральные примеси. Минеральные примеси просеиваются через сетчатую ленту, попадают на скатную доску 8 и выводятся из устройства. Система аспирации 14 применяется для снижения уровня запыленности воздуха на рабочем месте транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой и в процессе выделения минеральных примесей не участвует. Очищенный ворох льнокостры, сходящий с сетчатой ленты через выгрузное устройство 12, готов к дальнейшему использованию.

Конструкция экспериментальной лабораторной

установки позволяла в необходимых пределах изменять следующие параметры: диаметр эксцентрикового вала ( $d_{\text{экс}}$ , м); амплитуду колебаний сетчатой ленты ( $A$ , м); частоту колебаний сетчатой ленты ( $\omega_{\text{экс}}$ ,  $\text{с}^{-1}$ ); высоту слоя вороха льнокостры ( $H_{\text{в}}$ , м); расстояние от цилиндрического прутка до эксцентрикового вала ( $l_{\text{рз}}$ , м) и скорость движения сетчатой ленты ( $v_{\text{л}}$ , м/с). В качестве результирующих параметров были приняты: степень выделения минеральных примесей  $E_{\text{мп}}$  и уровень потерь вороха льнокостры  $\Pi_{\text{л}}$ .

Степень выделения минеральных примесей [13] определялась по формуле

$$E_{\text{мп}} = \frac{m_{\text{мп1}}}{m_{\text{мп1}} + m_{\text{мп2}}}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{мп}}$  – степень выделения минеральных примесей из вороха льнокостры;

$m_{\text{мп1}}$  – масса минеральных примесей, просеянных через сетчатую ленту, кг;

$m_{\text{мп2}}$  – масса минеральных примесей, не просеянных через сетчатую ленту, кг.

Уровень потерь вороха льнокостры [13] определялся по формуле

$$\Pi_{\text{л}} = \frac{m_{\text{лп}}}{m_{\text{лп}} + m_{\text{лнп}}}, \quad (2)$$

где  $\Pi_{\text{л}}$  – уровень потерь вороха льнокостры в отходы;

$m_{\text{лп}}$  – масса просеянного вороха льнокостры через сетчатую ленту, кг;

$m_{\text{лнп}}$  – масса не просеянного вороха льнокостры через сетчатую ленту, кг.

Экспериментальные исследования на лабораторной установке проводились по шести факторам (табл. 1), области изменения которых были заранее определены, исходя из априорной информации и теоретических исследований [14-16], а также конструктивных и технологических соображений. В связи с возможной прямой связью диаметра эксцентрикового вала и амплитуды колебаний сетчатой ленты выполним корреляционный анализ.

**Таблица 1. Факторы, диапазон их изменения и значения опорных точек**

Наименование фактора	Условное обозначение	Ед. измерения	Опорная точка	Диапазон изменения фактора
Диаметр эксцентрикового вала	$d_{\text{экс}}$	м	0,05	0,045...0,07
Амплитуда колебаний сетчатой ленты	$A$	м	0,02	до 0,03
Частота колебаний сетчатой ленты	$\omega_{\text{экс}}$	$\text{с}^{-1}$	35	10...60
Высота слоя вороха льнокостры	$H_{\text{в}}$	м	0,04	0,01...0,06
Расстояние от цилиндрического прутка до эксцентрикового вала	$l_{\text{рз}}$	м	0,2	0,1...0,25
Скорость движения сетчатой ленты	$v_{\text{л}}$	м/с	0,1	0,025...1,5



При выполнении экспериментов использовалась схема поисковых исследований, которая представляла собой поэтапное варьирование одного из факторов при фиксированных значениях остальных на уровнях опорных точек. На предварительных этапах исследований были выбраны опорные точки, которые представлены в таблице 1.

При выборе рационального интервала изменения факторов руководствовались тем, что минимальное значение степени выделения минеральных примесей должно быть не ниже 0,85, а значение уровня потерь вороха льнокостры в отходы не должно превышать 0,1.

На первом этапе исследовалась зависимость степени выделения минеральных примесей  $E_{мп}$  и уровня потерь вороха льнокостры  $\Pi_{л}$  от диаметра эксцентрикового вала  $d_{экс}$ . Изменение диаметра эксцентрикового вала осуществлялось в диапазоне от 0,045 до 0,070 м с шагом 0,005 м.

Анализ результатов исследований (рис. 2а) показал, что степень выделения минеральных примесей изменяется по некоторой полиномиальной кривой, которая возрастает по мере увеличения диаметра эксцентрикового вала в диапазоне от 0,045 до 0,060 м. Дальнейшее увеличение диаметра эксцентрикового вала не приводит к росту степени выделения примесей. Уровень потерь вороха льнокостры в отходы изменяется по полиномиальной кривой третьей степени и имеет вид вогнутой кривой. В диапазоне изменения диаметра эксцентрикового вала от 0,045 до 0,060 м уровень увеличивается не существенно и не превышает 10 % от общей массы. Дальнейшее увеличение диаметра эксцентрикового вала приводит к значительному росту уровня потерь льнокостры и в диапазоне  $d_{экс} = 0,060 \dots 0,070$  м изменяется от 0,09 до 0,25.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что рациональное значение диаметра эксцентрикового вала, удовлетворяющее требованиям (степень выделения минеральных примесей – не менее 0,85, уровень потерь вороха льнокостры – не более 0,1), составляет 0,060 м.

Далее исследовалась зависимость степени выделения минеральных примесей и уровень потерь вороха льнокостры от амплитуды колебаний сетчатой ленты  $A$ , которая изменялась от 0 до 0,03 м с интервалом варьирования – 0,005 м.

Анализ полученных результатов (рис. 2б) позволяет сделать вывод о том, что при увеличении амплитуды колебаний от 0 до 0,02 м происходит увеличение степени выделения минеральных примесей от 0,12 до 0,88, с незначительными потерями вороха льнокостры от 0,01 до 0,086. При дальнейшем увеличении амплитуды колебаний степень выделения минеральных примесей увеличивается незначительно (на 1,4 %), а количество потерь вороха льнокостры значительно возрастает – в 3,2 раза.

Исходя из анализа зависимостей, с учетом обеспечения высокой степени выделения  $E_{мп}$  и низким

уровнем потерь вороха льнокостры в отходы  $\Pi_{л}$ , в дальнейших исследованиях амплитуда колебаний сетчатой ленты  $A$  фиксировалась на уровне 0,02 м.

Корреляционный анализ установил сильную прямую связь между факторами: диаметр эксцентрикового вала и амплитуда колебаний сетчатой ленты при оценке влияния на степень выделения минеральных примесей из вороха льнокостры – 0,96 и при оценке влияния на потери вороха льнокостры в отходы – 0,97.

Далее определялась зависимость степени выделения минеральных примесей и количества потерь вороха льнокостры от частоты колебаний сетчатой ленты  $\omega_{экс}$ . Частота колебаний сетчатой ленты изменялась от 10 до 60  $\text{с}^{-1}$ . Анализируя графическую зависимость (рис. 2в), можно сделать вывод о том, что частота колебаний сетчатой ленты оказывает существенное влияние на  $E_{мп}$  и  $\Pi_{л}$ . При частоте колебаний сетчатой ленты 10  $\text{с}^{-1}$  наблюдается наихудший показатель степени выделения минеральных примесей, что объясняется недостаточной силой воздействия эксцентрикового вала на ворох льнокостры. При частоте колебаний сетчатой ленты от 20 до 40  $\text{с}^{-1}$  происходит интенсивное нарастание функции отклика, а при дальнейшем увеличении частоты колебаний сетчатой ленты происходит незначительное увеличение степени выделения минеральных примесей, однако увеличиваются потери вороха льнокостры. Поэтому рациональное значение частоты колебаний сетчатой ленты находится в границах от 30 до 45  $\text{с}^{-1}$ .

Исследование влияния высоты слоя вороха льнокостры  $H_{в}$  на функции отклика проводилось в диапазоне от 0,01 до 0,06 м, с интервалом варьирования 0,010 м. На основании полученных результатов построены графические зависимости (рис. 2г).

Анализ графической зависимости показал, что увеличению  $H_{в}$  от 0,01 до 0,03 м приводит к несущественному уменьшению степени выделения минеральных примесей, а ее дальнейшее увеличение – к интенсивному снижению степени выделения минеральных примесей. Потери вороха льнокостры в зависимости от высоты слоя вороха льнокостры изменяются по вогнутой полиномиальной кривой. Увеличение  $H_{в}$  более чем на 0,04 м значительно увеличивает потери вороха льнокостры. Исходя из анализа зависимостей, видно, что рациональный диапазон высоты слоя вороха льнокостры находится в пределах 0,01...0,04 м.

Следующим исследуемым фактором являлось расстояние между прутком и эксцентриковым валом  $l_{рв}$ , которое изменялось в пределах от 0,1 м до 0,25 м, с интервалом варьирования 0,025 м. Из построенной по результатам исследований графической зависимости (рис. 2д) видно, что с увеличением расстояния  $l_{рв}$  увеличивается и степень выделения примесей из вороха льнокостры. В диапазоне 0,1...0,2 м степень выделения примесей возрастает на 0,14. При дальнейшем увеличении расстояния между прутком и эксцентриковым валом  $E_{мп}$  увеличивается незначительно (на 1 %). Изменение количества потерь вороха льно-

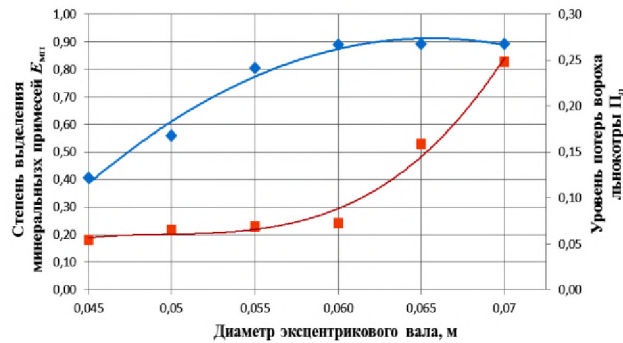
костры в зависимости от расстояния  $l_{рз}$  происходит по вогнутой полиномиальной кривой с эксцессом в диапазоне расстояния между прутком и эксцентриковым валом 0,15...0,2 м. На основании изложенного, диапазон рационального значения расстояния между прутком и эксцентриковым валом был принят в пределах от 0,16 до 0,2 м.

На следующем этапе исследовалось влияние скорости движения сетчатой ленты  $v_{лс}$ , которая изменялась в пределах от 0,025 до 1,5 м/с, с интервалом варьирования 0,025 м/с. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что степень вы-

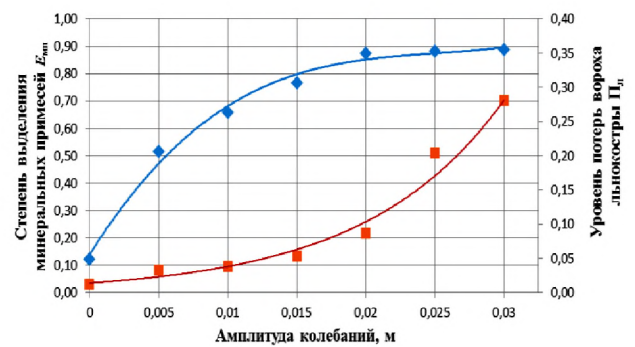
деления  $E$  в зависимости от скорости подачи вороха льнокостры в рабочую зону эксцентрика изменяется по выпуклой полиномиальной кривой, с эксцессом в диапазоне  $v_{л} = 0,03...0,08$  м/с, а потери вороха льнокостры имеют вид убывающей вогнутой кривой (рис. 2е). На основании анализа графических зависимостей рациональное значение интервала изменения скорости движения ленты принято равным 0,03...0,11 м/с.

### Заключение

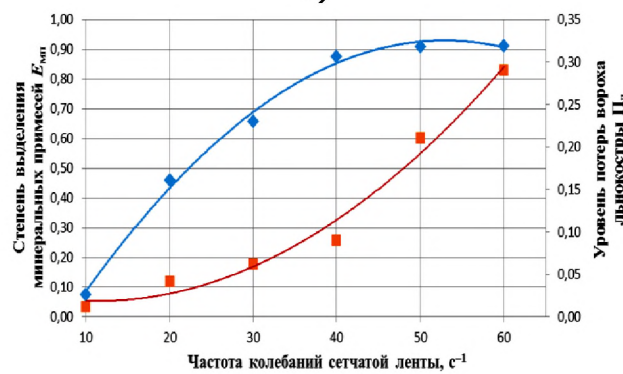
По результатам проведенных поисковых экспериментов процесса выделения минеральных приме-



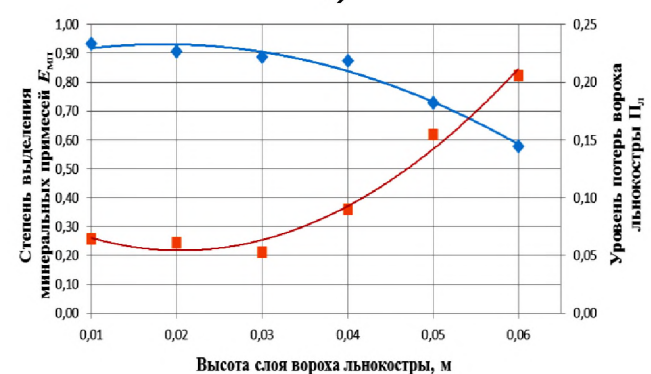
а)



б)



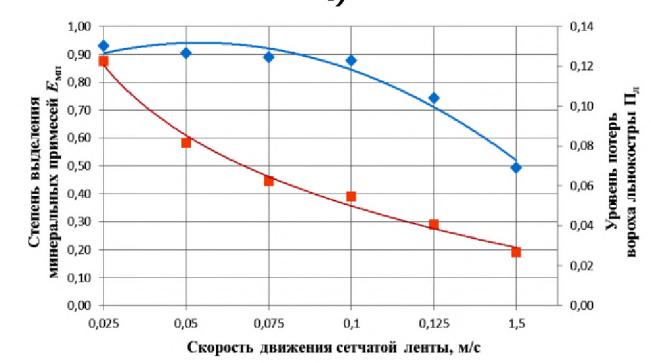
в)



г)



д)



е)

—◆— степень выделения минеральных примесей

—■— уровень потерь вороха льнокостры

Рисунок 2. Зависимость степени выделения минеральных примесей и уровня потерь вороха льнокостры от: а) диаметра эксцентрикового вала; б) амплитуды колебаний; в) частоты колебаний сетчатой ленты; г) высоты слоя вороха льнокостры; д) расстояния между прутком и эксцентриковым валом; е) скорости движения сетчатой ленты

сей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой и анализа полученных данных были определены рациональные значения диаметра эксцентрикового вала и амплитуда колебаний сетчатой ленты, а также определены границы факторов, оказывающих влияние на процесс выделения минеральных примесей.

Исходя из допустимых значений показателей степени выделения минеральных примесей и уровня потерь льнокостры в отходы, диаметр эксцентрикового вала и амплитуду колебаний сетчатой ленты можно зафиксировать на уровнях 0,060 м и 0,020 м соответственно. При этом установлена сильная прямая связь между факторами: диаметром эксцентрикового вала и амплитудой колебаний сетчатой ленты при оценке влияния на степень выделения минеральных примесей из вороха льнокостры – 0,96 и при оценке влияния на потери вороха льнокостры в отходы – 0,97.

Рациональные интервалы варьирования факторов, оказывающих влияние на процесс выделения минеральных примесей из вороха льнокостры разработанным транспортером, исходя из обеспечения высокой степени выделения  $E_{мп}$  и низкого уровня потерь вороха льнокостры в отходы  $P_{л}$ :

- частота колебаний сетчатой ленты – 30...45 с<sup>-1</sup>;
- высота слоя вороха льнокостры – 0,01...0,04 м;
- расстояние между прутком и эксцентриковым валом – 0,16...0,20 м;
- скорость движения сетчатой ленты – 0,03...0,11 м/с.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козловская, И.П. Производственные технологии в агрономии / И.П. Козловская, В.Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
2. Переработка сельскохозяйственных отходов [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://farm-worm.com/>. – Дата доступа: 17.03.2023.
3. Сентюров, Н.С. Повышение качества сырья для производства топливных пеллет в Республике Беларусь / Н.С. Сентюров, В.Е. Круглень // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы X Международной науч.-практич. конференции молодых исследователей, г. Волгоград, 15-17 марта 2016 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ ИПК «Нива», 2016. – Ч. III. – С. 310-313.
4. Шаршунов, В.А. Определение скорости витания компонентов вороха / В.А. Шаршунов, Н.С. Сентюров, М.В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 171-176.
5. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т. / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – Т. 3. – 384 с.
6. Хайлис, Г.А. Теория и расчет льноуборочных машин / Г.А. Хайлис // Тр. Великолукского с.-х. института. – Елгава: Великолукский с.-х. ин-т, 1973. – Вып. XXVI. – 334 с.
7. Ямпиров, С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян / С.С. Ямпиров. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 262 с.
8. Коцуба, В.И. Очистка семян льна молотилкой-сепаратором с подпружиненными инерционными качающимися решетками: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Коцуба. – Горки, 2012. – 215 с.
9. Шаршунов, В.А. Определение засоренности льнокостры минеральными примесями и способы их выделения / В.А. Шаршунов, В.Е. Круглень, Н.С. Сентюров // Вестник БГСХА. – 2013. – № 2. – С. 120-124.
10. Круглень, В.Е. Анализ машин для очистки льнокостры от примесей / В.Е. Круглень, Н.С. Сентюров // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей: в 3 кн. X Международной науч.-практич. конференции, г. Барнаул, 4-5 февраля 2015 г. – Барнаул: РИО АГАУ, 2015. – С. 72-74.
11. Никонов, М.В. Совершенствование технологического процесса предварительной очистки семян люцерны / М.В. Никонов // Безотходная технология производства семян люцерны: сб. науч. тр. ВСХИ. – Воронеж, 1989. – С. 122-132.
12. Устройство для очистки льнокостры: пат. 2752475 С1 РФ / М.В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н.С. Сентюров, М.В. Цайц. – Опубл. 28.07.2021.
13. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки: ГОСТ 52778-2007. – Введен 01.07.2008.
14. Захаров, С.Е. Параметры и режимы работы горизонтального цилиндрического решета с планетарным вращением: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. / С. Е. Захаров. – Новосибирск, 2017. – 155 с.
15. Черняков, А.В. Интенсификация технологического процесса сепарации зерна на решетках, совершающих бигармонические колебания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. / А.В. Черняков. – Новосибирск, 2002. – 16 с.
16. Лачуга, Д.Ю. Обоснование процессов и рабочих органов для разделения сырого льновороха: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.20.01. / Д.Ю. Лачуга. – М., 2007. – 18 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.05.2023